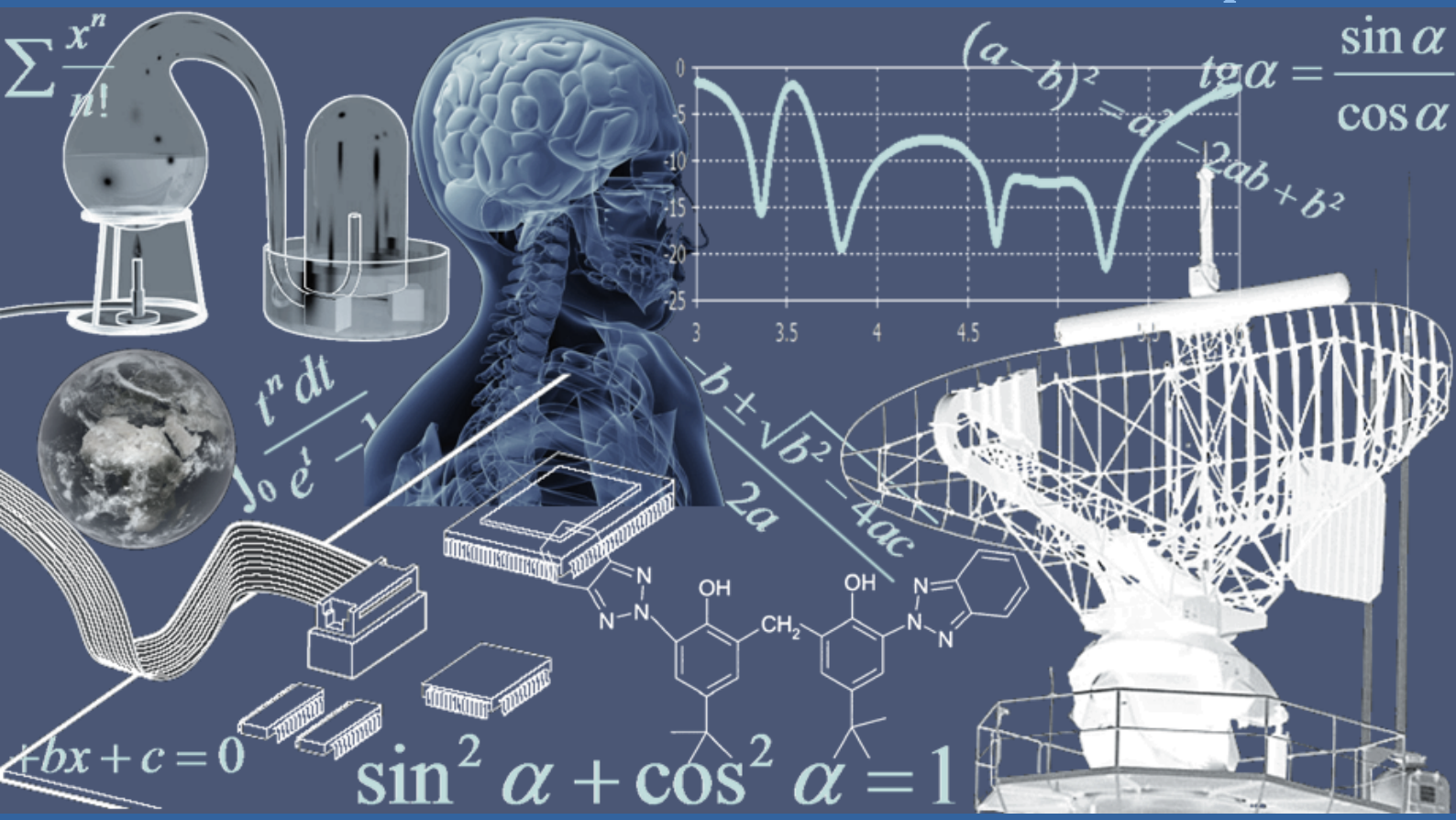
ISSN: 2028-9324
CODEN: IJIABO
Impact Factor: 6.71

INTERNATIONAL JOURNAL OF INNOVATION AND APPLIED STUDIES

Vol. 39 N. 2 April 2023



International Peer Reviewed Monthly Journal

Innovative Space of Scientific Research Journals
http://www.issr-journals.org/

International Journal of Innovation and Applied Studies

International Journal of Innovation and Applied Studies (ISSN: 2028-9324) is a peer reviewed multidisciplinary international journal publishing original and high-quality articles covering a wide range of topics in engineering, science and technology. IJIAS is an open access journal that publishes papers submitted in English, French and Spanish. The journal aims to give its contribution for enhancement of research studies and be a recognized forum attracting authors and audiences from both the academic and industrial communities interested in state-of-the art research activities in innovation and applied science areas, which cover topics including (but not limited to):

Agricultural and Biological Sciences, Arts and Humanities, Biochemistry, Genetics and Molecular Biology, Business, Management and Accounting, Chemical Engineering, Chemistry, Computer Science, Decision Sciences, Dentistry, Earth and Planetary Sciences, Economics, Econometrics and Finance, Energy, Engineering, Environmental Science, Health Professions, Immunology and Microbiology, Materials Science, Mathematics, Medicine, Neuroscience, Nursing, Pharmacology, Toxicology and Pharmaceutics, Physics and Astronomy, Psychology, Social Sciences, Veterinary.

IJIAS hopes that Researchers, Graduate students, Developers, Professionals and others would make use of this journal publication for the development of innovation and scientific research. Contributions should not have been previously published nor be currently under consideration for publication elsewhere. All research articles, review articles, short communications and technical notes are pre-reviewed by the editor, and if appropriate, sent for blind peer review.

Accepted papers are available freely with online full-text content upon receiving the final versions, and will be indexed at major academic databases.

Editorial Advisory Board

Amir Samimi, Ph.D. of Science in Chemical engineering, Process Engineer & Risk Specialist of Oil and Gas Refinery Company, Iran
Mahsa Ja'fari, Department of Chemical Engineering, Abadan Faculty of Petroleum, Petroleum University of Technology, Abadan, Iran
Alin Velea, Paul Scherrer Institute, Switzerland
Kamyar Hasanzadeh, Aalto University, Finland
Ogbonnaya N. Chidibere, University of East Anglia, United Kingdom
Oumair Naseer, University of Warwick, United Kingdom
Wei Zheng, University of Texas Health Science Center at San Antonio, USA
Hu Zhao, University of Southern California, USA
Haijian Shi, Kal Krishnan Consulting Services, Inc, USA
Syed Ainul Abideen, University of Bergen, Norway
Malika Maataoui, Mohammed V University, Morocco
Fabio De Felice, University of Cassino and Southern Lazio, Italy
Giovanni Leonardi, Mediterranea University of Reggio Calabria, Italy
Siham El Gouzi, Instituto Andaluz de Ciencias de la Tierra, Spain
Mohamed KOSSAÏ, European Business School EBS Paris, France
Mustafa Batuhan AYHAN, Marmara University, Turkey
Andrzej Klimczuk, Warsaw School of Economics, Poland
Corinthias P. M. Sianipar, Tokyo University of Science, Japan
Irfan Jamil, Sinohydro Engineering, China
Sukumar Senthilkumar, Chonbuk National University, South Korea
Bratu (Simionescu) Mihaela, Bucharest University of Economic Studies, Romania
Mirela Maria Codescu, National Institute for R&D in Electrical Engineering ICPE-CA, Romania
Milen Zamfirov, St. Kliment Ohridski Sofia University, Bulgaria
Svetoslava Saeva, Neofit Rilski South-West University, Bulgaria
Dimitris Kavroudakis, University of the Aegean, Greece
Vaitsa Giannouli, Aristotle University of Thessaloniki, Greece
Nataša Pomazalová, Mendel University in Brno, Czech Republic
Hazem M. Shaheen, Damanhour University, Egypt
Shalini Jain, Manipal University Jaipur, India
Amin Jula, National University of Malaysia, Malaysia
Mahdi Moharrampour, Islamic Azad University, Buin zahra Branch, Iran
Ricardo Rodriguez, Technological University of Ciudad Juarez, Mexico
Yuniel E. Proenza Arias, Universidad de las Ciencias Informáticas, Cuba
Elizabeth Bissell Miller, University of Missouri, Columbia
Bertin Désiré SOH FOTSING, University of Dschang, Cameroon
Antonella Petrillo, University of Cassino and Southern Lazio, Italy
Hong Zhao, The Pennsylvania State University, USA
Jianjun Chen, The University of Chicago, USA
Shaju George, Royal University for Women, Kingdom of Bahrain
Chandrasekaran Subramaniam, Kumaraguru College of Technology, India
Ilango Velchamy, New Horizon College of Engineering, India
M. Kumaresan, M.P.N.M.J. Engineering College, India
Mohammad Valipour, University of Tehran, Iran
Mohameden Sidi El Vally, King Khalid University, KSA
Mona Hedayat, Boston Children's Hospital, Harvard Medical School, USA
Suresh Kumar Alla, Advanced Medical Technologies, BD Technologies, USA
Ahmed Hashim Mohaisen Al-Yasari, Babylon University, Iraq
Aziz Ibrahim Abdulla, Tikrit University, Iraq
Khalid Mohammed Shaheen, Technical College of Mosul, Iraq
Baskaran Kasi, Kuala Lumpur Infrastructure University College, Malaysia
Nurul Fadly Habidin, Universiti Pendidikan Sultan Idris, Malaysia
Adnan Riaz, Allama Iqbal Open University, Pakistan
Syed Noor Ul Abideen, KPK Agricultural University, Pakistan
Arab Karim, M'Hammed Bougara University of Boumerdes, Algeria
Zoubir Dahmani, UMAB University of Mostaganem, Algeria
Mohsen Brahmi, Sfax University, Tunisia
Mongi Besbes, University of Carthage, Tunisia
Mai S. Mabrouk, Misr University for Science and Technology, Egypt
Olfat A Diab Kandil, Misr University for Science and Technology, Egypt

Munir Ahmed G. Timol, Veer Narmad South Gujarat University, India
Saravanan Vasudevan, Arunai Engineering College, India

Table of Contents

Diseño de estrategias para PYMES familiares basados en un enfoque organizacional 525-535

Jessica Leonela Mora Romero, Jonathan Edmidio Cevallos Guambuguete, David Enrique Robelly Fajardo, and Ingrid Paola Gordillo Jara

Hypoasthesia lip caused by protective mask: A case report 536-537

Anjali Sharma and Tushar Sharma

How Hotel Could Design Community based Corporate Social Responsibility from the Community Perspectives: A case study from Phuket, Thailand 538-545

Bussalin Khuadthong, Azilah Kasim, Piangpis Sriprasert, and Kirathakon Boonrod

The Effect of an Evidence-Based Intramuscular Injection Practice Training on Intern Students' Knowledge, Opinion and Injection Site Preferences: Semi-Experimental Study 546-555

Meryem Kiliç, Çisem Meteris, and Büşra Nur Kartal

Navigating the World of Video Games for Self-Directed Learning: A Digital Pedagogy Approach 556-563

Jewell Ken V. Bañes, Sachiko R. Gubat, Kristine T. Soberano, and Jeffric S. Pisueña

Improving the Dyeability of Cotton Fabrics with Walnut tree bark Extract using Chitosan and Fixation with Environmentally Friendly Materials 564-578

Hind Ahmed Alsubhi and Asmaa Abdullah Salem

Structure, accroissement diametrique et évolution du stock de carbone des essences de la foret semi-caducifoliée de la Reserve Forestière de Yoko: Cas de Prioria oxyphylla (Harms) Breteler dans la parcelle permanente du bloc Nord (Ubundu, Province de la Tshopo, RD Congo) 579-594

Bourgeoisie P. Isetcha, Denis B. Waokoto, Jean-Hilaire B. Asumani, Michel K. Mose, Francine B. Kirongozi, Jacques N. Tshatshambe, Roger L. Katusi, and Christophe Lomba

Analyse de la dynamique d'occupation du sol et des retombées économiques de la Gestion Durable des Terres dans la Région de Tillabéri au Niger 595-607

Ali MAHAMADOU, ALLAHI BIZO Ismaël, ISSA Garba, and Halidou Maiga Nafissatou

Effet de la variabilité climatique sur les revenus agricoles au sud-ouest du Tchad: Cas des exploitations agricoles familiales de Moundou 608-616

Ali MAHAMADOU, Allarassem NDLKAG, and Halidou Maiga Nafissatou

Deux variétés d'oignon (Allium cepa L.) tolérantes à la pourriture basale fusarienne au Burkina Faso 617-630

Tobdem Gaston DABIRE, Stéphane Dabire, Schémaéza Bonzi, and Irénée Somda

Système de pointage des agents par badge électronique RFID à la direction des recettes du Lualaba 631-642

Elam Kyungu Lukomba, Bertin Umba Nkulu, Grâce Mwangal Kapend, Placide MWEPU MALANGO, Vivien MUMBA KYANKASU, and Penouël HEMEDY KAHOLA

Apport des NTICs dans la culture maraîchère dans la ville de Lubumbashi 643-654

Elam Kyungu Lukomba, Bertin Umba Nkulu, Penouël HEMEDY KAHOLA, Grâce Mwangal Kapend, and Placide MWEPU MALANGO

Short-term effect of calcined phosphate rock on soil macrofauna diversity and abundance in lixisol in a semi-arid area of Burkina Faso 655-666

Boubacar Traore, Mamoudou Traore, Sibiri Birba, Hassan Bismarck NACRO, Papa Saliou Sarr, and Badiori Ouattara

Influence des contraintes résiduelles sur la durée de vie des structures en acier sous chargement d'amplitude variables 667-675

Djonglibet Wel-Doret, Tikri Bianzeube, Dougabka Dao, and Samson Mbairangone

Local governance for the sustainable management of water in post-certification in the areas of National Program of Sanitized Schools and Villages (NPSSV) at Tshopo Province in Democratic Republic of the Congo 676-683

Basandja Longembe Eugene, Panda Lukongo Kitronza Jean, and Joris Losimba Likwela

L'impact de la gestion des flux migratoires sur les relations euro-marocaines suite aux changements politiques dans le sud de la Méditerranée 684-688

Taoufyq Lamlili

From Sport Tourism to Geosport 689-696

Saïd Mirari and Ali Aoulad Sidi Mhend

Comparative study of heavy metal induced stress on catalase of germinating melon seeds (Citrullus lanatus and Cucumis sativus) 697-701

A.I. Obodoeze, E.N. Ibezim, and I.O. Ajawobu

Incubators in Search of Performance: A Review of Key Performance Models in the Literature 702-710

Samia Fakhri, Abdelaziz Bahoussa, and Zakaria LARABI

Prévalence de Salmonella Spp. dans les produits alimentaires d'origine animale commercialisés à Rabat, Maroc 711-718

MOTASSIM El Hanafi, BOUCHRIF Brahim, DERKAOUI Sami, DAHANI Said, ZYATE Nadia, BOUCHRITI Nourredine, NASSIK Saadia, and KARIB Hakim

Transformation d'une leucémie myéloïde chronique (LMC) en Leucémie aigue mégacaryoblastique: A propos d'un cas 719-723

Zineb Karouchi, Hanae Bencharef, Aya Rachidi, and Bouchra Oukkache

The Portfolio: A Tool for the Formative Assessment of Student Teachers 724-729

Nezha El Mahmouhi, Souad Kemmou, Mohamed Benbrahim, and Hafida Rachidi

Profil et compétences des spécialistes de l'information documentaire à l'ère du numérique: Cas des professionnels africains 730-741

Tang-Irmi Dinza and Dia Mamadou

Smoke and fire detection by a convolutional neural network based on a combinatorial model 742-750

Tidiane Fofana, Sié OUATTARA, and Alain Clement

Statut Nutritionnel et parasitoses intestinales chez des habitants de la commune rurale de Niou, Burkina Faso 751-759

Boubacar Savadogo, Tasseré Kindo, Drissa Sanou, Moustapha Nikiema, Justine Kabore, Nawidimbasba Augustin Zeba, and Awa Gneme

Connaissance et observance de la complétude du partogramme par les infirmières dans les maternités de Kisantu au Kongo-central, République Démocratique du Congo 760-765

K. K. Kena, N.B. Mukuna, N. J. Nsimba, and K. D. Muamba

Dynamique temporelle des infestations naturelles des hétéroptères aquatiques par Mycobacterium ulcerans dans deux districts sanitaires à endémicité différente à l'ulcère de Buruli, au Sud de la Côte d'Ivoire 766-777

Allali Kouadio Bernard, Konan Kouassi Lambert, Coulibaly Zankoungo Ibrahima, Mireille Dosso, and N'GORAN Kouakou Eliézer

Carcinome adénoïde kystique de la glande de Bartholin: A propos d'un cas 778-781

Chaymaa Mohammadine, Zineb Abouedddahab, Wissal Zahir, Samia Tligui, Rachid Maakoul, and Samir Bargach

Carcinome colloïde du sein: A propos de trois cas 782-786

Chaymaa Mohammadine, Zineb Abouedddahab, Wissal Zahir, Samia Tligui, Fatima E Hassouni, and Samir Bargach

Physicochemical characterization of leachates from two landfills in Brazzaville, Republic of Congo 787-799

Tchoumou Martin, Ndokadiki Rêve Charlène, Ngoro-Elenga Ferland, and Engambe Christ Bardol

Evaluation in vivo de l'activité antiplasmodiale des extraits de Artemisia annua L., Alisicarpus ovalifolius (SCHUM. et THONN.) J. LEONARD. et de Securidaka longepediculata FRESS. chez la souris nmri infestée par le Plasmodium berghei NK 65 800-810

Amadou Mounkaila Hamissou, Souley Kallo Moutari, Oubayyou Abdoulaye Mamoudou, Idrissa Moussa, Mahamane Ali, and Ikhri Kalid

Etude du niveau de parasitisme des larves et chrysalides de Eldana saccharina Walker (Lepidoptera: Pyralidae) sur le complexe sucrier de Borotou-Koro (Côte d'Ivoire) 811-826

Kouassi Kouassi Virgile, Kouame Konan Didier, Johnson Félicia, Ble-Binate Nozéné, Coulibaly Sié Yann Stéphane, Yao Kouadio Jacques-Edouard, and Daouda KONE

Digital communication and practical physical and sports maintenance activities in the city of Ouagadougou 827-832

ILBOUDO Salfo, MOUKALA MAMPASSI Thècle Sabine, KABORE Prosper, KALAGA K. Martin, and SONGNABA Florent

Analyse didactique de la première séance d'une situation d'apprentissage de trois enseignants d'éducation physique et sportive au Benin 833-848

Agbodjogbe D. Basile, M. Ogueboule Bachar, Atoun Carlos Eméry, Attikleme Kossivi, and Fadebi Elidja

Improvement indices and agromorphological diversity of false sesame (Ceratotheca sesamoides Endl.) in Burkina Faso 849-856

Dramane Kabore, Renan Ernest Traore, Pingawindé Sawadogo, Siédou Sory, and Sakande Boureima

Investigation des nouveaux supports de fermentation des fèves de cacao dans les principales régions de production de cacao (Haut-Sassandra, Nawa et Bas-Sassandra) en Côte d'Ivoire 857-865

Konan Kouakou Ahossi, Coulibaly Ibourahema, Kouassi Kra Athanase, Foba Foba Stéphane, Coulibaly Mendjara, and Konate Ibrahim

Les autorités administratives indépendantes et le pouvoir réglementaire: Emergence justifiée et délégation conditionnée 866-877

Jamal Riad and Abdessamad El Harchiche

Potentiel de stockage du carbone organique dans des sols sous trois types de cultures pérennes (cacao, hévéa et palmier à huile) dans le département de Daloa (Centre-Ouest de la Côte d'Ivoire) 878-886

Toure Bessimory, Zro Bi Gohi Ferdinand, Abobi Akré Hebert Damien, and Youl Ery Hortense

Le rôle des IDE dans la réduction des flux migratoires en Tunisie 887-897

Leila Nasri

De « l'esthétique médiatique appliquée » à une esthétique générale du discours télévisuel d'information 898-904

Manal El Akhdari

Déterminants de la mise en place d'une mutuelle de santé dans la cité de Lubero (Province du Nord-Kivu en République démocratique du Congo) 905-916

Kakule Sivihwa Amos, Kambale Karafuli Léopold, and Kabuyaya Mwanamulere Osée

Stratégies didactiques de l'éducation environnementale en RD Congo: Les pratiques enseignantes au degré terminal de l'Enseignement primaire dans la ville de Bunia (Province de l'Ituri) 917-926

Cwinya'ay Wong'a Pascal, Niyonkuru Charles, and Bapolisi Bahuga Paulin

Study of the Diode Current of a Silicon Solar cell in Dynamic Frequency Regime under Monochromatic Illumination in the Presence of the Magnetic Field and the Irradiation Energy 927-933

El Hadji Ndiaye, Seydou Faye, Fatimata BA, Mor Ndiaye, and Issa Diagne

La soutenabilité forte comme système d'atteinte aux générations futures et à l'environnement congolais: Enjeux et perspectives du secteur minier 934-937

Isaac Kyamusoke Cyprien

L'émergence de la responsabilité sociale des entreprises en Afrique: État des lieux et perspectives 938-943

Isaac Kyamusoke Cyprien

Enjeux fonciers et urbanisation à Luwowoshi : Processus de construction et d'appropriation du lieu 944-953

Balloy Mwanza Perry, Katenda Kankokwe Cathy, and Philippe Hanocq

Enjeux socio-économiques et urbanisation: Précarité des ménages, vulnérabilité des groupements urbains au quartier Luwowoshi 954-964

Balloy Mwanza Perry, Katenda Kankokwe Cathy, and Philippe Hanocq

Evaluation des performances zootechniques en phase de grossissement d'une souche améliorée de Oreochromis niloticus élevée en étangs dans l'environnement ivoirien 965-972

TRE BI Tré Christian Omer, ANVO Morgane Paul Magouana, DOUMBIA Lassina, and KOUASSI N'Gouan Cyrille

The impact of arts employment on creativity and academic achievement in Morocco's middle schools: A descriptive study 973-985

Omar El Blidi and Khadija El Blidi

Modélisation d'un système d'information géographique pour une gestion performante d'un réseau moyenne tension par la technique du neutre effectivement mis à la terre 986-999

Monkila Nkiwa Barthelemy, Muaka Ndombe Makula Justin, Jérôme Mwenze Ndala, and Teddy Lwamba Muba

Modélisation par éléments finis et optimisation de l'étape de chauffage infrarouge pour le traitement thermique de préformes en PET à l'aide de la commande Linéaire Quadratique (LQR) : Application au four infrarouge de la souffleuse industrielle FG-8 de l'usine de production d'eau minérale VALVITA 1000-1049

KONGOLO MONGA Epaphrodite, Moïse MUKEPE KAHILU, and Jacques KADIMA KAZAKU

L'écriture de l'errance dans « L'aîné des orphelins » de Tierno Monénembo 1050-1056

Pidabi Gnabana

Recherche-action sur les centres de santé médicalisés urbains dans la ville de Goma (Est de la RDC): Bassin d'attraction et profil de la patientèle 1057-1067

Jean-Bosco Kahindo Mbeva, Edgar Tsongo Musubao, Prudence Mitangala Ndeba, Jean Pierre Noterman, Paluku Bahwere, Robert Vutsopire Kipumo, Levis Kahandukya Nyavanda, Aimé Kambale Saruti, and Denis Porignon

International Journal of Innovation and Applied Studies
ISSN 2028-9324 Vol. 39 No. 2 Apr. 2023, pp. 525-535
© 2023 Innovative Space of Scientific Research Journals
http://www.ijias.issr-journals.org/

Diseño de estrategias para PYMES familiares basados en un enfoque organizacional

[Design of strategies for family SMES based on an organizational approach]

Jessica Leonela Mora Romero[1], Jonathan Edmidio Cevallos Guambuguete[2], David Enrique Robelly Fajardo[3], and Ingrid Paola Gordillo Jara[4]

[1]Docente Investigador, Instituto Superior Tecnológico «Juan Bautista Aguirre», Economista, Magister en Administración de Empresas, Daule, Ecuador

[2]Gestor de TICS (Gestor de plataformas e información masiva académica y administrativa), Instituto Superior Tecnológico «Juan Bautista Aguirre», Ingeniero en Sistemas e Informática, Magíster en Ciberseguridad, Ecuador

[3]Gestor de TICS, Instituto Superior Tecnológico «Juan Bautista Aguirre», Lcdo. en Sistemas de Información, Daule, Ecuador

[4]Docente Investigador, Instituto Superior Tecnológico «Juan Bautista Aguirre», Ingeniera Comercial y Magister en Administración de Empresas Mención RRHH y Marketing, Daule, Ecuador

Copyright © 2023 ISSR Journals. This is an open access article distributed under the ***Creative Commons Attribution License***, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

ABSTRACT: The present investigation is based on the growth that PYMES have had at a national and global level, many of these being of family origin, although many of these are well managed, there are others that do not follow the due processes and approaches that allow them to manage adequately its organizational environment, through the proper use of techniques and a set of plans that are translated into clear, concrete and concise strategies, this study was possible thanks to the collaboration of the two organizations to which a survey was carried out. information, as well as the application of a set of techniques to determine shortcomings on two different fronts, respectively, the contribution of the research and the instruments used to collect information, as well as the use of techniques such as SCRAMPER, were favorable.; Thanks to the results obtained, it was possible to achieve a set of strategies that allow mitigating and improving processes and policies for the customer service area, it was also possible to design a set of strategies that can help create a better work environment and promote an organizational culture. of teamwork. Of the solution alternatives proposed, it is recommended to execute them in the short term, to obtain the benefits proposed in this study, which will serve as a contribution for the small company in attracting more clients and in a better corporate image, while in median labor relations can be strengthened, which will be reflected in better customer service and of course in labor excellence. The important thing that should be highlighted is that by applying the correct organizational design, companies will be able to have comprehensive growth.

KEYWORDS: PYMES, strategies, corporate image, organizational culture.

1 INTRODUCCIÓN

La presente investigación, pretende dar a conocer estrategias que sirvan de guía a los que se encuentren trabajando en PYMES familiares y que de esta forma puedan desarrollar el negocio de forma organizada, según la investigación efectuada por Rosa Herrera, la calidad del servicio al cliente y su incidencia en el volumen de ventas, aportará una mejor visión para el buen diseño de estrategias para PYMES familiares con un enfoque organizacional. Se concibe plantear estrategias que permitan mejorar procesos tanto internos como externos, lo que a su vez va a dar paso a un recopilación sustancial que podrá servir de referencia a las PYMES familiares y otras organizaciones, que aplicando adecuadamente los planteamientos que se establezcan,

harán de sus recursos óptimos e incluso podrán tener mejores infraestructuras tanto físicas como tecnológicas, lo que promoverá una continua mejora, esto logrará las mejores factibilidades, en el corto y mediano plazo.

Con esto se logrará que muchos recursos obsoletos se tecnifiquen, otros mejoren su infraestructura física y tecnológica, y en algunos de los casos se puedan capacitar a todos los empleados de áreas vitales para el correcto desarrollo organizacional y transaccional de la empresa.

Consecuentemente al corto y mediano plazo se irán evidenciando que estás estrategias planteadas no solo funcionen, sino que permitan ser un referente para otras organizaciones, que a su vez puedan expandirse hacía un mercado mucho más grande, cabe mencionar que las empresas que se escogió para el presente estudio, Pequeñas y medianas son de tipo familiar, por lo que esto ayudará a que se rompa un estigma al formar nuevas organizaciones de este tipo.

Actualmente muchas PYMES de origen familiar (administración bajo régimen de una misma familia), no cuentan con un planteamiento claro, conciso y preciso de sus estrategias, dentro de la organización, lo cual, genera, bajas ventas de productos o servicios, de manera consecuente esto da cabida a ser desplazados por la competencia, pérdida de oportunidades y ventajas competitivas que si bien sus productos o servicios pueden ser potenciales en demanda, la falta de procesos y procedimientos dentro de la empresa hacen que, al final otras organizaciones tomen esta desventaja como su oportunidad, lo que finalmente repercute y crea perdidas e incluso el cierre de las mismas.

Una empresa familiar con bajo potencial de ventas en sus servicios o productos al no tener definidas estrategias de negocios, tenderá a una desacertada toma de decisiones, lo que no permitiría alinearse a una correcta dirección en la administración organizacional, así como en una mejor relación con cada uno de los miembros de la organización, esto a su vez no se transformará en mejores servicios o productos para sus clientes, originando una escaza y reducida administración. Esto impide generar valor agregado, lo que desencadena en una debilidad en su estructura organizativa donde se ve reducida la posibilidad de obtener beneficios tanto a sus propietarios como a cada miembro de dicha organización.

Sin embargo, muchas PYMES, con gran potencial al no elegir un buen direccionamiento en su administración, tienden a estancar sus operaciones, lo cual hace que tanto sus recursos internos como externos, no generen un beneficio, inutilizando un potencial que, si se explota adecuadamente, podría hacer de esa organización una verdadera empresa, capaz de ser competitiva y de poder ganarse un espacio en el mercado, así como a su vez llegar a expandirse en el mediano y largo plazo

Entre los mayores problemas de las PYMES familiares del país, se puede mencionar que, existen desventajas competitivas a nivel de comercialización y el manejo de distribución de productos, adicionando a esto, problemas en su infraestructura tecnológica, lo que provoca una mala comunicación entre locales a la hora de realizar pedidos o manejo de existencias (Inventarios).

A lo hora de planificar es muy importante que se segmenten plazos (Semestres del año en curso), para poder inyectar estrategias organizacionales que hagan que las empresas de conjunto familiar puedan dar un gran salto con la menor cantidad posible de recursos y con el menor impacto de inversión financiera, para mostrar desafíos factibles y de vital importancia en cada mando organizativo.

EMPRESAS FAMILIARES

Las empresas familiares a nivel mundial están consideradas como, “la estructura productiva más antigua de la humanidad, como tal mantienen un rol predominante en la economía, definitivamente son la columna vertebral de la producción de muchos países en Latinoamérica, pues representan entre el 70% y el 80% del PIB”. Aunque sean una base para la economía global es necesario reconocer que para la permanencia en el tiempo de una empresa familiar hay muchos aspectos que deben ser consideradas por quienes la lideran.

De acuerdo a la publicación de Forbes EC, solo el 33% de las PYMES tiene diseñado un plan que favorezca la continuidad de sus empresas, por lo que es preciso considerar el enfoque que se le da al negocio, sobretodo en una PYME de origen familiar que tiene muchos desafíos por delante, pero que goza de tener la ventaja de la confianza como pilar fundamental en este tipo de organizaciones.

Sin duda alguna las estrategias para PYMES familiares con enfoque organizacional brindarán una mejor planificación y ejecución de los objetivos que servirán para el crecimiento y sostenibilidad de la empresa en el tiempo; a continuación, se propone considerar cuatro modelos sobre problemáticas determinadas. Dichas dificultades son esenciales para el diseño y desarrollo de la planeación estratégica en las organizaciones, específicamente en las PYMES:

- La problemática conceptual vinculada a la noción de estrategia
- La problemática relacionada con la falta de estudios empíricos en las pymes y la falta de unanimidad en los resultados de los estudios empíricos realizados
- La problemática asociada a la falta de conocimiento en materia de estrategia de pymes; y
- La problemática vinculada a las herramientas, su relación (integración) y su uso

En consecuencia, estos planteamientos no solo van a definir una mejora de procesos y definiciones en cuanto a aspectos internos, y externos de las PYMES, sino que estas mejoras en el corto y mediano plazo brindarán seguridad, eficacia y un conjunto de mejoras tecnológicas de vanguardia, lo que le permitirá a la empresa ser más competitiva dentro del mercado en el que se desenvuelve.

A nivel nacional de acuerdo a varias encuestas y estudios realizados dentro de las empresas familiares, fue muy evidente que buscan tener cambios para que las mismas puedan ser sostenibles con el paso del tiempo, crecer y ser competitivas en el mercado actual. Con el paso de la pandemia COVID-19, fue evidente el decrecimiento en las ganancias de las Empresas Familiares en Ecuador y el mundo entero, por tal motivo fue necesario el análisis del sector empresarial y se han propuesto varias opciones como correctivos a la situación que se sigue atravesando a nivel mundial.

En su estudio, PW citado por Gabriela Coba, concluye que a futuro las empresas familiares nacionales deben centrarse en tres áreas claves de acción inmediata frente al panorama actual:

- *Cumplir con gobernanza ambientas, social y corporativa.* Es decir, deben integrar a la estrategia acciones formales de gobernanza corporativa que reconozcan la importancia de la sostenibilidad
- *Transformación digital.* En la pandemia se evidenció que quienes han adoptado soluciones tecnológicas han enfrentado mejor la crisis
- *Profesionalizar la gobernanza familiar.* Los beneficios de la estructura de un gobierno profesional decantan en los resultados comerciales y reputacionales de las organizaciones. El sentido de propósito de las familias debe trasladarse a las operaciones comerciales para lograr un éxito continuo.

PYMES EN ECUADOR

Debido al importante crecimiento en los últimos años de compañías PYMES, muchas de ellas de origen familiar, este estudio se fundamenta en un análisis, en el que se pretende mejorar puntos determinados, que conseguirán para este estudio, lo cual hará factible y posible mejoras en el mediano y corto plazo, de dichas falencias a estudiar, por lo cual, cada situación se establecerá de manera concreta, e indicando las estrategias a implementarse, todo esto de la mano de un compendio investigativo de varias fuentes de renombre y de gran valía e importante aporte al estudio.

En este capítulo daremos una breve introducción al giro de negocio que se ha tomado como muestra para poder determinar las falencias o mejoras que se desea resolver; usando planteamientos estratégicos dentro de organizaciones PYMES (Pequeñas y Medianas Empresas); los cuales van a mejorar y optimizar áreas, procesos e incluso hasta tecnología que va a pretender desarrollar una nueva cultura organizativa y un clima laboral ideal para el idóneo desenvolvimiento de los recursos humanos, antes de realizar una mayor profundización a esto, se destaca lo siguiente:

Actualmente en el Ecuador según datos del INEC (Institutito Nacional de Estadísticas y Censos) , las PYMES se encuentran divididas de la siguiente forma:

- PEQUEÑA EMPRESA: 37.784 empresas
- MEDIANA EMPRESA A: 5.981 empresas
- MEDIANA EMPRESA B: 4145 empresas

Este tipo de empresas tiene una mayor presencia en las Provincias de Pichincha, Guayas y Azuay, siendo las ciudades que más representación tienen las de Quito, Guayaquil y Cuenca.

Para poder entender mejor el concepto de las PYMES en Ecuador, y reconocer la variable por tamaño lo que encasilla o determina el tipo de si esta es una Pequeña y Mediana Empresa, entonces debe tomar en consideración se debe profundizar en los indicadores que sitúan a estas organizaciones en esa escala, según los datos proporcionados por el INEC . Como se indica a continuación:

1. *Mediana B*

   V: $2’000.001 a $5’000.000. P: 100 a 199.

2. *Mediana A*

   V: $1´000.001 a $2´000.000. P: 50 a 99.

3. *Pequeña*

   V: $ $100.001 a $1´000.000. P: 10 a 49.

El tamaño de empresa se define de acuerdo con el volumen de ventas anuales (V) y el número de personas afiliadas (P) sea a nivel de plazas de empleo registrado o empleo registrado en la seguridad social. Para su determinación, prevalece el criterio de volumen de ventas anuales sobre el criterio de personal afiliado.

El marco legal en el que se sustentan las PYMES en Ecuador, se originó a través del artículo 276 de la Constitución del Ecuador aprobada en el año 2008, en el numeral 2 donde se suscriben como objetivos del régimen de desarrollo del País: “*Construir un sistema económico, justo, democrático, productivo, solidario y sostenible basado en la distribución igualitaria de los beneficios del desarrollo, de los medios de producción y en la generación de trabajo digno y estable*”

Consiguientemente en el numeral 3 se indica los siguiente: “*Fomentar la participación y el control social, con reconocimiento de las diversas identidades y promoción de su representación equitativa, en todas las fases de la gestión del poder público*” .

El artículo 281 del documento legal relacionado con la soberanía alimentaria, en el numeral 1 se especifica: “*Impulsar la producción, transformación agroalimentaria y pesquera de las pequeñas y medianas unidades de producción, comunitarias y de la economía social y solidaria*”; en el numeral 2 del artículo en mención se expone: “*Adoptar políticas fiscales, tributarias y arancelarias que protejan al sector agroalimentario y pesquero nacional, para evitar la dependencia de importaciones de alimentos*”; y en el numeral 5 se plantea: “*Establecer mecanismos preferenciales de financiamiento para los pequeños y medianos productores y productoras, facilitándoles la adquisición de medios de producción*” . En el artículo 283, segundo párrafo del propio texto constitucional se refrenda: “*El sistema económico se integrará por las formas de organización económica pública, privada, mixta, popular y solidaria, y las demás que la Constitución determine. La economía popular y solidaria se regulará de acuerdo con la ley e incluirá a los sectores cooperativistas, asociativos y comunitarios*” .

En síntesis, se pretende fomentar con estos mecanismos la transformación productiva y agregación de valor. Al propio tiempo el reglamento del Código establece los parámetros técnicos y requisitos que deberán cumplir los particulares y las empresas que se involucren en estos procesos.

2 METODOLOGÍA

Las metodologías de trabajo en la que se basará gran parte del trabajo de investigación, son el uso técnicas de tipo exploratoria lo que permitirá aclarar el origen del problema a resolver, así como la investigación bibliográfica basados en fuentes tanto de internet, como de libros que sean de apoyo a la investigación.

De los métodos inductivo y deductivo lo que va ayudar a despejar dudas sobre premisas cotidianas y sobre cada uno de los aspectos individuales que se generen en la actual investigación. También se hará uso del método sistémico ya que este ayuda a una mejor compresión en la optimización de procesos.

Para obtener información de calidad acerca de la problemática en estudio, se eligió dos PYMES ubicadas en la provincia del Guayas, específicamente en la ciudad de Daule, de las cuales se obtuvo datos que determinan todas las falencias que serán analizadas y comparadas, a través de instrumentos cualitativos y cuantitativos, para obtener una visión más clara y acertada del problema.

En su artículo Vega-Malagón y otros autores, dan a conocer que, “Las ventajas de la investigación multimétodo son la complementariedad, ampliación de la comprensión teórica, incrementalidad de la validez y ampliación de las fronteras del conocimiento”. Esto hace referencia a una investigación en la que se usa de forma conjunta el enfoque cuantitativo y cualitativo, que aunque tiene mayor complejidad es de mucha utilidad para el trabajo actual.

Dentro de la muestra elegida, se va a enfocar en 2 empresas, dentro de las cuales tenemos, las siguientes:

- Centro Ferretero Multicentro (Daule – Cabecera Cantonal)
- MegaMetales (Daule – la Aurora)

Para el tamaño de la muestra dentro de esta investigación participaron para la pequeña empresa Multicentro Ferretero Daule S.A.; 300 clientes que fueron seleccionados por ser los más frecuentes o habituales y uno que otro eventual o repentino; mientras que para la empresa MegaMetales S.A. participaron 178 empleados.

Multicentro Ferretero S.A.	
Detalle	**Equivalente**
PQ=Constante de la Varianza población	0.25
N=Tamaño de la población	300
E=Error Máximo aceptable	0.10
K=Coeficiente de corrección del error (2)	2
n=Tamaño de la muestra	75 clientes

MegaMetales S.A.	
Detalle	**Equivalente**
PQ=Constante de la Varianza población	0.25
N=Tamaño de la población	178
E=Error Máximo aceptable	0.10
K=Coeficiente de corrección del error (2)	2
n=Tamaño de la muestra	64 empleados

El tamaño de la muestra para el Multicentro Ferretero S.A., se determinó como 75 clientes, y para MegaMetales S.A. el tamaño de la muestra fue de 64 empleados; con esta muestra se harán las encuestas respectivas para poder conocer la situación actual, hacer un análisis y considerar las alternativas de solución que puedan aplicarse a estas y otras empresas.

Este estudio se apoya en una importante técnica, la importancia de esta se fundamenta en la estimulación de la curiosidad conocida como SCAMPER. Este término es un acrónimo formado por las primeras letras de las palabras en inglés: substitute (sustituir), combine (combinar), adapt (adaptar), modify or minify (modificar o reducir), put to other uses (dar otros usos), eliminate (eliminar), reverse or rearrange (invertir o reordenar). La utilidad de esta técnica es muy sencilla y hasta simplista. Se conjugan varias preguntas, relacionadas con los verbos anteriores para estimular la curiosidad. Esto, a la vez, quizá permita visualizar oportunidades empresariales.

3 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

MULTICENTRO FERRETERO S.A.

Es una compañía con sede en el cantón Daule, esta empresa fue fundada en el año de 2017, un 24 de febrero por Luis Javier Sotomayor Ortiz, está compañía se encuentra dentro del sector Ferretero con valores netos de ventas de 374,441.36 dólares americanos, en el año 2021 según cifras de la Superintendencia de Compañías está compañía ha logrado un importante crecimiento del 5,86%, ya que el año de la pandemia 2020, fue un año de perdidas donde la compañía que inicialmente tuvo un crecimiento en su segundo año de operaciones del 89,30% paso de ese importante crecimiento de ventas a un decrecimiento de ventas del -44,96% .

Uno de los grandes retos que esta compañía ha mantenido es que, a pesar del significativo decrecimiento del 2020, el año 2021 presento un año en el cual su crecimiento, si bien no fue igual que al inicio de sus operaciones, lo dejo aún ubicado dentro del mercado actual, el mismo que en estos últimos años cuenta con nuevos centros ferreteros, los cuales representan una gran competencia, segmentando el mercado y la cartera de clientes, actuales, y nuevos desafíos para esta empresa que por su rubro de ventas está catalogada como una pequeña empresa, cuenta con 5 locales, la sede principal se encuentra ubicada en Daule, y el personal que labora en esta organización es de alrededor de 25 personas.

A continuación, se enumeran las áreas comprometidas, e indica una situación de lo investigado, dentro de cada área, puntos necesarios para poder determinar estrategias que puedan generar un mejor desempeño de la organización, así como generar el mejor clima laboral, propicio para que la compañía se alinea a los objetivos de crecimiento y fortalecimiento institucional. Se indica de la siguiente forma:

1. Área de Ventas y atención al cliente: esta área es la responsable de generar las facturas y proformas a clientes, así como de mostrar la ubicación de determinados productos. Dentro de la investigación realizada se detectó lo siguiente
    a. Atención engorrosa en al menos un módulo de atención,
    b. Problemas de disponibilidad de ciertos productos en el sistema informático, actual
    c. Retraso en tiempos de toma de despachos en al menos un módulo
2. Área de Bodega y Despacho: está es la encarga de almacenaje de productos, así como del despacho de los mismos para cuando se genera facturación de clientes, se han evidenciado las siguientes falencias
    a. Productos no son ingresados al inventario en muchos casos
    b. No se cuenta con un sistema de ticket de despacho, se hace el proceso manual, lo que ocasiona que el cliente debe acercarse a preguntar muchas veces
3. Área de marketing y comercialización de Productos: está área si bien es manejada actualmente por una sola persona según los datos recabados, se detectó, que no se cuenta con un sitio web actualizado ni acorde a los actuales estándares tecnológicos, así como un escaso manejo de e-commerce y manejo de imagen corporativa mediante el uso de medio de comunicación visual

MEGAMETALES S.A.

Esta compañía fue creada el 12 de abril de 2001, con su sede principal en el cantón Daule, parroquia la Aurora, sus propietarios son la familia Jara, cuyo fundador es el Señor Cesar Enrique Jara; cabe destacar que esta empresa, por su rubro de facturación, y por el número de empleados, está considerada como una mediana empresa, la cual actualmente emplea alrededor de 178 empleados, la compañía se dedica a la venta al por mayor y al por menor en materiales de Construcción en el sector ferretero. En sus últimos aspectos financieros destacados, MegaMetales S.A. reportó un aumento de ingresos netos de 57,33% en 2021. Su Activo Total registró crecimiento de 43,89%. El margen neto de MegaMetales S.A. aumentó 2,06% en 2021.

Como muchas de las empresas del sector de la construcción, vieron mermado su crecimiento en el año de la pandemia que fue en el 2020, donde incluso en la ganancia no se evidencio un margen de crecimiento significativo, sin embargo, la empresa se mantuvo firme, gracias su apuesta por continuar en el mercado y a su buena administración, lo que hace de esta PYME un ejemplo de tenacidad y persistencia antes las adversidades del ámbito local e internacional.

El crecimiento de esta compañía en los últimos años ha sido vertiginoso, actualmente cuenta con 7 locales, ubicados en las ciudades de Guayaquil, Daule y Duran, su matriz se encuentra localizada en la ciudad de Daule, parroquia satélite la Aurora, además de ser un distribuidor mayorista se mantiene a la vanguardia ya que su sistema de atención al cliente en sitio es muy bueno, así como la logística que ellos mantienen, sin embargo se evidencio que su plataforma de comunicación visual y estrategias de marketing digital tiene muchas brechas que la competencia puede tomar como ventaja competitiva.

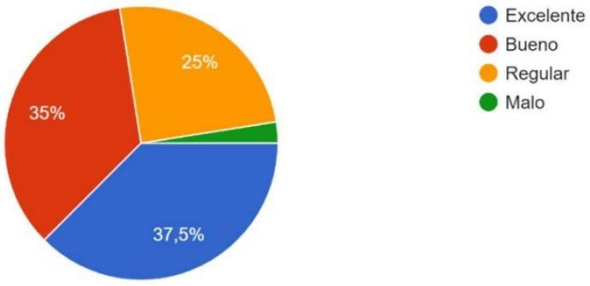
Por si fuera poco, este único problema evidenciado como levantamiento de la información central para esta organización, la cual, aunque posee una buena respuesta en canales de chats virtuales como WhatsApp y Messenger Facebook, no tiene una página o sitio web donde los clientes puedan consultar o comprar productos en línea, lo que dificulta muchas veces, poder determinar una decisión de compra para algunos clientes que hacen uso de las herramientas tecnológicas de vanguardia del e-commerce.

MegaMetales S.A., es una compañía que, a pesar de su buena gestión organizativa, basados en estudios que se especificaron para esta compañía, se llevó a cabo una serie de encuestas tanto a Clientes, como de empleados, para poder medir los siguientes indicadores, tal como se efectuó para la otra organización dentro de la actual investigación.

A continuación, se reflejan los datos que se recogieron a los clientes y al personal de las empresas antes mencionadas, y en las áreas respectivas que se encontraron las falencias a corregir.

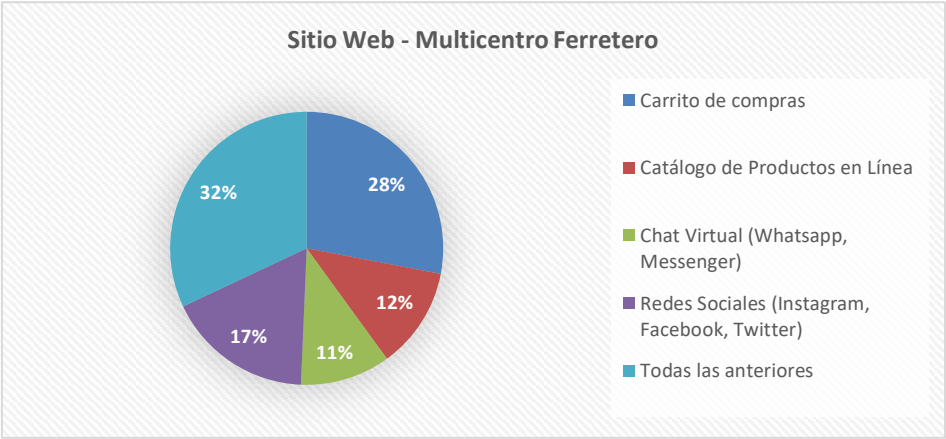
SATISFACCIÓN AL CLIENTE

Para determinar la satisfacción al cliente, se realizó la encuesta a la muestra de los clientes del Multicentro Ferretero, en la misma se consultó, cómo los clientes calificaban la calidad de la atención que recibían en las instalaciones; a lo cual respondió el 37,5% que representa a 28 personas que ven la atención al cliente en estándares de calidad como Excelente, mientras el 35% representado por 26 encuestados, indican que la atención es buena, un 25% de los encuestados indican, que la misma es Regular, y tan solo el 2.5% representado por dos clientes mencionan que la atención es mala y no cumple sus expectativas.



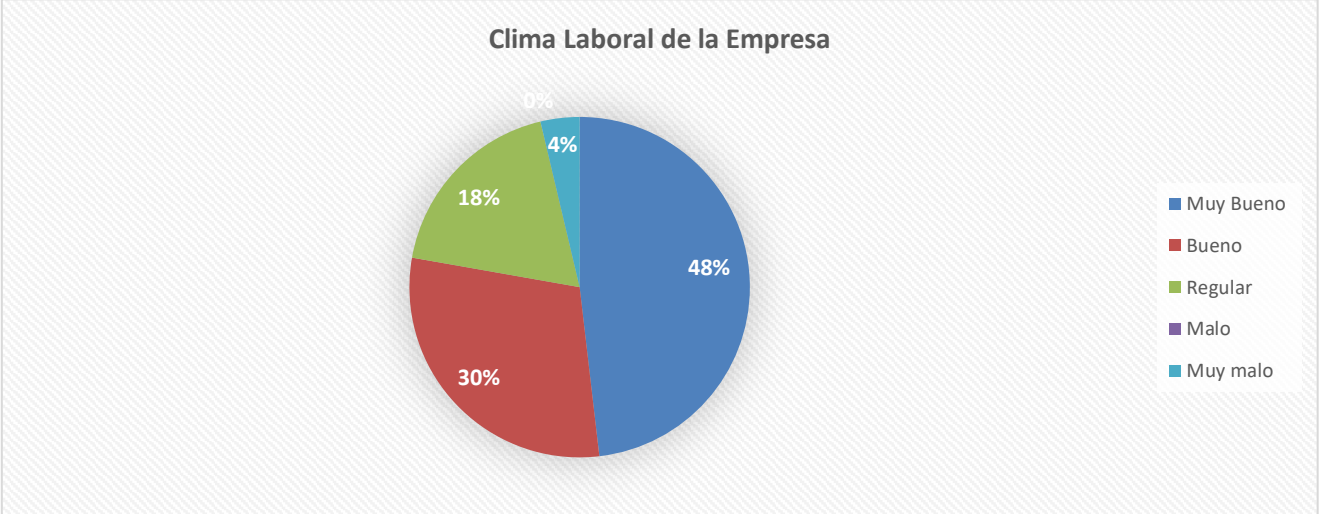
MARKETING DIGITAL O CANALES DE VISUALIZACIÓN ESTRATÉGICA

Actualmente aunque no cuenta la empresa con una página web actualizada, en la encuesta realizada a los clientes se colocaron algunas opciones, que actualmente son las más utilizadas en los medios digitales del 100% de encuestados que son 75 clientes, se puede recalcar que el 28% de los encuestados este es, 21 personas, indican que un carrito de compras es ideal para realizar compras desde la web, el 12% que son 9 personas indica que un catálogo de productos virtuales, ayudaría a conocer más sobre precios y existencias de los mismos a la clientela en general, el 10.67% representado por 8 personas, indican que el uso de chats webs sería fundamental para una mejor intercomunicación clientes-establecimientos, por otro lado el 17.33% que son 13 personas, destacan que el uso de redes sociales para la difusión de promociones, ofertas así como de nuevos productos es fundamental para la masificación de la organización, dentro de todo lo anterior un gran espectro del 32% representado por 24 clientes, indican que la página debería contar con todo lo anterior para estar al pie de la vanguardia tecnológica.



AMBIENTE LABORAL

Para obtener la información correspondiente al ambiente laboral se realizaron encuestas a los trabajadores de Megametales S.A., para conocer como cada colaborador se siente, y si está alineado a los objetivos que persigue la empresa; esto no solo va a permitir visualizar la capacidad de desempeño de cada colaborador, sino ver, que provoca que no haya un crecimiento integral, y desemboque en que la ética organizacional no pueda ser la óptima.



Del 100% de los encuestados que son 64 personas, 31 representan el 48,15% indican que el ambiente laboral es muy bueno, mientras que el 29,63% que representan a 19 personas, dicen del ambiente laboral que es bueno, solo el 18,52% que son 12 empleados se mantienen neutrales ante este cuestionamiento, y solo 2 indican que el ambiente laboral es muy malo.

Los resultados arrojados tanto a nivel de las encuestas como de las entrevistas para ambas empresas indican lo siguiente:

Para la empresa "**Multicentro Centro Ferretero Daule**", se pudo evidenciar que su clientela se encuentra satisfecha con la atención brindada, sin embargo, si hubo un pequeño segmento de clientes que destacaron esperar mejoras en factores como; el tiempo de atención, la calidad de atención, la calidad de información y el estado actual de las instalaciones de espera de clientes.

Razón que deja entrever, lo importante de que se tomen medidas paliativas para poder mitigar este factor, que podría incidir en el flujo de ventas actual, que se ha visto segmentado por la competencia actual, es por ello que es imperativo, tomar medidas que brinden soluciones optimas a esta problemática detectada.

No cabe duda que una mejor imagen, basada en los canales digitales es necesaria, debido al auge tecnológico del momento, este nicho de mercado podrá ser crucial para la captación de nuevos clientes y una mejor estrategia visual para que la organización pueda darse a conocer.

El análisis arrojado para "**MegaMetales S.A.**", indica que si bien un buen porcentaje de empleados perciben de manera general un buen clima de trabajo y una buena dirección de parte de la actual administración, se pudo evidenciar que una pequeña parte o se obtenían de adjudicar de manera favorable esa percepción, una pequeña parte mostraban un descontento con las actuales políticas, esto denoto que es necesario un plan para mitigar y evitar se fraccione actualmente el clima laboral, lo que hace totalmente imperativo, el uso de estrategias para un buen desenvolvimiento de esta organización

Por lo tanto, se pudo determinar que es necesario una intervención, que ayude a la gerencia a poder tomar decisiones acertadas, para manejar adecuadamente esas inconformidades que algunos empleados poseen.

ALTERNATIVAS DE SOLUCIÓN

A continuación, se muestran los parámetros en los que se ha enfocado el estudio, los mismo que aplican para cada empresa de acuerdo a las necesidades que tenga cada una respectivamente.

Para la pequeña empresa Multicentro Ferretero Daule, se han considerado dos parámetros primordiales en los que se van a focalizar diferentes estrategias para poder mitigar los problemas en el corto y mediano plazo posible, los mismos son los siguientes:

Satisfacción al Cliente y Canales virtuales: dentro de este parámetro, se ha enfocado algunos indicadores que han permitido, identificar cuan satisfecho se encuentra el cliente con la oferta que la compañía brinda al público en general, también se diseñó indicadores que puedan aportar al crecimiento de los canales de comercialización virtuales, tanto como difusivos de la organización.

Es por ello que se ha enfocado en determinar las siguientes planeaciones estratégicas enumeradas como se muestran a continuación:

1. *Mejora de espacio físico de atención al cliente:* Si bien los indicadores fueron favorables, ya que muchos de los clientes son clientes frecuentes de zonas rurales, quienes no se sienten tan afectados, con la atención actual, más sin embargo el trabajo de campo realizado pudo visualizar algunas falencias en este proceso en relación a la actual competencia, lo que si evidenciaría que las estrategias que se pretenden aplicar van a lograr mejorar. Hasta en un 80% a 97% la efectividad de atención tanto en calidad como en tiempos para los clientes
2. *Sistema integral de políticas y procedimiento para espera de clientes:* Aunque no hubo quejas para mejorar los tiempos, se va a establecer días específicos para gestionar de manera eficiente el stock y que de esta forma no existan faltantes, está acción se realizará tanto en las tiendas físicas, como en las plataformas virtuales
3. *Implementación de página web con miras al comercio electrónico:* Se planteó la posibilidad de una mejora tecnología. La cual permita incluso realizar transacciones en línea, que permitan adquirir productos sin la necesidad de poder acercarse al local, o efectuar consultas sin necesidad de ir a la misma. La inversión en este rubro permitirá que exista un incremento en las ventas de hasta el 30% en el mediano plazo
4. *Capacitación y evaluación para personal de atención al cliente:* Contratar a un equipo especializado para que capacite a los empleados en temas específicos, estás capacitaciones se darán semestralmente, estas van a permitir, no solo que el cliente se sienta satisfecho, con un trato de calidad y calidez humana, sino que va a generar una buena imagen corporativa, mejorando los indicadores económicos de la misma
5. *Método SCRAMPER:* Este método va a permitir poder generar una lluvia de ideas o lo mismo que un banco de ideas que va a mejorar el proceso de atención al cliente que es sobre lo que se centra esta sección del estudio, para la compañía seleccionada
    a. Sustituir: Se centra en las partes del producto o servicio que pueden ser reemplazadas por otras. Durante este momento, el equipo debe concentrar su atención en tomar decisiones para saber cómo realizar esta sustitución
    b. Combinar: Se analiza la posibilidad de unir dos ideas o etapas del proceso en una sola más eficiente. Lo que pretende es obtener ideas innovadoras que conduzcan a fortalecer el mercado
    c. Adaptar: Busca lanzar ideas que permitan ajustar o modificar el producto para mejorar su calidad. Este ajuste puede implicar cambios menores o modificaciones radicales
    d. Modificar, minimizar, o magnificar: Esta técnica implica la modificación del proceso de forma que se resuelvan problemas y se mejore el producto o servicio
    e. Proponer: Saber cómo poner el producto o servicio para otro propósito. Esto es muy útil para aprender a cambiar un producto existente a otro público o segmento del mercado
    f. Eliminar: Busca encontrar partes del proceso que estén afectando el rendimiento del producto o servicio y que pueden ser causantes de demandas bajas
    g. Reordenar: La fase final tiene como objetivo, conocer las implicaciones que tendría cambiar el orden del proceso de producción o revertir parte de él, en busca de resultados más innovadores

MegaMetales S.A.; para esta mediana empresa los indicadores arrojados son variados, si bien actualmente basados en las visitas de campo realizadas, la empresa maneja muy bien su esquema comercial y de atención al cliente, sin embargo, nada es perfectible y se detectó pequeñas fricciones en el personal por lo cual para esta empresa se ha realizado una encuesta para medir el clima laboral actual, es importante poder determinar que sin clima laboral optimo, la organización tiende a que sus procesos no puedan ser de calidad, lo que se traduce en clientes insatisfechos y perdidas en los flujos de ventas.

Por lo tanto, para poder mitigar estos problemas se efectuarán las siguientes propuestas de políticas y procedimientos, necesarios para el clima laboral ideal.

1. *Capacitaciones integrales para relaciones interpersonales y de colaboración organizativa:* Hacer uso de capacitaciones que involucren técnicas ya estudiadas para poder capacitar al personal en ámbitos como las relaciones humanas, colaboración en grupo, trabajo en equipo, esto no solo va a motivar al empleado, sino que entre ellos se creará una mejor interacción, y una relación más apegada a los lineamientos que la organización espera de ellos
2. *Diseño de proceso de incentivos a empleados:* Promover la política de incentivos para que el empleado que realice la mayor cantidad de ventas, tanto en atención a clientes como en facturación, pueda obtener beneficios y se sienta motivado con un incentivo del 3% sobre el SBU y la publicación de su foto en la mampara de la organización

3. *Generador de incentivos y banco de ideas:* Se basa en poder motivar a aquellos empleados que aporten con ideas innovadoras que puedan mejorar procesos en algunas áreas, sobre todo en las que estén relacionadas con atención al cliente y la captación de los mismo, esta correlación brindará a los empleados poder desarrollarse, ser generadores de nuevas ideas y promulgar una visión orientada a las ideas
4. *Buzón de sugerencias y recepción de ideas:* Una técnica muy utilizada. La finalidad de esto, es poder conocer más sobre qué es lo que los empleados perciben en su clima laboral, y así tomar acciones que puedan apalear ciertas fricciones o incluso ideas que puedan aportar a mejorar áreas

Se recomienda que, cada una de estas políticas anteriormente expuestas se ejecuten en el siguiente orden:

- En el primer semestre del presente año se debería ejecutar la implantación de los indicadores para la mejoría de satisfacción al cliente, esto incluye lo listado a continuación
    - Capacitaciones
    - Implantación de nuevos módulos
    - Fase de análisis de la página web
- Para el segundo semestre del presente añose debería considerar la fase del desarrollo e implantación del proyecto de la página web, así como la app de comercio electrónico.

Todo lo anteriormente recomendado aplica para la pequeña empresa Multicentro Ferretero, mientras que a continuación se indican las recomendaciones para implementar el indicador de clima laboral para la compañía mediana MegaMetales S.A. la misma que se recomienda lo siguiente:

- En mayo del presente año se debe implementar el esquema de capacitaciones, el cual se recomienda que tenga una máxima duración de 1 mes, seguido en junio debe implementarse la política de incentivos con un plan piloto de 2 semanas y el mismo deberá ser implementado a mediados de Julio de del presente año.

Por lo tanto, se puede indicar que la aplicación de estas políticas, así como la planeación de las misma es un tentativo que hará que se puedan monitorear cada una de las fases a implementar, con la única ventaja de poder experimentando los beneficios que se esperan de las mismas.

Se puede indicar que cualquier PYMES de origen familiar, como las delimitadas en este proyecto, podrán hacer uso de algunos lineamientos genéricos que no están facultados a un presupuesto, este estudio brinda la posibilidad de generar un diseño estratégico en muchas áreas, pero por el complejo estudio de las mismas hemos basado en áreas prioritarias para las dos organizaciones elegidas.

4 CONCLUSIÓN

Si bien las PYMES a nivel global constituyen una base para la economía, y gran parte de estas son familiares, es necesario estar atentos al diseño organizacional que se va a desarrollar en las mismas, gracias a la investigación realizada se logró establecer un conjunto de soluciones orientadas, no solo para mitigar las fallas detectadas, dentro de este estudio, sino que se brindó una propuesta, variada y encaminada hacia la mejora de procesos actuales, así como, dar por sentado que estas van a aportar de manera significativa y sólida en el éxito financiero.

El aporte de este estudio se verá reflejado en la ejecución de metas en el menor tiempo posible, lo que va a mejorar, tanto el clima laboral, así como el crecimiento individual de cada colaborador, lo que a su vez va a permitir que la eficiencia de cada individuo aumente, incluso que cada uno esté capacitado en el manejo de diferentes herramientas tecnológicas.

Finalmente se puede concluir que el uso de nuevas técnicas metodológicas, van a generar no solo semilleros futuros, sino que van a crear un clima laboral donde la filosofía de trabajo en equipo, prime, esto es un indicador positivo que hará que la organización este alineada a los intereses del recurso humano, lo que va a repercutir en una mejor atención a clientes y a las actividades que cada colaborador de los diferentes niveles organizativos realiza. Además, es necesario entender que la correcta ejecución, análisis y control, del plan antes propuesto será de gran contribución a cada una de las PYMES de forma integral (de forma interna y externa de la empresa), lo que se verá reflejado en el crecimiento y sostenibilidad de las mismas a través del tiempo.

REFERENCIAS

[1] R. J. Herrera Guaítara, «Repositorio UTA,» 14 Diciembre 2011. [En línea]. Available: https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/1021/1/484%20Ing.pdf.
[2] K. Freemont E y R. James E, Administración en las organizaciones: enfoque de sistemas y de contingencias, McGraw-Hill, Ed., 1987, p. 754.
[3] G. H. García T y M. F. Villafuerte O., «Las restricciones al financiamiento de las PYMES del Ecuador y su incidencia en la política de inversiones,» Actualidad Contable Faces, vol. 18, nº 30, pp. 49-73, Enero-Junio 2015.
[4] C. R. Coronel D., «AIC,» 2021. [En línea]. Available: http://contadores-aic.org/las-empresas-familiares-en-ecuador/.
[5] Forbes Digital, «Forbes EC,» 22 Junio 2022. [En línea]. Available: https://www.forbes.com.ec/negocios/por-mcdonalds-tuvo-contundentes-perdidas-sus-ventas-aumentaron-seis-ciento-n28811.
[6] L. J. Filion, L. F. Cisneros y J. H. Mejía Morelos, Administración de PYMES: Emprender, dirigir y desarrollar empresas, Primera ed., PEARSON, 2011, p. 536.
[7] G. Coba, «El 53% de las empresas familiares en Ecuador ganó menos en 2020,» 2021.
[8] INEC, «Instituto Nacional de Estadísticas y Censos,» 2021. [En línea]. Available: https://app.powerbi.com/view?r=eyJrIjoiZTM4MTU3NzgtOGE2YS00MDcxLThiYzYtNDE0NzFmOTNhODBiIiwidCI6ImYxNThhMmU4LWNhZWMtNDQwNi1iMGFiLWY1ZTI1OWJkYTExMiJ9.
[9] Asamblea Nacional Constituyente, «Asamblea Nacional República del Ecuador,» 20 Octubre 2008. [En línea]. Available: https://www.asambleanacional.gob.ec/sites/default/files/documents/old/constitucion_de_bolsillo.pdf.
[10] G. Vega-Malagón, J. Ávila-Morales, A. J. Vega-Malagón, N. Camacho-Calderón, A. Becerril-Santos y G. E. Leo-Amador, «Paradigmas en las Investigación. Enfoque Cuantitativo y Cualitativo,» European Scientific Journal, vol. 10, nº 15, Mayo 2014.
[11] Superintendencia de Compañías, Valores y Seguros, «Superintendencia de Compañías, Valores y Seguros,» 2022. [En línea]. Available: https://appscvsconsultas.supercias.gob.ec/rankingCias/.
[12] EMIS, 1 Enero 2021. [En línea]. Available: https://www.emis.com/php/company-profile/EC/Multicentro_-_Ferretero_SA_es_8175146.html.

International Journal of Innovation and Applied Studies
ISSN 2028-9324 Vol. 39 No. 2 Apr. 2023, pp. 536-537
© 2023 Innovative Space of Scientific Research Journals
http://www.ijias.issr-journals.org/

Hypoasthesia lip caused by protective mask: A case report

Anjali Sharma[1] and Tushar Sharma[2]

[1]MDS periodontics, Sharma dental clinic and implant centre New Delhi, India

[2]MS ENT, VMMC and Safdarjung Hospital, New Delhi, India

Copyright © 2023 ISSR Journals. This is an open access article distributed under the ***Creative Commons Attribution License***, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

ABSTRACT: We report a case of unilateral mental nerve hypoesthesia following prolonged wearing of mask causing numbness of lower lip and chin. In this case, patient is reassured and advised to avoid injuries to the mouth and lips till they are numb. However, specific treatment is not required.

KEYWORDS: Hypoasthesia, lip, protective mask.

BACKGROUND

Paresthesia is defined as a sensory disturbance with clinical manifestations such as burning, prickling, tingling, numbness, itching or any deviation from normal sensation [1]. Whereas hypoesthesia is defined as a decrease in normal sensation. Hypoesthesia can occur when any kind of injuries cause damage to the nerve fiber. The causes of injury are direct injury from needle injection around the nerve fiber, mechanical injury including indirect pressure, and toxicity of local anesthetic agents [2].

The mental nerve passes through the mental foramen and innervates the soft tissues of the chin, lower lip, and gingiva on the ipsilateral side of the mandible with sensory innervations [3]. We report a first case of unilateral mental nerve hypoesthesia following prolonged wearing of N100 mask causing numbness of lower lip and chin.

HISTORY AND CLINICAL FEATURES

A female patient of age 32 years, who is a dental professional too presented to the clinic complaining of numbness of her chin and right lower lip since 1 month. She also complained about feeling weird when chewing. She described her sensations as similar to the numb feeling after dental treatment under local anesthesia. The area of numbness corresponded to the area of innervations of the right mental nerves. There wasn't any relevant family history. There was not any past or present relevant medical history. There was not any history of trauma. Patient gave history of wearing N 100 face mask to protect herself from SARS-COV-2 in dental operatory for 3-4 hours daily from past 1 month. On examination, temperature and pain sensation were intact on left side but she complained of mild hypoesthesia of touch and pain on the right lower lip. There was no abnormality in the motor function of the lip. There wasn't any abnormal finding in the oral cavity as well as radio graphically. She was advised to shift on double surgical mask/n95 in spite of N99 mask. The patient was treated by oral administration of methylcobalamin and vitamin B1. She was recalled after a week for follow up. The numbness at the right side of her face was also regressed gradually from her chin to a small area under the right side of her lower lip after 1 week. The symptoms resolved completely after 2 weeks. An informed consent was taken from the patient for reporting the case.

Corresponding Author: Anjali Sharma

DISCUSSION

Facemasks and respirators are important parts of personal protective equipment for health care workers in hospitals as well as for civilians during SARS COV 2 pandemic outbreak. Though wearing mask is recommend and it has protective function, it has negative effects as well on prolonged wearing. Long duration wearing of N95 respirator may induce physiological stress on the wearer, making regular tasks more challenging, and causes headaches among healthcare providers [4].

The mental nerve is the mandibular division of the trigeminal nerve (cranial nerve V), which innervates the anterior part of the jaw, lower lip, labial gingiva, and premolars. Mental nerve starts from the mental foramen of the mandible and is divided into a branch leading to the jaw and two further branches which supplies the skin and mucous membrane of the lower lip [5]. In this case, the patient experienced numbness of the right lower lip and chin. These symptoms indicate a mental nerve injury. The ipsilateral numbness of lower lip and chin has occurred which can be due excessive pressure applied due to tight grip of mask on the mental foramen leading to nerve compression which resulted in hypoesthesia. Compression of the area can lead to mechanical deformity or ischemic injury of the nerve. Cases of mental nerve injury followed by extended face anesthesia mask time of more than 30 min [6], tight seal of anesthetic mask due to difficult airway [7], or compression of adjuvant tissue by oropharyngeal airway [8] support this hypothesis.

CONCLUSION

In this case, patient is reassured and advised to avoid injuries to the mouth and lips till they are numb. However, specific treatment is not required.

KEY FINDING

Tight fitting protective mask prolonged use can lead to compression of mental nerve.

ACKNOWLEDGEMENT

I would like to thank my co-author Dr Tushar Sharma for insightful discussion about the case as well as for helping me for assistance in reporting the case.

REFERENCES

[1] Zmener O. Mental nerve paresthesia associated with an adhesive resin restoration: a case report. J Endod 2004; 30: 117-119.
[2] Moon S, Lee SJ, Kim E, Lee CY. Hypoesthesia after IAN block anesthesia with lidocaine: management of mild to moderate nerve injury. Restor Dent Endod. 2012; 37 (4): 232-5.
[3] Woodbum RT. Essentials of human anatomy. 4th ed. New York: Oxford University Press, 1969: 217.
[4] Zhu JH, Lee SJ, Wang DY, Lee HP. Effects of long-duration wearing of N95 respirator and surgical facemask: a pilot study. J Lung Pulm Respir Res. 2014; 1 (4): 97–100.
[5] Ahmad M. The anatomical nature of dental paresthesia: a quick review. Open Dent J 2018; 12: 155-9.
[6] Bhuiyan MS, Chapman M. Mental nerve injury following facemask anesthesia. Anaesthesia 2006; 61: 516-7.
[7] Lorentz A, Podstawski H, Osswald PM. Numbness of the lower lip following general anesthesia). Anaesthesist 1988 37: 381-3. German.
[8] Gimmon Z. Neuropraxia of the mental nerve. Anaesthesia 1988; 43: 613.

International Journal of Innovation and Applied Studies
ISSN 2028-9324 Vol. 39 No. 2 Apr. 2023, pp. 538-545
© 2023 Innovative Space of Scientific Research Journals
http://www.ijias.issr-journals.org/

How Hotel Could Design Community based Corporate Social Responsibility from the Community Perspectives: A case study from Phuket, Thailand

Bussalin Khuadthong[1], Azilah Kasim[2], Piangpis Sriprasert[3], and Kirathakon Boonrod[4]

[1]Hospitality Industry Management, Faculty of Management Sciences, Nakhon Si Thammarat Rajabhat University, Nakhon Si Thammarat, Thailand

[2]School of Tourism, Hospitality and Event Management, Universiti Utara Malaysia, Sintok, Malaysia

[3]Hospitality Industry Management, Faculty of Management Sciences, Nakhon Si Thammarat Rajabhat University, Nakhon Si Thammarat, Thailand

[4]Hospitality Industry Management, Faculty of Management Sciences, Nakhon Si Thammarat Rajabhat University, Nakhon Si Thammarat, Thailand

Copyright © 2023 ISSR Journals. This is an open access article distributed under the ***Creative Commons Attribution License***, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

ABSTRACT: This paper looks at the way how the hotel sector investigates the community perspectives before starting the community-based corporate social responsibility (CSR) activities. This study starts from presenting case studies of some countries that tourism and hospitality industry is one of the drivers of economic growth and prosperity but the communities still have many unresolved problems. This might be because some community-based CSR projects failed to meet community needs and expectations due to the lack of attempt to understand community perspectives before starting the projects. Therefore, the purpose of this study is to stimulate the hotel sector to start the community-based CSR from investigating community' needs. Better understanding and transforming community' needs into CSR planning and practices can help the hotel sector to cooperate and work with local residents to achieve the CSR goals. This study aims to get information from all three districts in Phuket. Therefore, the multi-stage sampling technique was used because it is useful when individuals of interest are geographically dispersed. In-depth interviews and content analysis were used to collect information and analyze data from eighteen senior managers of five-star hotels in all areas of Phuket. The study's findings identify the way that the hotel sector apply to investigate the need of the target communities for hotels' community-based CRS. This study also presents the way that communities apply to inform their problems to the hotel sector.

KEYWORDS: Corporate Social Responsibility; Community-based CSR; Community perspectives; Hotel industry; Five-star hotels.

1 INTRODUCTION

The hotel industry has awareness in applying the corporate social responsibility (CSR) concept since the concept was first introduced in 1950s [1] and after that CSR has become an important component of management practice in the hotel industry [2-4]. The concept has been applied to show responsibilities as good corporate citizens by being becoming involved in solving social and environmental problems, and also enhancing community well-being in which they operate [4-5]. In the past, the idea of CSR was used in large companies which operated in the multinational sphere [3]. However, more recently, the term CSR is not limited to large hotels or the multinational companies; it also applicable to any business organization of any size. In the field of the tourism and hospitality industry, the hotel is the best sector for the achievement of business practice through CSR ideology because it is not only responsible for large hotels to implement the CSR concept but it has been implemented in all hotel sizes [6]. However, several problems occur because some community-based CSR projects may fail to meet community needs and expectations due to the lack of attempt to understand community perspectives.

In Maldives for example, tourism is the largest sector of the Maldives' economy contributing income and generating employment in the country. At the same time the sector is more socially responsible [7]. However, the most significant problems are the lack of an adequate vision as well as a shortfall in planning, regulation and consultation with communities. Consequently, most CSR activities are rather planned based on what companies believe is best rather than based on consultation with the local communities. For instance, the environmental problems in Maldives are not dealt with by harnessing the community knowledge and awareness. Hence the local awareness of the link between social, economic, and environmental issues could not contribute towards mitigating the problems due to an apparent lack of the social and economic skills needed to act, coupled with poor understanding of alternative options. In this matter, both firms and communities should cooperate to solve environmental problems [8].

In India, the tourism industry has become as a significant component of economic development because it can generate foreign source income to the country [9]. Multinational Enterprises (MNEs) have a long relationship with India and also are more likely to run businesses incorporating the CSR concept by providing community and country development [10]. However, there is a lack of consensus, results in duplication of each other's efforts on similar projects in the same locations of urban areas which further results in generating a competitive spirit between the local agencies rather than a collaborative approach. As a result, the impact of such projects does not reach the needy and the poor in the rural areas. If each company has communicated with their target communities before starting project, then there would be no duplicate CSR initiatives in the same area, moreover it can spread prosperity to rural areas where basic facilities and services are still lacking [11].

In Egypt, tourism is a crucial part of the Egyptian economy which acts as an engine of economic development. In term of CSR, there is a mismatch or a fallen expectation between the kind of CSR projects delivered by MNEs and the expectations from community. MNEs are not clear of what is expected from them in terms of their social responsibility towards the community. For example, some companies gave the school bags but the community replies that they do not want school bags but instead to be employed in the company. This scenario often creates barriers in implementing CSR initiatives [12].

The above examples strongly indicate that although the tourism and hospitality industry is one of the drivers of economic growth and prosperity, its efforts may have been insignificant in improving the quality of life of the local community. Thus, businesses must look deeper into perspectives and expectations of their stakeholders [13] because CSR is a process that enables the creation of a more sustainable existence for both corporations and communities [14]. Therefore, in this paper, the researchers aim to present the ways how the hotel sector investigates the community perspectives before starting the community-based CSR activities. This research focuses on community-based CSR in five-star hotels because there is a positive link between the size of companies and level of CSR practices which indicates that large companies are more likely to engage in CSR activities [15]. In addition, community concern is one of the important parts of the hotel industry, especially five-star hotel's CSR [16]. The research area of this study is Phuket because Phuket is the most popular tourist destination of Thailand and many five-star hotel brands in Phuket [17].

2 LITERATURE REVIEW

2.1 COMMUNITY-BASED CORPORATE SOCIAL RESPONSIBILITY (CSR)

The Corporate Social Responsibility (CSR) concept is not new but it was not until recently that CSR became an important concept in many organizations. Since the CSR concept has emerged on the belief that business sector should be socially responsible, then CSR has progressively become known as a relevant issue in the corporate world [18]. CSR is the commitment by companies to act ethically and contribute to economic development, while improving the quality of life of employees, families, and the local community at large [19]. Recently businesses have become more actively involved in the community-based CSR because businesses prosperity tends to be linked to the well-being of the local communities in which businesses are situated [20]. All businesses have tried to show their responsibilities as good corporate citizens in host communities by becoming involved with community-based CSR to enrich the lives of citizens around organizations and also for business success. As stated by Bjorn Stigson, Chairman of the World Business Council for Sustainable Development (WBCSD) "Business cannot succeed in a society that fails" [21].

2.2 THE ROLE OF MULTINATIONAL ENTERPRISES (MNES)

MNEs carry on business operation in two or more countries. Generally, the headquarters of MNEs are located in their home countries but their activities like exporting, importing, and manufacturing are spread over in other different countries [22]. Then, MNEs have a role in global development not only through capital investment, but more importantly, by investing in human capital and providing residents with the tools to drive their own economic development [23]. There have been

increasing demands on MNEs to provide community-based CSR and assistance to their host communities, particularly in developing countries. International firms and MNEs are increasing with respect to societies and the communities in which they operate. MNEs are acting not simply as economic agents but also as moral agents, being good corporate citizens in host countries able to bring benefits to society and the environment, while at the same time improving their competitiveness and differentiation strategies [24].

The top fifty MNEs in seven Asian countries and found that CSR adoption varied considerably among the countries. However, multinational companies were more likely to adopt CSR than those solely operating in their home country [25]. Thus, community-based CSR activities cannot copy from the corporate headquarters located in their home countries because different areas have different problems. Therefore, companies need to consult with residents because people in community can give real information which is more useful for companies to plan community-based CSR projects.

2.3 COMMUNITY PERSPECTIVES ON CSR

Different societies have different views and problems, community-based CSR practices must have contextual characteristics, depending upon community features [26-27]. The interpretation and application of CSR need to be subjected to each country's individual context and situation [28-29]. Then, the challenge for business is to understand how community-based CSR is socially constructed in a specific context, and how to take into consideration. Companies should consider and understand the local context, needs, requirements, perspectives, perception, expectations, and preferences before starting CSR projects or developing business strategies [30]. It is a logical thing to reduce conflict by including the perspectives of societies and communities into planning process, community engagement programs, corporate philanthropic activities, corporate volunteering, and also sustainable manners [7]. Moreover, CSR strategies are generally considered best developed in consultation with salient stakeholders in local communities because a better understanding of community needs, perspectives, historical background, demographics interests, socio-economic, economic systems, political circumstances, and also adaptive strategies can shape appropriate CSR strategies [31-34].

Thus, companies need to consult with residents because people in community can give real information which is more useful for companies to plan community-based CSR projects. Furthermore, companies can evaluate their social performance and measure of the impacts toward stakeholders [35-36], mainly the community that are being engaged with and it is also useful for businesses to reassess their position on community-based CSR practices for more effective implementation plan [37].

2.4 THE ENGAGEMENT OF THE HOTEL SECTOR IN COMMUNITY-BASED CSR

This review is about the hotel sector that can be categorized as a part of MNEs. MNEs in the tourism and hospitality industry have become as an important role in developing countries, not only through capital investment, but also through investment in human capital by providing residents with the tools to drive their own economic development [38]. Therefore, the hotel industry is often a part of a wider solution to international development and poverty reduction by giving people the opportunity to work, offering plenty of new careers and creating prosperous societies. Moreover, community development is one of important part of hotel's CSR because it can grant businesses a social license to operate [39-40]. For example, Hilton Hotels Corporation has more than 4,200 properties in 93 countries around the world of which are all working to strengthen their communities by creating opportunities for careers, supporting local suppliers and human rights, respecting and adapting to cultures, and also by incorporating sustainable development in all areas of its business operation [41]. Another example is Marriott International launched "Spirit to Serve Our Communities" which is to help communities through financial contributions, in-kind giving and associate volunteerism [42].

Therefore, there can be no doubt that hotels' CSR have had a substantial reach to the global and local environments as well as the surrounding communities.

3 MATERIALS AND METHODS

In-depth interviews were used to collect qualitative data from eighteen senior managers of five-star hotels in Phuket. The multi-stage sampling technique was used in this study to divide the population into clusters and everyone within the chosen cluster is sampled. 1) Purposive sampling technique was used to select only five-star hotels that were involved in community-based CSR because not all of these hotels have been involved in community-based CSR. This study separated the five-star hotels involved in community-based CSR from the total population by relying on published information, if no published

information existed, then phone verification was required to ask if the hotel was involved in community-based CSR. 2) Stratified sampling technique was applied to select respondents from all three districts of Phuket. 3) Simple random sampling with a lottery method was applied. All hotels' names that were involved in community-based CSR in each area were put into a box, and five hotels in each area were randomly selected. In total, fifteen senior managers of five-star hotels in three districts were determined to become informants. 4) Snowball sampling was also applied because during the interview, some HR (Human Resource) managers gave contact details of the person in other hotels that are in charge of CSR, and then the researcher called to make an appointment with them and three more hotels were added. Finally, there were eighteen senior managers participated in the study. Table 1 depicts the actual sample size, list of hotels that were interviewed, and hotel types.

Table 1. The actual sample size, list of hotels that were interviewed, and hotel types

Districts	Actual sample size	Five-star hotels that were interviewed sort by interview dates	Hotel types
1. Mueang Phuket district	5	1. Le Meridien Beach Resort Phuket 2. Kata Rocks Resort & Residences 3. Amatara Wellness Resort 4. Club Med Phuket 5. Sri Panwa Phuket Hotel	International hotel chain Independent hotel Independent hotel International hotel chain Independent hotel
2. Kathu district	7	1. Phuket Marriott Resort & Spa, Merlin Beach 2. Swissotel Resort Kamala 3. Hyatt Regency Phuket Resort 4. Wyndham Sea Pearl Resort Phuket 5. La Flora Resort Patong 6. Amari Phuket 7. Grand Mercure Phuket Patong	International hotel chain International hotel chain International hotel chain International hotel chain Independent hotel International hotel chain International hotel chain
3. Thalang distri	6	1. JW Marriott Resort & Spa Phuket 2. Renaissance Phuket Resort & Spa 3. Banyan Tree Phu 4. Dusit Thani Laguna Phuket 5. Twinpalms Phuket Resort 6. Sala Phuket Resort and Spa	International hotel chain International hotel chain International hotel chain International hotel chain Independent hotel Domestic hotel chain
3 districts		**18 Samples**	**12 International hotel chains** **1 Domestic hotel chain** **5 Independent hotels**

Based on the table above (Table 1), it can be concluded that 18 senior managers of five-star hotels were interviewed comprised of 12 international hotel chains, 1 domestic hotel chain, and 5 independent hotels.

4 RESULTS

This study utilizes content analysis to analyze data from in-depth interviews which hotels' senior managers were determined to be the key informants for qualitative data. The majority of the informants mentioned that their hotels' community-based CSR projects were designed from the target community perspectives. The informants mentioned the various ways to know the perspectives of communities which are enumerated as below.

4.1 SURVEYING COMMUNITY PERSPECTIVES THROUGH RESIDENTS

Most informants of the hotels that created CSR activities by their own mentioned that the hotels always explore community perspectives before implementing the project. Community leaders and residents have been given the chance to reflect problems to hotels' employee benefits committees that are responsible to collect information about community perspectives for CSR planning. For example, human resources manager, JW Marriott Phuket Resort & Spa said "*The hotel has cooperated with International Union for Conservation of Nature (IUCN) to explore communities' problems, strengths and weaknesses to create sustainable community development projects by promoting the strengths and solving the weaknesses of the target communities*. *For short-term CSR activities such as donations to schools, hospitals, orphanages, and nursing homes, hotel always ask for what their need before donating*".

4.2 Inviting Stakeholders To Have A Meeting At Hotels

For hotels' community-based CSR activities that involved with multi-stakeholder, a representative from each of the stakeholder groups was invited to attend the meeting at hotels. Director of human resources, Renaissance Phuket Resort & Spa said "*Hotel invited representative from the government sector, business sector, other hotels, and especially community leaders to have a meeting about CSR projects at the hotel. The community might be hesitant to the hotel business, thus, they were invited to plan for CSR projects and also to see how the hotel can benefit to the communities*".

4.3 Sending Invitation Letter To Communities To Participate In Hotels' CSR Activities

In some projects which activities had been created, invitation letters for participation were sent to community leaders. For example, area CSR manager, Banyan Tree Phuket said "*The hotel sent invitation letters to the target communities to invite them to participate in empowering young adults via vocational training project*".

4.4 Inviting Hotel Representatives To Have A Meeting At Communities

For some CSR activities of the government sector, hotel representatives were invited to attend the meeting with other stakeholders to acknowledge the community issues and find support. For example, human resources manager, Sala Phuket Resort and Spa said "*Mai Kaow sub district administrative organization created a four years plan for community development which hotels were invited to the meeting to discuss about communities' problems and supports*".

4.5 Sending Requests To Hotels

Hotels received the requests by phone, letter, or walk in. For example, director of human resources, Amatara Wellness Resort said "*Official letter from Baan Panwa School was sent to HR office to invite hotel's chef to arrange cooking class for students*". Human resources manager, Twinpalms Resort Phuket said "*There were many times that community leaders walked in to HR office to ask for hotel's support*".

5 Discussion

Many informants of international hotel chains mentioned that the hotels knew community needs before designing community-based CSR activities. Some activities, hotels started from investigating community needs and perspectives, while, some activities, community leaders or the government sector sent the requests to HR department. For community-based CSR that created by the hotels, all informants said that the hotels contacted to community leaders and some projects also asked residents about their needs before starting CSR projects. Otherwise, the projects would not be beneficial if the target communities do not need. As many studies suggested that local context, needs, requirements, perspectives, perception, expectations, and preferences should be considered before starting CSR projects because people inside community can give real information which is more useful for planning the projects [7, 26-27, 30-31, 32-37]. In addition, informants of international hotel chains also said that the hotels cannot copy CSR activities from the corporate headquarters in their home countries because different areas have different problems. CSR activities required in developing countries context can be quite different from the developed countries context. Hence, considering the needs of the target communities always help businesses to identify the particular CSR activities for each community [26, 29]. For example, apart from Standard Operating Procedures (SOPs) which help the hotel sector to maintain the quality and consistency of service, all informants of Marriott brand also mentioned to Local Standard Operating Procedures (LSOPs) which help to remind all Marriott hotels to combine local context with SOPs for creating better projects. Hotel's employee benefits committees and IUCN worked together on some projects to collect information about the problems, needs, and perspectives of the target communities, and then bring the results for planning CSR projects. Therefore, it can be concluded that international hotel chains cannot bring all CSR activities from the corporate headquarters to apply with all of their hotels in abroad but each hotel should communicate with local communities to create community-based CSR activities that meet the needs of residents.

From the research results, it can be concluded that there were three methods that international hotel chains used for investigating community perspectives: surveying community perspectives through residents, inviting stakeholders to have a meeting at hotels, and sending invitation letter to communities to participate in hotels' CSR activities. Some projects were created from community requests. There were two methods that communities used for informing their needs: inviting hotel representatives to have a meeting at communities, and sending requests to hotels. People have thought and acted differently.

Human recognition depends on internal factors include physiological factor, psychological factor, past experience, and external factors [43]. For domestic hotel chain and independent hotels, they have never done any survey on communities' needs and perspectives because they rarely created CSR activities. Therefore, international hotel chains tend to give more importance to community perspectives than domestic hotel chain and independent hotels because international hotel chains created community-based CSR by their own.

6 CONCLUSION

This study provides wide insights from senior managers of five-star hotels in all three districts of Phuket province. The results can be concluded that many community-based CSR projects started from community perspective surveys. There were five methods that hotels and communities used for investigating and informing perspectives, which include surveying community perspectives through residents, inviting stakeholders to have a meeting at hotels, sending invitation letter to communities to participate in hotels' CSR activities, inviting hotel representatives to have a meeting at communities, and sending requests to hotels. Different stakeholders have different perceptions and perspectives. Therefore, the selection of methods may depend on experience and CSR activities that have been done or received which each method was been chosen as appropriate in each case.

ACKNOWLEDGMENT

I would like to thank the eighteen senior managers of five-star hotels in all the three districts of Phuket. This study would not have been possible without their generous time and support.

REFERENCES

[1] Valentin, D. (2018). Relationship Between Corporate Social Responsibility, Environment Management, and Profitability (Doctoral dissertation). Available from ProQuest Dissertations and Thesis database. (UMI No. 10811167).

[2] Calveras, A. (2014). Corporate Social Responsibility Strategy in the Hotel Industry: Evidence from the Balearic Islands. International Journal of Tourism Research, 17, 399-408.

[3] Hailu, F. K., & Nigatu, T. F. (2015). Practices and Challenges of Corporate Social Responsibility (CSR) in the Hospitality Industry: The Case of First Level Hotels and Lodges in Gondar City, Ethiopia. Journal of Tourism & Hospitality. 4 (5), 184-194.

[4] Leslie, D. (2016). Tourism Enterprise and the Sustainability Agenda across Europe [Google Books Version]. Retrieved 6th February 2017, from https://books.google.co.th/books?hl=en&lr=&id=6kCgCwAAQBAJ&oi=fnd&pg=PA93&dq=Bohdanowicz+%26+Zientara&ots=fRxKacLLcv&sig=4N_98zWXNS6pm_BWNQApeKdziAc&redir_esc=y#v=onepage&q=Bohdanowicz%20%26%20Zientara&f=false.

[5] Serra-Cantallops, A., Peña-Miranda, D.D., Ramon-Cardona, J., & Martorell-Cunill, O. (2017). Progressin research on CSR and the hotel industry (2006-2015). Cornell Hospitality Quarterly, 59 (1), 15-38.

[6] Garay, L., & Font, X. (2011). Doing Good to Do Well? Corporate Social Responsibility Reasons, Practices and Impacts in Small and Medium Accommodation Enterprises. International Journal of Hospitality Manage, 31, 329-337.

[7] Giampiccoli, A., Abdul Muhsin, B. A. & Mtapuri, O. (2020). Community-Based Tourism in the case of the Maldives. GeoJournal of Tourism and Geosites, 29 (2), 428-439. Doi: 10.30892/gtg.29204-479.

[8] Shareef, F., & Sodique, H. (2010). Corporate Social Responsibility Practices in Maldives. Retrieved 7th December 2016, from http://maldivesindependent.com/files/2015/03/UNDP-Corporate-Social-Responsibility.pdf

[9] Ferus-Comelo, A. (2014). CSR as corporate self-reporting in India's tourism industry. Journal of Social Responsibility, 10 (1), 53.

[10] Narul, R. & Pineli, A. (2019). Improving the developmental impact of multinational enterprises: policy and research challenges. Journal of Industrial and Business Economics, 46, 1–24.

[11] Jafri, Q. A. (2018). Corporate Social Responsibility in India: Triumphs and Failures. Retrieved 23rd December 2020, from https://blog.ipleaders.in/csr-triumphs-failures/.

[12] Barsoum, G., & Refaat, S. (2015). We don't want school bags: Discourses on corporate social responsibility in Egypt and the challenges of a new practice in a complex setting. International Journal of Sociology and Social Policy, 35 (5/6), 390-402.

[13] Jeon, M. A., & An, D. A. (2019). study on the relationship between perceived CSR motives, authenticity and company attitudes: A comparative analysis of cause promotion and cause-related marketing. Asian J. Sustain. Soc. Responsib., 4, 7.

[14] Ghosh, K. (2017). Corporate reputation, social performance, and organizational variability in an emerging country perspective. Journal of Management and Organization, 23 (4) 545-565. Doi:: 10.1017/jmo.2016.25.
[15] Waluyo, W. (2017). Firm size, firm age, and firm growth on corporate social responsibility in Indonesia: The case of real estate companies. European Research Studies Journal, 20 (4): 360-369.
[16] Siripanpong, P. (2018). Corporate Social Responsibility (CSR) of Hotel and Accommodation in Phuket Province. Journal of Humanities And Social Science. 3 (3).
[17] Barnett, B. (2019). Phuket hotel sector set for perfect storm as supply and demand fundamentals become unbalanced. Retrieved 23rd December 2020, from https://issuu.com/thephuketinsider/docs/phuket-hotel-market-update-2019-07.
[18] Dos, A. (2017). Multi-criteria decision methods for CSR management –literature review. Managerial Economics, 18 (1), 63–86. Doi: http://dx.doi.org/10.7494/manage.2017.18.1.63.
[19] Kotler, P., & Lee, N. (2005). Corporate Social Responsibility. Hoboken, NJ: John Wiley & Sons.
[20] Schaltegger, S., Burritt, R. (2018). Business cases and corporate engagement with sustainability: Differentiating ethical motivations. J. Bus. Ethics, 147, 241–259.
[21] Banyan Tree Global Foundation. (2015). Business cannot succeed in a society that fails. Retrieved 23rd December 2020, from https://www.banyantreeglobalfoundation.com/our-society/.
[22] Essien, E. E., & Inyang, A. B. (2017). Corporate social responsibility of multinational corporations and the development of the Niger Delta region of Nigeria. International Journal of Asian Social Science, 7 (11), 898-903. Doi: 10.18488/journal.1.2017.711.898.903
[23] Dodds, R., & Butler, R.W. (2019). Overtourism: Issues, Realities and Solutions. Berlin: Walter de Gruyter.
[24] Ling, Y. (2019). Cultural and contextual influences on corporate social responsibility. Cross Cultural & Strategic Management, 26 (2), 290–310. Doi: http://dx.doi.org/10.1108/CCSM-02-2018- 0024.
[25] Chapple, W., & Moon, J. (2005). Corporate social responsibility in Asia: a seven-country study of CSR website reporting. Journal of Business and Society, 44 (4), 415-441.
[26] Stanislavská, L. K., Pilaˇr, L., Margarisová, K. & Kvasniˇcka, R. (2020) Corporate Social Responsibility and Social Media: Comparison between Developing and Developed Countries. Sustainability, 12, 52-55.
[27] Wang, H., Gibson, C., Zander, U. (2020). Editors' Comments: Is Research on Corporate Social Responsibility Undertheorized. Academy of Management, New York: Briarcliff Manor.
[28] Urip, S. (2010). CSR Strategies: Corporate Social Responsibility for a Competitive Edge in Emerging Markets. Singapore: John Wiley & Sons (Asia).
[29] Visser, W. (2008). Corporate social responsibility in developing countries. In A. Crane, A. McWilliams, D. Matten, J. Moon, & D. Siege (Eds.), The Oxford Handbook of Corporate Social Responsibility (pp. 473-479). Oxford: Oxford University.
[30] Sivesan, S. (2019). Challenges of Sustainable Tourism in Ancient Cities: A Case Study Based on Kandy, Sri Lanka. Journal of Business Studies, 6 (1), 57-74.
[31] Rashid, A. (2018). The influence of corporate governance practices on corporate social responsibility reporting. Social Responsibility Journal, 14 (1), 20-39. Doi: 10.1108/srj-05-2016-0080.
[32] Aldashev, G., Jaimovich, E., & Verdier, T. (2018). Small is beautiful: Motivational allocation in the nonprofit sector. Journal of the European Economic Association, 16 (3), 730–780. Doi: https://doi.org/10.1093/jeea/jvx024.
[33] Andrews, N. (2016). Challenges of corporate social responsibility (CSR) in domestic settings: an exploration of mining regulation vis-a`-vis CSR in Ghana. Resources Policy, 47, 9-17.
[34] Essah, M., & Andrews, N. (2016). Linking or de-linking sustainable mining practices and corporate social responsibility? Insights from Ghana. Resources Policy, 50, 75-85.
[35] Feng, P., & Ngai, C. S. (2020). Doing More on the Corporate Sustainability Front: A Longitudinal Analysis of CSR Reporting of Global Fashion Companies. Sustainability, 12 (6), 2477.
[36] Venturelli, A., Caputo, F., Cosma, S., Leopizzi, R. & Pizzi, S. (2017). Are italian companies already compliant?. Sustainability, 9, 1385.
[37] Carroll, R., & Kachersky, L. (2019). Service fundraising and the role of perceived donation efficacy in individual charitable giving. Journal of Business Research, 99, 254–263. Doi: https://doi.org/10.1016/j.jbusres.2019.02.051
[38] Ertuna, B. (2019). Diffusion of sustainability and CSR discourse in hospitality industry Dynamics of local context. International Journal of Contemporary Hospitality Management, 31 (6), 2564-2581. Doi: 10.1108/IJCHM-06-2018-0464.
[39] Farmakia, A. (2019). Corporate social responsibility in hotels: a stakeholder approach. International Journal of Contemporary Hospitality Management, 31 (6), 2297-2320. Doi: 10.1108/IJCHM-03-2018-0199.
[40] Vanclay, F., & Hanna, P. (2019). Conceptualizing Company Response to Community Protest: Principles to Achieve a Social License to Operate. Land, 8, 101. Doi: 10.3390/land8060101.

[41] Silberman, J. (2014). 5 reasons youth groups should connect to hospitality companies, and vice versa. Retrieved 14th February 2017, from https://www.devex.com/news/5-reasons-youth-groups-should-connect-to-hospitality-companies-and-vice-versa-84481.
[42] Marriott International News Center. (2018). Marriott International Takes Spirit to Serve into the Communities. Retrieved 29th December 2020, from https://news.marriott.com/news/2018/05/31/marriott-international-takes-spirit-to-serve-into-the-communities.
[43] Pan, X.; Chen, X.; Ning, L. (2018). The roles of macro and micro institutions in corporate social responsibility (CSR). Manag. Decis, 56 (5), Doi: 10.1108/MD-05-2017-0530.

International Journal of Innovation and Applied Studies
ISSN 2028-9324 Vol. 39 No. 2 Apr. 2023, pp. 546-555
© 2023 Innovative Space of Scientific Research Journals
http://www.ijias.issr-journals.org/

The Effect of an Evidence-Based Intramuscular Injection Practice Training on Intern Students' Knowledge, Opinion and Injection Site Preferences: Semi-Experimental Study

Meryem Kiliç[1], Çisem Meteris[2], and Büşra Nur Kartal[3]

[1]Assistant Professor, SANKO University, Health Sciences, Gaziantep, Turkey

[2]Nurse, Hacettepe University Hospitals, Ankara, Turkey

[3]Nurse, Elazığ University Hospital, Elazığ, Turkey

Copyright © 2023 ISSR Journals. This is an open access article distributed under the ***Creative Commons Attribution License***, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

ABSTRACT: Intramuscular injections can be life threatening when applied to the wrong area. For this reason, safe areas should be preferred for injection application. This study is to evaluate the effectiveness of intramuscular injection training in the ventrogluteal region given to nursing students. The research was conducted with a single group using a semi-empirical pre-test, post-test design. The population of the study was composed of the senior nursing students (N=70) studying in Nursing Department of University. The data were collected with survey method. The students were given theoretical and skill training about the ventrogluteal region, and the students' knowledge, opinions and preference about the ventrogluteal region were questioned. Descriptive statistics, Wilcoxon and Friedman tests were used in the study. It was determined that the prejudices of the students about injection to VG region changed significantly and positively after the training (90.5%) and their information level increased ($p<0.05$), but the students had negative thoughts about their self-confidence and about the possible objection of the patients ($p>0.05$). After the training, eight students preferred the VG region, while 13 students applied injections to the dorsogluteal region. Although the knowledge level of the students about the ventrogluteal region has increased and their prejudices have changed positively, there are students who prefer the DG region.

KEYWORDS: Intramuscular, ventrogluteal region, injection, nursing student, evidence-based practice.

1 INDRODUCTION

It is very preferred among injection treatment methods. 95% of injections are made for therapeutic purposes [5]. IMI is a common treatment practice type applied frequently by nurses. It is extremely important to perform IMI correctly, especially intramuscularly. For injection practice, selecting an area away from nerve, blood vessels and bone protrusions is an important issue for the practice [23], [31]. Sterile abscess, tissue irritation, periostitis, muscle fibrosis and contracture, intramuscular bleeding and pain may occur at the injection site as a result of errors in injection [4], [6], [23].

In the literature, it is stated that injections made to the DG region, which is frequently used in injection sites, cause sciatic nerve injury. Sciatic nerve injury causes paralysis, foot drop and deformities in some cases [1], [14], [15], [16]. Although the literature indicates that all injection sites for IMI can be used in adults, evidence-based studies state that ventrogluteal (VG) region is the safest region since the thickness of subcutaneous tissue is lower than the other injection sites [7], [18]. it is far from the major nerves and blood vessels, the region is easily detected due to the possibility of determining bone protrusions, muscles in the region is large and developed [20], [21], [24].

In many studies, it is seen that clinical nurses and nursing students do not prefer the VG region at high rates. Nurses stated that they did not want to use this area because they thought it was not safe [3], [9], [25], [26], [29], [31], [32]. As the reason for this, nurses think that their knowledge level for VG region is not sufficient, they have never used this region, they do not know how to determine the region since the anatomic structure of the VG region is small, it is hard to position the patient

while determining VG region, they are afraid to harm the patient, patients are not used to this region and the patients will not allow them to use the region [3], [8], [10], [29], [31].

In addition, they stated that they do not prefer the VG region since they are used to other intramuscular injection sites, the patients will feel more pain if injection is made to the VG region, muscles in this region are not well developed, the region cannot be used in overweight and slim patients, they do not prefer VG region believing that the injector will touch the bone [3], [9 [, [29].

Despite all these, the studies on increasing the use of VG region have revealed that the training given to the nurses increases their knowledge levels and the use of VG region [3], [22], [30].

In the light of all these data, it is seen that injection administration to VG region, an evidence-based practice example, is not preferred much and the trainings are effective in preference of VG region. We believe that it will be effective in realizing the evidence-based nursing practices repeated in nursing intern/last year's education, which is one step before the working life. Therefore, in this study, we planned to evaluate the effect of the training of injection to VG region to the students by repeating it.

HYPOTHESES

H1: The training positively affects the students' views about VG region.

H2: The training increases the knowledge level of the students about VG region.

H3: The training increases the students' preference for VG region.

2 METHOD

2.1 STUDY DESIGN

The study design is interventional with single group, pretest and posttest.

2.2 TIME AND PLACE OF THE STUDY

The study was conducted in the spring semester of 2019-2020 academic year with the senior (intern) students of Nursing Department in the Faculty of Health Sciences of University in Turkey. In our Nursing Department, theoretical and skill training about the injection administration to VG region are given to the students in the 2nd year course of Nursing Fundamentals and Practices. The course of Nursing Fundamentals and Practices is 17 hours (5-hour theoretical, 4-hour laboratory and 8-hour clinical practice). The skill practices are given in groups of 10 people in the basic skills laboratory. Injection basic skill practice to VG region is shown on a model of injection to VG region. Internship practice in our school is made in the spring term of the 4th year. Intern students do internships in departments of Internal Medicine Nursing, Surgical Diseases Nursing, Paediatric Nursing, Psychiatric Nursing, Public Health Nursing, and Obstetrics and Gynaecology Nursing. The learning outcomes of each clinical internship are determined by the departments and internship study programs are made in accordance with the learning outcomes in clinical internships. In the clinics, internship training is carried out with patient care, diagnostic and therapeutic interventions, and professional skills and practices.

2.3 POPULATION AND SAMPLE

The population of the study consisted of 70 intern students studying in the final year of nursing department of the Health Sciences Faculty in University. Sample selection was not used. It was planned to reach the entire population. However, since the research period coincided with the COVID-19 pandemic period, 42 students were able to complete the study.

2.4 DATA COLLECTION TOOLS

Descriptive Characteristic Form: There are 5 questions (age, gender, graduated high school, order of preference, satisfaction with the choice of profession) including descriptive characteristics of the intern students in the first part.

VG Region Opinion Form: The form was prepared by the researchers by benefiting from the literature [3], [9], [19], [29], [31]. In the form, there are 16 items evaluating the opinions about injecting the VG region. A five-point Likert type measurement system will be used in the evaluation of the items. These are "I strongly agree", "I agree", "Undecided", "I

disagree" and "I strongly disagree". The assessment of the expressions about the opinions will be made as number and percentage. VG Region Information Form: The form was prepared by the researcher in line with the literature [21], [23], [24], [28]. It was prepared to measure the knowledge levels about the injection administration to VG region. In the form, there are 20 suggestions about VG region determination, to whom it should be applied, preferring in slim and obese individuals, what kind of drugs to be used, whether it is painful, the properties of the subcutaneous tissue in the region and the safety of the region. In the assessment of the suggestions, true/false options are used. 11 of these questions were prepared as "True" and 9 were prepared as "False". The students' true responses to the suggestions get 1 point and wrong responses get 0 point. Knowledge score will be calculated over a total of 20 points. 10 points denote "moderate" success. The evaluation will be made as below (<10) or above (>10) average.

At the beginning of the study, the students were informed about the purpose of the study and their consents for participating in the study were obtained. The pretest form was filled in the classroom and this process lasted for averagely 10-15 minutes. The forms were filled next to the researchers within averagely 10-15 minutes. While filling out the pretest form, there were 55 people in the classroom. Therefore, 55 people were included in the study. Theoretical training on injection administration in VG region was given to the students who were subjected to pretest. After the training, brochures on the subject were distributed to the students.

Since the students receive injection skill training in the second year and it is stated in the literature that problems are experienced in determining this region, determination of this region in particular was shown on a student who was not included in the study (Only the region was detected and displayed). Each student determined the area with his/her hand. The skill training made with demonstration method was provided in the clinics where the students did their internships. There were minimum 3 students and maximum 7 students in each training group. After the skill training, the students were given the opportunity to apply injection to VG region. However, due to the COVID-19 pandemic, the students were only able to go for practice for a week after VG region skill training. Since it was decided to conduct the education process of the students remotely in the world and in Turkey, the posttest of the study was applied to the students via an online survey 1 month after the training.

2.5 Statistical Analysis

The data were assessed using SPSS 24 package program. As descriptive statistics; mean and standard deviation or median and minimum-maximum values for continuous variables stated with measurement (age, VG region injection information score), frequency and percentage for qualitative variables (gender, graduated high school, order of preferring profession, satisfaction with profession, clinic where the internship was performed, injection practices, students' causes of not using VG region). Comparison of the answers before and after the training with the questions about VG region Friedman test and VG region knowledge test scores were analyzed using Wilcoxon signed ordinal number test.

2.6 Ethical Consideration

For the study, approval was obtained from University Clinical Trials Ethics Committee on 27.02.2020 (Session No: 2020/04, Decision No: 02). Participation in the study was based on volunteerism. This study was conducted in accordance with the Principles of Helsinki Declaration.

3 Results

Among 42 students participating in the study, 14.3% (6) were male, 85.7% (36) were female, the mean age was 22.28 (SD = 0.86 (min=21, max=24) and 71.4% (30) graduated from Anatolian and Science High School. 64.3% (27) of the students preferred the nursing profession as their 1st preference and 92.9% (39) were satisfied with their choice of profession, 52.38% were doing their internship in internal medicine clinics, and 47.62% were doing their internship in surgical clinics (Table 1).

Table 1. Descriptive Characteristics of the Students (N=42)

	Mean±SD (min-max)	
Mean age (year)	22.28±0.86 (21- 24)	
	N	**%**
Gender		
Male	6	14.3
Female	36	85.7
Graduated high school		
Regular high school	7	16.7
Anatolian and science high school	30	71.4
Vocational high School	4	9.5
Vocational school of health	1	2.4
The order of choosing the nursing profession		
1st Preference	27	64.3
2nd Preference	4	9.5
3rd Preference	4	9.5
4th and higher	7	16.7
Satisfaction with profession choice		
Yes	39	92.9
No	3	7.1
The clinic where the internship is done		
Internal medicine clinics	22	52.38
Surgical clinics	20	47.62

It was found that 92.9% (39) of the students made IMI during the training process. Of the students, 65.3% (27) wanted the theoretical training about IMI practices to be repeated and 78.6% wanted the skill training to be repeated. During the school education, students made injections mostly to the dorsogluteal (85.7%) and rectus femoris (93.8%) regions among IMI practices and only 2 students stated that they applied injection to VG region in this period. The reasons for students not to prefer VG region were as follows; the nurses did not use this region (26.2%), they were not used to this area (16.7%), they did not have sufficient knowledge about this region (9.5%), and they had fears because they had never used this area (7.1%), respectively (Table 2).

Table 2. Students' opinions and practice on IM injection before the training (N=42)

	N	%
Have you administer an IMI?		
Yes	39	92.9
No	3	7.1
Would you like the theoretical training for IMI to be repeated?		
Yes	27	65.3
No	15	35.7
Would you like the skill training for IMI to be repeated?		
Yes	33	78.6
No	9	21.4
Which one of the IMI regions did you use during your nursing education?		
Ventrogluteal	2	4.8
Dorsogluteal	36	85.7
Deltoid	11	26.2
Vastus lateralis	2	4.8
Rectus femoris	39	93.8
Reasons for not using VG region*		
Not being used to this area	7	16.7
Not having enough knowledge about this region	4	9.5
Having fears because of not using this region before	3	7.1
Preference of nurses in the clinic to use DG region	11	26.2

*IMI: Intramuscular injection * There were students who did not present their views.*

Table 3 shows the effect of the training given to the students on their injection practices on VG region. After the training, 90.5% of the students evaluated that their views about injection to VG region changed positively and contribution of the training in the change of their opinion scored as 8 out of 10 points (SD = 2.03). After the training, it was determined that 9 students (19.1%) made injections in VG region while 13 (30.9%) of the students made injection to DG region and the remaining 21 (50%) of the students had no opportunity to made injection due to pandemic period and absence of IM treatment in the clinic. As the reason for not applying injection to VG region, the students stated that the patients did not want this region [2.4% (1)], nurses preferred the DG region [12% (5)], they had not learnt the VG region fully [4.8% (2)], and they were used to the DG region [4.8% (2)].

Table 3. The students' status of applying injection to VG region after the training (N=42)

	n	%
Status of making IMI		
Ventrogluteal	8	19.0
Dorsogluteal	13	31.0
Those who made no injection*	21	50.0
Reasons of the students, who preferred DG region, not for preferring VG region		
The patient' request for the DG region	1	2.4
Being used to the DG area	2	4.8
Thinking I haven't fully learned yet	2	4.8
Nurses in the clinic prefer DG region	5	12.0
How has the view about injecting the VG area changed?		
Positively	38	90.5
Negatively	1	2.4
Undecided	3	7.1
	Mean±SD (min-max)	
The contribution of demonstration training on positive change of your thoughts about VG region	8±2.03 (3-10)	

*IMI: Intramuscular injection, DG:Dorsagluteal, VG: Ventrogluteal * Students who could not make injection since the internship was not continuing and there was no IM treatment in the clinic due to COVID-19.*

While knowledge level of the students about the injection to VG region before the training was 12.5±1.90 (min=8 - max=16), their knowledge level after the training increased significantly [14.7±1.64 (min=11 – max=18)] (Z= -4.724, p= 0.000) (Table 4).

Table 4. The students' mean scores from the information questions about VG region

	Mean±SD	Min – Max.	Test Statistic*
Before the Training	12.5±1.90	8-16	Z= -4.724, p= 0.000
After the Training	14.7±1.64	11-18	

**Wilcoxon test*

Table 5 shows the students' views about VG region before and after the training. It was seen that some negative thoughts of the students that prevented them to prefer VG region (O1, O2, O4, O5, O6, O7, O10, O11, O12, O14, O15, O16) after the training changed positively in a statistically significant way ($p<0.05$). However, despite the training given, students still considered that the patients may object especially this region ($p= 0.536$) and their self-confidence was still insufficient ($p= 0.102$).

Table 5. Students' opion about applying injection to VG region (Before –After the Training)

Suggestions	I strongly agree		I agree		Undecided		I disagree		I strongly disagree		BT Mean rank	AT Mean rank	Statistic
	BT n (%)	AT n (%)	BT n (%)	AT n (%)	BT n (%)	AT n (%)	BT n (%)	AT n (%)	BT n (%)	AT n (%)			
O1: I think I have enough knowledge about this injection administration	4 (9.5)	10 (23.8)	11 (26.2)	24 (57.1)	19 (45.2)	7 (16.7)	7 (16.7)	1 (2.4)	1 (2.4)	-	1.40	1.60	Z= -3.953 **P< 0.001**
O2: I have concerns about this injection site.	4 (9.5)	-	14 (33.3)	3 (7.1)	19 (45.2)	13 (31)	5 (11.9)	21 (50.0)	-	5 (11.9)	1.76	1.24	Z= -4.630 **P< 0.001**
O3: I think other injection sites are more useful.	5 (11.9)	4 (9.5)	14 (33.3)	13 (31.0)	17 (40.5)	9 (21.4)	6 (14.3)	12 (28.6)	-	4 (9.5)	1.40	1.60	Z= -1.800 P= 0.072
O4: I can detect this injection site correctly.	7 (16.7)	10 (23.8)	10 (23.8)	23 (54.8)	19 (45.2)	7 (16.7)	5 (11.9)	2 (4.8)	1 (2.4)	-	1.69	1.31	Z= -2.506 **P= 0.012**
O5: I think this injection site is dangerous.	1 (2.4)	1 (2.4)	7 (16.7)	-	18 (42.9)	3 (7.1)	12 (28.6)	27 (64.3)	4 (9.5)	11 (26.2)	1.23	1.77	Z= -3.922 **P< 0.001**
O6: I think the muscle size in the area is small.	2 (4.8)	2 (4.8)	10 (23.8)	11 (26.2)	20 (47.6)	7 (16.7)	9 (21.4)	14 (33.3)	1 (2.4)	8 (19.0)	1.38	1.62	Z= -2.238 **P= 0.025**
O7: I think it is hard to position the patient.	5 (11.9)	1 (2.4)	8 (19.0)	4 (9.5)	12 (28.6)	3 (7.1)	14 (33.3)	20 (47.6)	3 (7.1)	14 (33.3)	1.21	1.79	Z= -3.521 **P< 0.001**
O8: I am confident about applying injection to this region.	7 (16.7)	9 (21.4)	15 (35.7)	21 (50.0)	16 (38.1)	9 (21.4)	2 (4.8)	2 (4.8)	2 (4.8)	1 (2.4)	1.62	1.38	Z= -1.635 P= 0.102
O9: I think the patient might object to this injection site.	8 (19.0)	6 (14.3)	13 (31.0)	18 (42.9)	13 (31.0)	13 (31.0)	7 (16.7)	5 (11.9)	1 (2.4)	-	1.56	1.44	Z= -0.619 P= 0.536
O10: I think my skill level is sufficient for injection administration to this area.	6 (14.3)	6 (14.3)	5 (11.9)	18 (42.9)	14 (33.3)	10 (23.8)	11 (26.2)	8 (19.0)	6 (14.3)	-	1.70	1.30	Z= -3.214 **P= 0.001**
O11: I think the injector tip will touch to the bone tissue during the injection.	3 (7.1)	-	12 (28.6)	1 (2.4)	12 (28.6)	11 (26.2)	13 (31.0)	25 (59.5)	2 (4.8)	5 (11.9)	1.27	1.73	Z= -3.833 **P< 0.001**
O12: I do not know how to detect this injection site.	3 (7.1)	3 (7.1)	13 (31.0)	4 (9.5)	9 (21.4)	5 (11.9)	13 (31.0)	20 (47.6)	4 (9.5)	10 (23.8)	1.30	1.70	Z= -5.571 **P< 0.001**
O13: I think it is an area that patients do not encounter in injection practice.	10 (23.8)	11 (26.2)	16 (38.1)	25 (59.5)	9 (21.4)	4 (9.5)	5 (11.9)	1 (2.4)	2 (4.8)	1 (2.4)	1.57	1.43	Z= -1.885 P= 0.059
O14: I can persuade patients about the injection to this area.	3 (7.1)	8 (19.0)	19 (45.2)	22 (52.4)	17 (40.5)	10 (23.8)	3 (7.1)	2 (4.8)	-	-	1.62	1.38	Z= -2.235 **P= 0.025**
O15: I think this injection site may be more painful.	3 (7.1)	-	7 (16.7)	-	26 (61.9)	4 (9.5)	5 (11.9)	24 (57.1)	1 (2.4)	14 (33.3)	1.10	1.90	Z= -5.187 **P< 0.001**
O16: I think this injection site will be suitable for slim patients.	3 (7.1)	4 (9.5)	8 (19.0)	23 (54.8)	21 (50)	9 (21.4)	6 (14.3)	4 (9.5)	4 (9.5)	2 (4.8)	1.33	1.67	Z= -2.616 **P= 0.009**

4 DISCUSSION

Interest, desire, and talent are at the forefront in choosing the nursing profession. Although nursing requires self-sacrifice, it is a profession that can be done with like [13]. The results obtained from the study showed that 64.2% of the students preferred the nursing profession in their first choice and a great majority of the students (92.9%) were satisfied with the nursing profession (Table 1). Nursing education is an education that has clinical practice. After learning basic nursing skills on models in a laboratory environment, students are expected to realize these skills in clinical environment [27]. In the present study, it was seen that the majority of the students made IMI during nursing education (Table 2). It was determined that among IMI administrations, students used DG region) and Rectus femoris region at the highest rate and only 4.8% (2) of the students made injection to VG region (Table 2). In their study, Karaahmetoğlu (2019) observed that the number of students preferring DG region was less and those who preferred the VG region were more compared to the present study. We think that this result is promising for the widespread use of injection administration to VG region (Karaahmetoğlu, 2019).

VG region is far from large nerve and blood vessels and its subcutaneous tissue is thin. Less pain is felt in the injections made to this region and its location can be determined easily since it can be found by palpation. For all these reasons, it is stated in the literature that VG region can be used instead of DG region [21], [24], [28]. However, in other studies conducted with nursing students and clinical nurses in the literature, it is seen that DG region is mostly preferred in IMI, VG region is less preferred and knowledge about this region is insufficient [2], [3], [9], [25], [26], [29], [30], [31], [32]. In the present study, we believe that the knowledge levels of the nursing students about injection to VG region before the training were higher than the average but insufficient. It was determined that this score increased significantly 1 month after the training ($p<0.05$) (Table 4). We think that the information about drug administrations, which is one of the main duties of nurses, should be repeated during the internship period/senior year.

A similar study was conducted by Gülnar and Özveren (2016) with a group of working nurses. It was also seen in this study that the knowledge levels of nurses about VG region injection were higher than the average, but their knowledge levels increased significantly 4 months after the training [10]. Arslan and Özden (2018) made a study with single group and pretest-posttest design with 50 clinical nurses in order to increase their VG region preferences in IMI. In this study, it was determined that the nurses' knowledge levels about VG region was insufficient at the beginning, but their knowledge level significantly increased after the training [3]. Again, likewise in another quasi-experimental study conducted with 169 nurses, knowledge levels of the nurses before the training significantly increased after the training [30]. Hdaib et al (2015) reported that the nursing students' level of knowledge increased after the IMI training [12]. It was seen in the present study that the knowledge levels of the students increased after the training but they were not as high as in these three studies (Table 4). We believe that this result was caused by the fact that the present study was conducted with a group of students who were not working in the field.

In the present study, the students expressed that their views about VG region positively changed after the training and they would prefer VG region injection in the subsequent process. It was determined that the preference of the students for the VG region increased (%19.1, n=8) compared to the period before the training but it was seen in the results that injection to DG region was still continuing (30.9%, n=13) (Table 3). In the study conducted by Gülnar and Özveren (2016) (n=81) with pretest-posttest experimental design, training about injection to VG region was given to the nurses and its effectiveness was evaluated. In their study, while 76.5% of nurses preferred DG region before the training, this rate decreased to 48.1% four months after the training. The number of nurses preferring VG region before the training increased from 7.4% to 34.6%. The fact that nurses still preferred DG region although there was an increase in the nurses' preferences on VG region is similar to the present study results (Table 3). It is also seen in other studies that nurses' knowledge levels about VG region and frequency of preferring this region increased with the training [22], [26]. It was shown that the most important reason affecting the students' preference on VG region before and after the training was the fact that clinical nurses did not prefer VG region (Table 3). Wynaden et al. (2015) conducted a study by nurses to change the injection technique, and although there was a statistically significant change, approximately half of the nurses stated that they used this technique. Cocoman and Murray (2008) reported that changing the work habits and routines of nurses with longer working hours is a difficult task. All these results revealed that nurses are resistant to change and that change in clinical practice is a slow process [11], [33], [34].

Nursing students who do clinical practice do their treatment practices along with clinical nurses. We see that how nurses working in the clinic are important for students to put their knowledge learnt from the courses into the clinic, no matter how much evidence-based practices are emphasized in the course, being unaware of this practice and not using this practice for clinical nurses is more decisive in transferring these practices to the clinic. It is extremely important for clinical nurses to be aware of evidence-based practices in the literature and to put them into practice.

Due to the pandemic period, students could not do their internship 1 week after the training. Therefore, 21% of the students did not have the opportunity to do an injection (Table 3). The fact that the students could not participate in clinical practice due to the COVID 19 pandemic created a limitation in reaching our study goals. Despite this, 90.5% (38) of the students stated that their views about the VG region changed positively after the training. It was seen that they scored the contribution of the training given with demonstration on the positive change of their views as 8 out of 10 (SD=2.03) points.

In the studies, the reasons for nurses not to prefer VG region were shown mostly as the lack of knowledge about VG region, not being used to this region and inability to find this region. In addition, the nurses stated that they avoided the process since the patients may object to this area and may feel more pain and the injector may contact with the bone [3], [9], [19], [26], [31]. Although training on IMI to VG region was provided to our students in the second year of nursing education, their opinions about VG region in the pretest are unfortunately similar to the other studies (Table 4). It was determined that the opinions of the students about the VG region increased significantly after the theoretical and skill training ($p<0.05$) (Table 4). Accordingly, it was found that the students' information levels about VG region, their self-confidences, their beliefs that they could give the correct position to the patient and convince them increased, and their concerns and fears about the region such as pain, correct

determination of the region and applying it to slim people decreased. We think that the information repeated in the internship education, which is the last step before the students start working life, would have an effect on the realization of their knowledge. In the present study, before the training, 65.3% of our students requested the repetition of the theoretical training on IMI and 78.6% requested the repetition of the skill training. For this reason, we believe that the knowledge and practices about nursing skills applied the most by the students especially during internship period should be reviewed and supported with evidence-based practices. While doing so, it would also be appropriate to provide training about accessing evidence-based resources.

5 CONCLUSION

Great support is received from clinical nurses in the realization of nursing skills in clinical practice. One of the biggest obstacles for students to overlap education and clinic is that clinical nurses are unaware of the changing literature and do not implement changing practices. In fact, after the training given in our study, our students' level of knowledge increased and it was concluded that their concerns about the region were eliminated. However, some of the students still prefer the DG region and the reason for this is that the clinical nurse preferred the DG region. The inability of clinical nurses to reflect the changing literature into practice is an important obstacle in the implementation of evidence-based practice. It is recommended to carry out joint studies in which the student and clinical nurse take part in reflecting the changing literature to the clinic.

6 LIMITATIONS OF THE STUDY

The fact that the research process reached the COVID 19 pandemic period prevented us from reaching the whole sample and students from practicing.

ACKNOWLEDGMENTS

The authors would like to thank the nurse student and members of support groups who provided relevant information regarding the study. The authors also offer sincere appreciation to the health promoters for their cooperation during data collection.

AUTHOR CONTRIBUTIONS

Author (MK) contributed to this work in the concept, design, analyses, interpretation of data, drafting of revising it critically for important intellectual content. Author BNK data collection and author ÇM drafting manuscript contributed.

DISCLOSURE

The authors report no conflicts of interest in this work.

REFERENCES

[1] Chung, J. W., Ng, W. M., & Wong, T. K. (2002). An experimental study on the use of manual pressure to reduce pain in intramuscular injections. *Journal of clinical nursing, 11*(4), 457-461.
[2] Potter, A., Perry, A., Stockert, P., & Hall, A. (2017). Fundamentals Of Nursing. In (9 th ed.). St. Louis: Missouri: Elsevier.
[3] Tuğrul, E., & Denat, Y. (2014). Nurses' knowledge, opinion and practices regarding to injection practices in ventrogluteal site. *E- journal of Dokuz Eylul University Nursing Faculty, 7*(4), 275-284.
[4] Chan, V., Colville, J., Persaud, T., Buckley, O., Hamilton, S., & Torreggiani, W. (2006). Intramuscular injections into the buttocks: are they truly intramuscular? *European journal of radiology, 58*(3), 480-484.
[5] Cocoman, A., & Murray, J. (2008). Intramuscular injections: a review of best practice for mental health nurses. *Journal of psychiatric and mental health nursing, 15*(5), 424-434.
[6] Agarwal, A., Mirza, A., Gulati, A., & Gulati, P. (2019). Post-injection sciatic nerve injury: MRI. *Neurology India, 67*(7), 157-158. doi: 10.4103/0028-3886.250726
[7] Jung Kim, H., & Hyun Park, S. (2014). Sciatic nerve injection injury. *Journal of international medical research, 42*(4), 887-897.

[8] Kadioglu, H. H. (2018). Sciatic Nerve Injuries from Gluteal Intramuscular Injection According to Records of the High Health Council. *Turk Neurosurg, 28*(3), 474-478.

[9] Kakati, A., Bhat, D., Devi, B. I., & Shukla, D. (2013). Injection nerve palsy. *Journal of neurosciences in rural practice, 4*(01), 13-18.

[10] Elgellaie, A., Ashcroft, E., & Larkin, T. A. (2018). Effects of thickness of muscle and subcutaneous fat on efficacy of gluteal intramuscular injection sites. *British Journal of Nursing, 27*(6), 300-305.

[11] Kaya, N., Salmaslıoğlu, A., Terzi, B., Turan, N., & Acunaş, B. (2015). The reliability of site determination methods in ventrogluteal area injection: a cross-sectional study. *International journal of nursing studies, 52*(1), 355-360.

[12] Malkin, B. (2008). Are techniques used for intramuscular injection based on research evidence. *Nursing times, 104*(50/51), 48-51.

[13] Nicoll, L. H., & Hesby, A. (2002). Intramuscular injection: an integrative research review and guideline for evidence-based practice. *Appl Nurs Res, 15*(3), 149-162. doi:10.1053/apnr.2002.34142

[14] Rodger, M. A., & King, L. (2000). Drawing up and administering intramuscular injections: a review of the literature. *J Adv Nurs, 31*(3), 574-582. doi:10.1046/j.1365-2648.2000.01312.x

[15] Arslan, G. G., & Özden, D. (2018). Creating a change in the use of ventrogluteal site for intramuscular injection. *Patient preference and adherence, 12*, 1749.

[16] Gülnar, E., & Çalışkan, N. (2014). Determination of Knowledge Level of Nurses Regarding Intramuscular Injection Adminstration to Ventrogluteal Site Introductıon. *E- journal of Dokuz Eylul University Nursing Faculty, 7*(2), 70-77.

[17] Šakić, B., Milutinović, D., & Simin, D. (2012). An assessment of intramuscular injection practices among nursing students and nurses in hospital settings: is it evidence-based. *South eastern Europe health sciences journal, 2*(2), 114-121.

[18] Sari, D., Şahin, M., Yaşar, E., Taşkiran, N., & Telli, S. (2017). Investigation of Turkish nurses frequency and knowledge of administration of intramuscular injections to the ventrogluteal site: results from questionnaires. *Nurse education today, 56*, 47-51.

[19] Su, S., & Bekmezci, E. (2020).The Reasons for Nurses not to use Ventrogluteal Region in Intramuscular Injection Administration. *Journal of Education and Research in Nursing, 17*(1), 46-50.

[20] Walsh, L., & Brophy, K. (2011). Staff nurses' sites of choice for administering intramuscular injections to adult patients in the acute care setting. *Journal of advanced nursing, 67*(5), 1034-1040.

[21] Greenway, K., Merriman, C., & Statham, D. (2006). Using the ventrogluteal site for intramuscular injections. *Learning disability practice, 9*(8), 34-38.

[22] Gülnar, E., & Özveren, H. (2016). An evaluation of the effectiveness of a planned training program for nurses on administering intramuscular injections into the ventrogluteal site. *Nurse education today, 36*, 360-363.

[23] Öztürk, D., Baykara, Z. G., Karadağ, A., & Eyikara, E. (2017). The effect of in-service education on nurses' preference for the ventrogluteal site in intramuscular injection implementation. *Journal of Human Sciences, 14*(4), 4199-4205.

[24] Şanlıalp Zeyrek, A., & Kuzu Kurban, N. (2017). The Effect of Education on Knowledge and Administration of Intramuscular Injection of Nurses: Z Technique and Ventrogluteal Site. *Journal of Research and Development in Nursing, 19*(1), 26-37.

[25] Korkmaz, E., Karagözoğlu, Ş., Çerik, B. K., & Yıldırım, G. (2018). Knowledge About Intramuscular Injection Sites and Administration Preferences of Nurses. *Journal of Research and Development in Nursing 20*(1), 1-10.

[26] Small, S. P. (2004). Preventing sciatic nerve injury from intramuscular injections: literature review. *J Adv Nurs, 47*(3), 287-296. doi:10.1111/j.1365-2648.2004.03092.x

[27] Jirwe, M., & Rudman, A. (2012). Why choose a career in nursing? *Journal of advanced nursing, 68*(7), 1615-1623.

[28] Sarmasoglu, S., Dinc, L., & Elcin, M. (2016). Nursing students' opinions about the standardized patients and part task trainers used in the clinical skills training/Hemsirelik ogrencilerinin klinik beceri egitimlerinde kullanilan standart hasta ve maketlere iliskin gorusleri. *Journal of Education and Research in Nursing, 13*(2), 107-116.

[29] Karaahmetoğlu, G. U. (2019). Survey of the Knowledge Levels For Intramuscular Injection Application of Nursing Students. *Abant Medical Journal, 8*(3), 155-161.

[30] Alan, S., & Çalışkan, N. (2018). Knowledge Levels of Senıor Nursıng Students Regardıng the Intramuscular Injectıon.

[31] Hdaib, M. T., Al-Momany, S. M., & Najjar, Y. W. (2015). Knowledge level assessment and change among nursing students regarding administering intra-muscular injection at Al-Balqa'a Applied University: an interventional study. *Nurse education today, 35*(7), e18-e22.

[32] Güneş, Ü. Y., Kara, D., Arı, S., & Ceyhan, O. (2013). Which site is more painful in intramuscular injections? The dorsogluteal site or the ventrogluteal site? A case study from Turkey. *Clin Nurs Stud, 1*(4), 74-81.

[33] Wynaden, D., Tohotoa, J., Omari, O. A., Happell, B., Heslop, K., Barr, L., & Sourinathan, V. (2015). Administering intramuscular injections: How does research translate into practice over time in the mental health setting? *Nurse education today, 35*(4), 620-624.

[34] Zaybak, A., Güneş, Ü. Y., Tamsel, S., Khorshid, L., & Eşer, İ. (2007). Does obesity prevent the needle from reaching muscle in intramuscular injections? *Journal of advanced nursing, 58*(6), 552-556.

International Journal of Innovation and Applied Studies
ISSN 2028-9324 Vol. 39 No. 2 Apr. 2023, pp. 556-563
© 2023 Innovative Space of Scientific Research Journals
http://www.ijias.issr-journals.org/

Navigating the World of Video Games for Self-Directed Learning: A Digital Pedagogy Approach

Jewell Ken V. Bañes, Sachiko R. Gubat, Kristine T. Soberano, and Jeffric S. Pisueňa

Graduate School Department, Northern Negros State College of Science and Technology, Old Sagay, Sagay City, Negros Occidental, Philippines

Copyright © 2023 ISSR Journals. This is an open access article distributed under the ***Creative Commons Attribution License***, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

ABSTRACT: The popularity of video games has led to increased interest in exploring their potential for promoting self-directed learning, as they provide an immersive and engaging platform for learners to develop their skills and knowledge. To investigate the role of motivation and identify effective instructional strategies for promoting self-directed learning in the context of digital pedagogy, a survey was conducted with 70 video gamers, using four-item questions for self-directed learning, the Situational Motivation Scale, and open-ended questions. The Situational Motivation Scale was used to measure both intrinsic and extrinsic motivation, including four dimensions: intrinsic motivation, identified regulation, external regulation, and amotivation. Data analysis included descriptive statistics, ordinal logistic regression analysis, and thematic analysis to determine the effective instructional strategies. The survey results suggest that intrinsic and extrinsic motivation significantly impact self-directed learning in video games, with intrinsic motivation and identified regulation having a stronger positive impact than external regulation and amotivation. The effective instructional strategies identified were clear and concise instructions, feedback on performance, challenge to think creatively, incorporation of problem-solving and critical thinking elements, and fostering a sense of community. Furthermore, practical recommendations for educators were drawn from these strategies. The findings highlight the importance of considering different types of motivation when designing instructional strategies in digital learning environments and promoting intrinsic motivation in these settings.

KEYWORDS: Intrinsic motivation, extrinsic motivation, instructional strategies, video gaming, digital education.

1 INTRODUCTION

Video games have gained attention in education and have been studied for their potential to improve teaching and learning outcomes, such as engagement and motivation. Technological advancements and automation in the twenty-first century have significantly altered the way people learn and work, making self-directed learning more important [1] . This study intends to contribute to the field by investigating the effectiveness of video games as a pedagogical tool, with an emphasis on digital pedagogy and the use of video games to improve teaching and learning.

With the increasing pace of change in today's world, traditional teacher-directed learning models may not be sufficient to prepare students for the challenges they will face. Therefore, students need to become more self-directed in their learning so that they can adapt to changing circumstances and continue to learn throughout their lives [2] . Furthermore, studies found that students who enjoyed themselves while learning made considerable advances in their learning capacity, and memory retention was determined to be more successful than the traditional technique of learning [3] .

The field of education has been exploring the potential of video games as a tool for enhancing learning outcomes, but there is still a gap in identifying effective instructional strategies that can promote self-directed learning. Toh and Kirschner [1] in their study, identified a set of self-directed learning strategies in video games that are a useful basis for adoption in the pedagogical domain. This solely concentrates on the aspect of acquiring learning and fails to address the instructional aspect. Moreover, there has been limited investigation into how intrinsic and extrinsic motivation affect learning through video games. By exploring the intersection of video games, self-directed learning, and motivation, this research can provide valuable insights

for educators and instructional designers. Ultimately, this research can contribute to the advancement of digital pedagogy approaches that can help prepare students for the challenges of the 21st century. This paper is structured around three research questions:

RQ1: What is the relative impact of intrinsic and extrinsic motivation on self-directed learning in video games?

RQ2: What instructional strategies are most effective for promoting self-directed learning in video games?

RQ3: How can these instructional strategies be implemented in digital pedagogy?

1.1 VIDEO GAMES IN DIGITAL PEDAGOGY

The practice of using technology to improve teaching and learning is known as digital pedagogy [4]. As technological advancements and automation continue to reshape the learning and working landscape, self-directed learning has become increasingly important. However, the identification of effective instructional strategies and understanding the role of intrinsic and extrinsic motivation in video game-based learning remain significant gaps in the existing literature. This research aims to investigate the impacts of video games in promoting self-directed learning and its implications for digital pedagogy. The study seeks to provide insights to contribute to the ongoing discourse on the use of video games in education.

Video games have been used in digital pedagogy to enhance student learning in various subject areas, including mathematics, further indicating that mathematics video games contributed to higher learning gains as compared with traditional instructional methods [4] . Studies have shown that game-based learning in education significantly improves students' engagement, interest, and motivation, as well as the quality of learning. However, the long-term impacts and reliability of digital gamification in education require further investigation [5] .

Recent studies indicated that employing game-based learning in digital pedagogy has been shown to enhance student engagement and motivation. Furthermore, game-based learning environments allow students the freedom to navigate a space to interact with game elements that foster learning [6] . Moreover, the integration of games into online learning has been found to have a significantly positive effect on student learning outcomes, as demonstrated by pre-test and post-test results indicating a significant increase in learning outcome scores [7] .

1.2 STUDENT ENGAGEMENT, MOTIVATION AND SELF-DIRECTED GAME-BASED LEARNING

Motivation is a crucial factor that drives individuals to engage in activities [4] . In the field of education, motivation is classified into two types: intrinsic motivation, which stems from personal interests and enjoyment, and extrinsic motivation, which comes from external factors such as rewards and punishments [5] . Several research studies have investigated diverse approaches to encourage student engagement in educational settings, but deploying active learning techniques does not necessarily guarantee motivation for learning among students [4] . Video games have been increasingly used in digital pedagogy as a means of enhancing student engagement and motivation. Eseryel et al. [6] conducted a study that demonstrated that complex problem-solving challenges within video games led to a boost in student motivation and engagement. Their research evaluated grade nine students' complex problem-solving abilities and level of engagement during the game McLarin's Adventure to arrive at this conclusion. Furthermore, Sung et al. [7] discovered that utilizing the experiential gaming mode led to increased levels of intrinsic motivation, deeper comprehension of learning strategies, and greater acceptance of learning technology when compared to the conventional technology-enhanced learning approach.

There is a growing body of research that suggests video games can be a powerful tool for promoting self-directed learning, as they are designed to integrate both intrinsic and extrinsic motivational components, which can help to cultivate an environment where players feel more motivated to engage in the target activities [8] . Hawlitschek and Joeckel [9] emphasized the importance of self-efficacy, autonomy, and social environment in fostering intrinsic motivation. These factors are relevant to the current study's focus on self-directed learning. Intrinsic motivation is one of the key factors that drive players to engage with video games. Autonomy and relatedness are some of the basic components of intrinsic motivation, and they are also features that are commonly found in video games [10] . For example, many games allow players to choose their path through the game world, giving them a sense of autonomy and control over their experience. Additionally, games often feature social elements such as multiplayer modes, which can foster a sense of relatedness and connection among players.

By integrating these intrinsic motivational components into the gameplay experience, games can tap into players' natural desires to learn and explore. This can make games a highly effective tool for promoting self-directed learning, as players are motivated to engage with the content on their terms, rather than being forced to learn through rote memorization or other more traditional teaching methods [1] . Research has shown that video games can be particularly effective at promoting self-

directed learning in several different domains. For example, games have been used to teach everything from math and science to language and history [11] . By presenting information in a fun and engaging way, games can help to capture players' attention and hold their interest for longer periods. This, in turn, can help to facilitate the process of learning and make it more enjoyable and rewarding for players.

Overall, the integration of intrinsic and extrinsic motivational components in video games, along with the emphasis on autonomy and relatedness, make games an effective tool for promoting self-directed learning. As such, there is a growing interest in using games as a means of enhancing educational outcomes and fostering a love of learning among students of all ages [12], [13] .

2 METHODOLOGY

2.1 RESEARCH DESIGN

This study utilized a mixed-methods research approach. Mixed methods research involved utilizing both qualitative and quantitative methodologies within the same study, with an emphasis on combining and integrating these methods [14] . The mixed-methods approach would allow for a more comprehensive understanding of the research question, by combining quantitative data on motivation and learning outcomes with qualitative data on participants' experiences and perspectives.

2.2 PARTICIPANTS

In this study, participants were acquired through purposive sampling with an age range of 18 to 34 years old. These demographic characteristics were taken into account since 70% of individuals who engage in video game activities are 18 years or older, and the mean age of individuals who participate in gaming is 34 years old [15] .

2.3 QUESTIONNAIRE

The survey for this research was divided into four parts. The first part asked for demographic information about the participants, while the second part included a four-item survey questionnaire using a 7-point Likert Scale to evaluate self-directed learning in video games. The third part of the survey used the Situational Motivation Scale (SIMS) to measure the influence of intrinsic and extrinsic motivation on self-directed learning in video games. Finally, the last part of the survey included open-ended questions to identify instructional strategies that effectively promote self-directed learning in video games. The researchers employed the Situational Motivation Scale (SIMS) because it is an established and validated way to assess the level of motivation in a given situation [16], [17] . The SIMS is an assessment instrument comprising 16 questions that aims to evaluate a person's level of self-motivation when deciding to engage in an activity. It generates scores for different types of motivation, such as intrinsic motivation (Items 1, 5, 9, 13), identified regulation (Items 2, 6, 10, 14), external regulation (Items 3, 7, 11, 15), and amotivation (Items 4, 8, 12, 16) [16] .

2.4 DATA COLLECTION AND ANALYSIS

To answer RQ1, the researchers collected data from a sample of video game players and used descriptive statistics and ordinal regression analysis to examine the relationship between motivation and self-directed learning. In addition, the researchers also explored the instructional strategies that are most effective for promoting self-directed learning in video games. To answer RQ2, the researchers conducted a thematic analysis of data collected from interviews with video game players, with a focus on identifying the strategies and features of video games that promote self-directed learning. Lastly, to provide practical recommendations for educators and game designers, the study derived on the findings from the first two research questions to create a comprehensive answer to RQ3, offering specific examples of how the identified effective strategies and features of video games can be incorporated into digital learning environments.

3 RESULTS

Table 1 shows the descriptive statistics for the study variables. The sample size was n=70, with a mean age of 22.79 years (SD=2.89). These participants were acquired through a purposive sampling technique who are playing video games. Approximately 48.6% of the participants were male and 51.4% were females. The majority of the participants reported high levels of intrinsic motivation (M=5.95, SD=0.95) followed by identified regulation (M=5.56, SD=1.04), amotivation (M=2.93, SD=1.36), and external regulation (M=2.74, SD=1.27). In terms of self-directed learning, the mean score was 5.62 (SD=1.04).

Table 1. Descriptive Statistics for Study Variables

	Mean	Std. Error	Std. Deviation	Minimum	Maximum	Skewness	Kurtosis
SDL	5.6179	.12427	1.03972	2.00	7.00	-.976	1.279
IM	5.9536	.11401	.95391	3.00	7.00	-1.071	.692
IR	5.5571	.12411	1.03837	2.50	7.00	-.791	.376
ER	2.7429	.15151	1.26761	1.00	7.00	1.592	1.046
AM	2.9250	.16226	1.35758	1.00	7.00	1.058	1.046

To investigate the relative impact of intrinsic and extrinsic motivation on self-directed learning in video games, the researchers conducted an ordinal logistic regression analysis using the SPSS software (version 25). The researchers further used self-directed learning as the dependent variable and intrinsic motivation, identified regulation, external regulation, and amotivation as the independent variables. The results of the ordinal logistic regression analysis are presented in Table 2.

Table 2. Results of Ordinal Logistic Regression Analysis

	B	Std. Error	Wald Chi-Square	df	Sig.	Exp (B)	95% Wald CI for Exp (B)
IM	.489	.2452	3.971	1	.046	1.630	(1.008, 2.636)
IR	.853	.2378	12.862	1	<.001	2.347	(1.472, 3.740)
ER	-.260	.2077	1.567	1	.211	.771	(.513, 1.158)
AM	-.048	.1800	.072	1	.788	.953	(.670, 1.356)

The results of the ordinal logistic regression analysis indicate that intrinsic motivation (IM) and identified regulation (IR) are significant predictors of self-directed learning in video games (Wald Chi-Square = 3.97, df = 1, p = 0.046 for intrinsic motivation; Wald Chi-Square = 12.86, df = 1, p < 0.001 for identified regulation), for external regulation and amotivation, (Wald Chi-Square = 1.567, df = 1, p = 0.211; Wald Chi-Square = 0.72, df = 1, p = 0.788). While the coefficients for external regulation (ER) and amotivation (AM) were both negative (-0.260 and -0.48, respectively), their non-significant p-values of 0.211 and 0.788 suggest that there may be other unmeasured factors that could be influencing it, which should be considered a limitation of this study. For the odds ratio indicated as Exp (B) or the exponential value of the coefficient, the results were 1.63 for intrinsic motivation (IM); 2.35 for identified regulation (IR); 0.77 for external regulation (ER), and 0.953 for amotivation (AM), holding the other variables constant.

Table 3. Determined Effective Instructional Strategies Promoting Self-Directed Learning in Video Games

No.	Effective Instructional Strategies
1	Clear and concise instructions
2	Feedback on performance
3	Challenge to think creatively
4	Incorporation of problem-solving and critical thinking elements
5	Fostering a sense of community

Table 3 presents the effective instructional strategies for promoting self-directed learning in video games that were identified through thematic analysis. The identified themes are clear and concise instructions, feedback on performance, challenge to think creatively, incorporation of problem-solving and critical thinking elements, and fostering a sense of community. These strategies can help learners develop the skills and knowledge necessary to become self-directed learners in the context of video games. Each theme will be discussed in further detail in the following sections.

4 DISCUSSION

4.1 RELATIVE IMPACTS OF INTRINSIC AND EXTRINSIC MOTIVATION ON SELF-DIRECTED LEARNING IN VIDEO GAMES

Based from the results and findings presented earlier, the odds ratio of intrinsic motivation and identified regulation indicates that for every one-unit increase in intrinsic motivation and identified regulation is associated with 1.63 times and 2.35 higher odds of a higher level of self-directed learning respectively. Specifically, intrinsic motivation and identified

regulation was found to have a significantly stronger positive impact on self-directed learning than external regulation and amotivation. These findings are consistent with previous research on motivation and learning in video games, which has suggested that intrinsic motivation is a key factor in promoting self-directed learning and engagement in video games [10] .

On the other hand, the odds ratios for external regulation and amotivation were 0.771 and 0.953, respectively, based on the ordinal logistic regression analysis. These results suggest that for every one-unit increase in external regulation or amotivation, the odds of self-directed learning in video games decreased by approximately 23% and 5%, respectively. These findings provide evidence for the negative impact of external regulation and amotivation on self-directed learning in video games, and may be useful in designing instructional strategies that promote intrinsic motivation and reduce external regulation and amotivation in digital pedagogy. However, it is important to consider the limitations of this study, including potential unmeasured confounding variables, and further research is needed to fully understand the relationship between motivation and self-directed learning in video games.

4.2 Effective Instructional Strategies For Promoting Self-Directed Learning In Video Games And Practical Recommendations For Implementation

4.2.1 Clear And Concise Instructions

Clear and concise instructions are essential in video games to encourage self-directed learning. According to research [18] , players must understand their objectives and how to achieve them. Without clear guidance, players may become confused and uncertain, leading to frustration and disinterest. Games that offer tutorials, pop-up windows, or tooltips with precise instructions can help players understand game mechanics and how to progress, which promotes self-directed learning.

To create effective activities or educational materials, researchers suggest that teachers provide easy-to-follow, step-by-step instructions using clear language that avoids technical jargon that may be unfamiliar to learners. Teachers should also consider including visual aids like screenshots or videos to help learners better understand the instructions.

4.2.2 Feedback On Performance

Providing feedback on performance is an effective instructional strategy for promoting self-directed learning in video games [19] . Players require feedback to understand how well they are doing and what they need to improve. In-game statistics, progress bars, or visual and auditory cues [20] can provide players with valuable information to identify their strengths and weaknesses and adjust their gameplay accordingly. Games that provide frequent and informative feedback can keep players engaged and motivated as they track their progress and improvement over time.

To promote self-directed learning, the researchers suggest that teachers should offer regular and timely feedback on learners' performance. This can be done through automated feedback systems, such as in-game feedback or online quizzes, or through manual feedback given by instructors or peers. Feedback should be specific and actionable, highlighting areas for improvement and providing suggestions on how learners can improve their performance.

4.2.3 Challenge To Think Creatively

Video games that challenge players to think creatively can foster self-directed learning by encouraging players to explore and experiment with different strategies and approaches [18] . This autonomy and initiative can help players develop problem-solving skills and critical thinking abilities. Games that provide multiple pathways or solutions to problems can also promote self-directed learning, as players are encouraged to find their own unique solutions.

To encourage self-directed learning, teachers should establish a means to foster creative thinking and problem-solving skills in learners. This can be achieved by presenting learners with open-ended problems or scenarios that require creative solutions. Encouraging learners to experiment with different approaches and share their ideas with others can also be beneficial.

4.2.4 Incorporation Of Problem-Solving And Critical Thinking Elements

Incorporating problem-solving and critical thinking elements into games can promote self-directed learning by encouraging players to think strategically and analytically [9] , [18] . Games that require players to solve puzzles or navigate complex environments can help them develop these skills. Additionally, games that allow players to experiment with different strategies or tactics can help foster a sense of agency and autonomy.

Teachers can design learning activities that encourage learners to think critically and solve problems. This can be accomplished by incorporating elements such as puzzles, quizzes, and decision-making scenarios. Teachers can also provide learners with opportunities to reflect on their problem-solving process and evaluate the effectiveness of their solutions.

4.2.5 FOSTERING A SENSE OF COMMUNITY

Finally, fostering a sense of community can be an effective instructional strategy for promoting self-directed learning in video games [21] . Games that create opportunities for players to interact and collaborate can promote a sense of social support and shared learning [22] . This can help players feel more engaged and motivated, as they are part of a larger community that shares their interests and goals. Games that incorporate multiplayer modes or online forums can help foster this sense of community and encourage players to learn from each other.

To promote self-directed learning, teachers can create opportunities for learners to connect and collaborate with others. This can be achieved by incorporating discussion forums, group projects, and team-based activities. Teachers can encourage learners to share their ideas and experiences with others, and provide opportunities for peer feedback and support. Creating a social learning environment where learners can build relationships with each other and feel a sense of belonging can also be beneficial.

5 CONCLUSION

In conclusion, this study investigated the relative impact of intrinsic and extrinsic motivation on self-directed learning in video games, identified the effective instructional strategies for promoting self-directed learning in video games as well as practical recommendations for educators regarding the implementation of those strategies in digital learning environments. This study surveyed 70 video gamers using the Situational Motivation Scale designed based on Self-determination theory as well as open-ended questions, and the following inferences was drawn:

- It was found that intrinsic motivation and identified regulation were strong positive predictors of self-directed learning in video games (Exp (B) = 1.63 for intrinsic motivation (IM); Exp (B) = 2.35 for identified regulation). On the other hand, external regulation and amotivation were found to be negative predictors of self-directed learning (Exp (B) = 0.771 for external regulation (ER); Exp (B) = 0.953 for amotivation). These findings suggest that instructional strategies that promote intrinsic motivation and identified regulation may be effective in enhancing self-directed learning in video games. However, the negative impact of external regulation and amotivation on self-directed learning also highlights the need to reduce or eliminate external control factors in digital pedagogy. Nonetheless, it is important to note that further studies are needed to explore the underlying factors that may be influencing these relationships
- The identified effective instructional strategies for promoting self-directed learning in video games were determined through thematic analysis of the data. The themes that emerged were clear and concise instructions, feedback on performance, challenge to think creatively, incorporation of problem-solving and critical thinking elements, and fostering a sense of community. These strategies can be implemented by game designers and educators to create an environment that promotes self-directed learning and enhances players' motivation and engagement in video games. By providing clear instructions, meaningful feedback, and opportunities for creativity and problem-solving, players can develop their skills and knowledge in a self-directed manner. Moreover, fostering a sense of community and promoting collaboration and teamwork can enhance social learning and contribute to a more engaging and enjoyable experience
- In digital pedagogy contexts, it is essential to use effective instructional strategies. The identified strategies include providing clear and concise instructions, offering feedback on performance, challenging learners to think creatively, incorporating problem-solving and critical thinking elements, and fostering a sense of community. Clear instructions should be provided in an easily understandable manner, and feedback should be prompt and specific to encourage learners to improve their performance. Creative thinking can be encouraged by presenting open-ended problems and scenarios that require out-of-the-box solutions. Incorporating problem-solving and critical thinking elements can be achieved by including puzzles, quizzes, and decision-making scenarios. Finally, fostering a sense of community can be achieved by creating opportunities for learners to connect and collaborate with each other through discussion forums, group projects, and team-based activities. By implementing these instructional strategies, self-directed learning can be effectively promoted in digital pedagogy. It is also worth considering incorporating game mechanics that promote motivation and self-directed learning can enhance learners' engagement and promote self-directed learning. Rewards and incentives can motivate learners by providing tangible benefits for completing learning activities or achieving certain milestones. Competition and ranking can create a sense of achievement and motivation to improve. Collaboration and teamwork can create a sense of community

and promote social learning, fostering important skills such as communication and leadership which are valuable in both digital and real-world contexts

6 LIMITATIONS AND FUTURE RESEARCH

One limitation of this study is the small sample size of only 70 video gamers, which may limit the generalizability of the findings. Another limitation is that the study only focused on intrinsic and extrinsic motivation using the Situational Motivation Scale and did not explore other potential factors that could impact self-directed learning in video games.

Future research could expand on this study by using a larger and more diverse sample size to increase the generalizability of the findings. Additionally, future studies should explore other factors that could influence self-directed learning in video games, such as cognitive and affective factors. It is also important to investigate potential unmeasured confounding variables to fully understand the relationship between motivation and self-directed learning in video games.

Furthermore, this study highlights the need to reduce or eliminate external control factors in digital pedagogy to enhance self-directed learning in video games. Future research should investigate the most effective strategies for reducing external control factors and promoting intrinsic motivation and identified regulation in digital pedagogy.

ACKNOWLEDGMENT

The researchers would like to express their deepest gratitude to all the participants who generously shared their time and insights for this research project. The valuable contributions of the respondents greatly enriched the study and helped the researchers gain a better understanding of the topic. The researchers would also like to extend their thanks to Kristine T. Soberano, Ph.D. and Jeffric S. Pisueña, Ph.D., for their guidance and support throughout the research process. Their expertise and feedback were instrumental in shaping the direction of the study.

REFERENCES

[1] W. Toh and D. Kirschner, «Self-directed learning in video games, affordances and pedagogical implications for teaching and learning,» *Comput Educ,* vol. 154, p. 103912, 2020, doi: https://doi.org/10.1016/j.compedu.2020.103912.

[2] R. Ferguson *et al.,* «Innovating Pedagogy 2019: Open University Innovation Report 7.» Feb. 2019. doi: 10.13140/RG.2.2.16773.40161.

[3] M. Okur and E. Aygenc, «Video games as teaching and learning tool for environmental and space design,» *Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education,* vol. 14, no. 3, 2018, doi: 10.12973/ejmste/80932.

[4] M. Hartt, H. Hosseini, and M. Mostafapour, «Game On: Exploring the Effectiveness of Game-based Learning,» *Planning Practice & Research,* vol. 35, no. 5, pp. 589–604, 2020, doi: 10.1080/02697459.2020.1778859.

[5] L. Legault, «Intrinsic and Extrinsic Motivation,» *Encyclopedia of Personality and Individual Differences,* Feb. 2016, doi: 10.1007/978-3-319-28099-8_1139-1.

[6] D. Eseryel, V. Law, D. Ifenthaler, X. Ge, and Raymond. Miller, «An investigation of the interrelationships between motivation,» *J Educ Techno Soc,* vol. 17, no. 1, 2014.

[7] H. Y. Sung, G. J. Hwang, C. J. Lin, and T. W. Hong, «Experiencing the Analects of Confucius: An experiential game-based learning approach to promoting students' motivation and conception of learning,» *Comput Educ,* vol. 110, 2017, doi: 10.1016/j.compedu.2017.03.014.

[8] F. Fernández-Aranda *et al.,* «Video games as a complementary therapy tool in mental disorders: PlayMancer, a European multicentre study,» *Journal of Mental Health,* vol. 21, no. 4, 2012, doi: 10.3109/09638237.2012.664302.

[9] A. Hawlitschek and S. Joeckel, «Increasing the effectiveness of digital educational games: The effects of a learning instruction on students' learning, motivation and cognitive load,» *Comput Human Behav,* vol. 72, 2017, doi: 10.1016/j.chb.2017.01.040.

[10] Self-Determination Theory: Basic Psychological Needs in Motivation, Development, and Wellness. 2017. doi: 10.1521/978.14625/28806.

[11] K. M. Kapp, The Gamification of Learning and Instruction: Game-based Methods and trategies for training and education. 2012.

[12] T. M. Connolly, E. A. Boyle, E. MacArthur, T. Hainey, and J. M. Boyle, «A systematic literature review of empirical evidence on computer games and serious games,» *Comput Educ,* vol. 59, no. 2, 2012, doi: 10.1016/j.compedu.2012.03.004.

[13] «The anti-education era: creating smarter students through digital learning,» *Choice Reviews Online,* vol. 51, no. 01, 2013, doi: 10.5860/choice.51-0410.

[14] J. F. Molina-Azorin, «Mixed methods research: An opportunity to improve our studies and our research skills,» *European Journal of Management and Business Economics,* vol. 25, no. 2, 2016, doi: 10.1016/j.redeen.2016.05.001.

[15] E. S. Association, «Essential Facts About the Computer and Video Game Industry 2019,» *Media,* 2019.

[16] F. Guay, R. J. Vallerand, and C. Blanchard, «On the assessment of situational intrinsic and extrinsic motivation: The Situational Motivation Scale (SIMS),» *Motiv Emot,* vol. 24, no. 3, 2000, doi: 10.1023/A: 1005614228250.

[17] M. Standage, D. C. Treasure, J. L. Duda, and K. A. Prusak, «Validity, reliability, and invariance of the Situational Motivation Scale (SIMS) across diverse physical activity contexts,» *J Sport Exerc Psychol,* vol. 25, no. 1, 2003, doi: 10.1123/jsep.25.1.19.

[18] N. M. C. H. Report, NMC Horizon Report: 2016 Higher Education Edition. 2016.

[19] J. Lumsden, E. A. Edwards, N. S. Lawrence, D. Coyle, and M. R. Munafò, «Gamification of cognitive assessment and cognitive training: A systematic review of applications and efficacy,» *JMIR Serious Games,* vol. 4, no. 2. 2016. doi: 10.2196/games.5888.

[20] M. J. Dondlinger, «Educational video game design: A review of the literature,» *Journal of Applied Educational Technology,* vol. 4, no. 1, 2007, doi: 10.1108/10748120410540463.

[21] D. J. Shernoff, M. Csikszentmihalyi, B. Schneider, and E. S. Shernoff, «Student engagement in high school classrooms from the perspective of flow theory,» *School Psychology Quarterly,* vol. 18, no. 2. 2003. doi: 10.1521/scpq.18.2.158.21860.

[22] P. A. Kirschner, J. Sweller, and R. E. Clark, «Why minimal guidance during instruction does not work: An analysis of the failure of constructivist, discovery, problem-based, experiential, and inquiry-based teaching,» *Educ Psychol,* vol. 41, no. 2, 2006, doi: 10.1207/s15326985ep4102_1.

International Journal of Innovation and Applied Studies
ISSN 2028-9324 Vol. 39 No. 2 Apr. 2023, pp. 564-578
© 2023 Innovative Space of Scientific Research Journals
http://www.ijias.issr-journals.org/

تحسين قابلية الأقمشة القطنية للصباغة بمستخلص لحاء شجرة الجوز باستخدام الكيتوزان والتثبيت بمواد صديقة للبيئة

[Improving the Dyeability of Cotton Fabrics with Walnut tree bark Extract using Chitosan and Fixation with Environmentally Friendly Materials]

هند أحمد الصبحي، أسماء عبد الله سالم

قسم تصميم الأزياء، كلية التصاميم والفنون، جامعة جدة، المملكة العربية السعودية

Hind Ahmed Alsubhi and Asmaa Abdullah Salem

Fashion design department, College of Art and Design, Jeddah University, Saudi Arabia

Copyright © 2023 ISSR Journals. This is an open access article distributed under the ***Creative Commons Attribution License***, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

ABSTRACT: Nowadays, it has become important to find different ways to reduce the problems resulting from the textile industry, and one of the most important ways is to replace synthetic dyes with natural dyes, and therefore the research aims to create an integrated and environmentally safe dyeing system by dyeing cotton fabrics with Walnut tree bark extract and improving the dye absorption capacity of cotton by chitosan treatment as well as improving the color fastness properties by simultaneous treatment with environmentally friendly mordants. To achieve these goals several parameters were studied, namely: the dye extraction process, conditions of the chitosan treatment, conditions of the dyeing process, as well as conditions of the fixation process using eco-friendly mordants (citric acid, tannic acid, and ammonium alum). The researcher concluded that the optimal conditions for the dye extraction process, which gives the maximum color value, was the process of soaking the plant powder for two hours at a pH of 5.6 at room temperature, the best concentration of chitosan is 4% (v.w), the curing temperature is 160 ° C for 3 minutes. And that the optimal conditions for the dyeing process are: 80% (v.w) dye extract, pH 6, a temperature of 90 °C, and a dyeing time is 60 minutes. One of the most important recommendations of the researcher was to conduct more research on the application of walnut tree bark extract on different fabrics and use various mordants to develop a wide range of shades as well as study its medicinal properties on natural fabrics.

KEYWORDS: Walnut tree Bark, Natural Dyes, Fastness Properties, Dyeing, Cotton, Chitosan, Eco-Friendly mordants.

ملخص: ينتج عن الصناعات النسيجية أضرار بيئية وصحية، ولذا أصبح من المُهم إيجاد طرق مختلفة تقلل من هذه الأضرار، ويعتبر أحد أهم الطرق هو استبدال الصبغات الصناعية وموادها بالصبغات الطبيعية، ولذلك يهدف البحث إلى خلق نظام صباغة متكامل وآمن بيئياً من خلال صباغة الأقمشة القطنية بمستخلص لحاء شجرة الجوز وتحسين قابلية القطن لامتصاص الصبغة عن طريق معالجة الكيتوزان وكذلك تحسين خواص الثبات اللوني عن طريق المعالجة المتزامنة بمثبتات صديقة للبيئة. ولتحقيق أهداف البحث قامت الباحثة بدراسة ظروف عملية استخلاص الصبغة وظروف عملية المعالجة بالكيتوزان وظروف عملية الصباغة وكذلك دراسة ظروف عملية التثبيت باستخدام مثبتات آمنة بيئياً. توصلت الباحثة إلى أن الظروف المثلى لعملية استخلاص الصبغة والتي تعطي أقصى قيمة لونية كانت بعملية نقع مسحوق النبات لمدة ساعتين في درجة أس هيدروجيني 5.6 وعند درجة حرارة الغرفة، وأن أفضل تركيز للكيتوزان هو 4% من حجم المحلول، درجة حرارة المعالجة 160°م لمدة 3 دقائق. وأن الظروف المثلى لعملية الصباغة هي: 80% مستخلص صبغة بالنسبة لحجم المحلول، درجة الأس الهيدروجيني 6، درجة الحرارة 90°م، وزمن الصباغة 60 دقيقة. وكانت من أهم توصيات الباحثة إجراء مزيد من البحوث حول تطبيق صبغة لحاء شجرة الجوز على خامات مختلفة متنوعة للحصول على درجات لونية عديدة ودراسة الخصائص الطبية لها، كذلك التوصية بالاستفادة من تطبيق الصبغات الطبيعية في المشاريع الصغيرة.

كلمات دلالية: لحاء شجرة الجوز، الصبغات الطبيعية، خواص الثبات، الصباغة، القطن، الكيتوزان، مثبتات صديقة للبيئة.

1. المقدمة

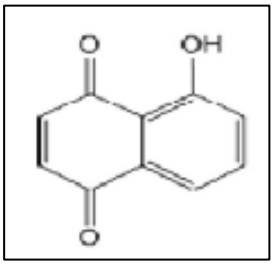
مع الوعي البيئي الحاصل في السنوات الأخيرة أصبح من المُهم إيجاد بدائل للصبغات الصناعية التي تسبب تلوث البيئة وتضر بصحة الإنسان فلذلك اهتم الباحثون بتطوير العديد من الدراسات لتجنب آثار المواد الكيميائية السامة في الصناعات النسيجية ولمواجهة هذا التحدي حلت الصبغات الطبيعية محل الصبغات الصناعية، وفي محاولة لإيجاد مصادر متنوعة للصبغات الطبيعية يتم استخدام أجزاء مختلفة من النباتات كالزهور والورق والجذور واللحاء [1].

وتعتبر الصبغة المستخلصة من لحاء شجرة الجوز واحدة من أهم الصبغات الطبيعية حيث تتمتع هذه الصبغة بإمكانية صباغتها لكل من الصوف والحرير والقطن وكذلك النايلون حيث تعطي هذه الصبغة اللون البني الطبيعي [2] [3]، ويعطي لحاء شجرة الجوز صبغة بنية اللون في حال كون الشجرة ناضجة و صبغة سوداء في حال كون الشجرة غير ناضجة [4] ، وتعرف شجرة الجوز باسمها اللاتيني Juglans regia Lحيث تمتلك قيمة اقتصادية كبرى ويرجع ذلك إلى أن جميع أجزاءها يتم الاستفادة منها [5] حيث يتم استخدام أجزاء كبيرة منها للصباغة والدباغة [6] ويعتبر المكون اللوني في شجرة الجوز هو صبغة الجغلون (Juglone) والتي تشتق من النفثوكينون [7]، والصيغة الجزيئية لمركب الجغلون هي ($C_{10}H_6O_3$) شكل (1) [2] وتمتلك المكونات النباتية المختلفة الموجودة في شجرة الجوز مجموعة من الخصائص الطبية والعلاجية حيث أنها مدرة للبول ، مضادة للأكسدة ، مضادة للإسهال ، ومضادة للالتهابات والبكتيريا والفطريات كما أنها تدخل في تركيب مستحضرات التجميل والمواد الحافظة الغذائية، كما أن هذه الشجرة لديها إمكانيات إنتاج مواد لونية متعددة وذلك عن طريق قشور الثمار والأوراق واللحاء وكذلك الجذع [8].

وعلى الرغم من المميزات العديدة للصبغات الطبيعية إلا أن لها بعض العيوب مثل انخفاض شدة اللون وخصائص الثبات اللوني على الألياف السليلوزية وهذا يحد من استخدامها في الصناعات النسيجية [9] [10]. وقد قامت بعض الدراسات بمحاولة تحسين قابلية الألياف السيليلوزية للصبغات الطبيعية والتي تعرف بأنها ذات طبيعة أنيونية وذلك عن طريق إدخال مواقع كاتيونية داخل السليلوز لزيادة امتصاص الصبغة، حيث يتم معالجة الأقمشة القطنية بالكيتوزان لإكسابها شحنات موجبة بواسطة مجموعات الأمين (NH_2) ومن ثم تكوين روابط عرضية (crosslinking) بين القطن والكيتوزان ينتج عن ذلك تأين سطح الخامة وحدوث تجاذب الكتروستاتيكي مما يزيد من امتصاص الصبغة [11]، ويعتبر الكيتوزان نوع من أنواع البوليمرات الحيوية التي يمكن الحصول عليها من مصادر حيوانية/ بحرية أو يتم الحصول عليها من النفايات الزراعية كالفطر وذلك بعد نزع الكيتين منها كما يمكن العثور عليه في الهياكل الخارجية للمفصليات والرخويات [12]، وقد شغل تطبيق الكيتوزان حيز واسع في الصناعات النسيجية وذلك لكلفته المنخفضة وعدم سميته وسهولة تحلله كما أنه بوليمر نشط كيميائياً ويساهم في تحسين الصباغة [13].

وإلى جانب استخدام الكيتوزان يتم استخدام المثبتات (Mordants) والتي بدروها تساهم في تحسين ثبات الصبغة على الألياف إذ قد يتلاشى اللون مع الغسيل وأثناء تعرضه للضوء، فترتبط هذ المثبتات مع الصبغات برابطة كيميائية فتساعد الألياف على امتصاص الصبغة وتثبيتها وتمنع نزول اللون واستنزافه في حمام الصباغة [14]. ويتم تطبيق المثبتات في الصباغة بثلاث طرق وهي: معالجة التثبيت السابقة (Pre-Mordanting process) حيث يتم فيها المعالجة بالمثبت ثم الصباغة, معالجة التثبيت المتزامنة (Meta Mordanting Process) حيث يتم فيها المعالجة بالمثبت والصباغة في حمام واحد, عملية التثبيت اللاحقة (Post-Mordanting process) وفيها يتم معالجة القماش بعد عملية الصباغة [15].

و قد تسبب هذه المثبتات تغيرات في العوامل اللونية وتنشأ تغير واضح في اللون مما يساهم في إنشاء مجموعات لونية كبيرة للصبغات الطبيعية، ويمكن استخدام أنواع مختلفة من المثبتات أو يتم التوليف بينها للحصول على درجات لونية مختلفة وذلك يزيد من امتصاص الصبغة ويحسن من الثبات [16]،ولكن على الرغم من مميزاتها إلا أنها تمتلك مخاطر بيئية وصحية لا حصر لها ويمكن معالجة مخاطرها باستخدامها بتركيزات منخفضة لا تضر بالبيئة مع مراعاة الصبغة ونوع النسيج [17] ولكن مازال هناك ضرورة مُلحة لإيجاد المثبتات الطبيعية والآمنة بيئياً، حيث اتجهت بعض الدراسات لاستخدام المثبتات الطبيعية كالسماق والعفص وغيرها [18]، إلى أن ما يعيبها هو أنها تؤثر على لون الصبغة الطبيعي وتؤدي إلى صباغة بظلال قاتمة. لذلك في هذا البحث تم دراسة امكانية استخدام حمض الستريك (citric acid) وحمض التانيك (tannic acid) كمثبتات للصبغات الطبيعية كذلك تم استخدام شب الأمونيوم (ammonium alum) وهو أحد المثبتات الشائعة الاستخدام ويعتبر أحد أملاح المعادن الآمنة بيئياً , كما تم تطبيق المثبتات بالمعالجة المتزامنة لعملية الصباغة (Meta- mordanting method)، حيث أنها توفر الطاقة والوقت والمياه، وتم دراسة تأثير تركيزات مختلفة من المثبتات في حمام الصباغة لمستخلص لحاء شجرة الجوز على شدة اللون والعوامل اللونية للعينات القطنية المعالجة بالكيتوزان والمصبوغة وبعد ذلك تم تحديد التركيز المثالي الذي أعطى أقصى قيمة لونية للعينات القطنية المصبوغة، ثم اختبار درجات الثبات اللوني لها ضد العوامل المختلفة كالغسيل،والعرق القلوي والحامضي، إلى جانب الاحتكاك الجاف والرطب والثبات للضوء.



شكل1. يوضح التركيب الكيميائي لصبغة الجغلون [2]

2. مشكلة البحث

- ماهي الظروف المثلى لعملية استخلاص الصبغة من نبات لحاء شجرة الجوز؟
- ماهي الظروف المثلى لعملية معالجة القطن بالكيتوزان؟
- ما هو تأثير المعالجة بالكيتوزان على قابلية القطن لامتصاص مستخلص لحاء شجرة الجوز؟
- ماهى الظروف المثلى لعملية الصباغة بمستخلص لحاء شجرة الجوز؟
- ما هو تأثير المعالجة بالمثبتات على درجات الثبات اللوني لأقمشة القطن المصبوغة بمستخلص لحاء شجرة الجوز؟

3. الأهداف

- دراسة ظروف استخلاص الصبغة من نبات لحاء شجرة الجوز والتوصل للظروف المثلى لعملية الاستخلاص.
- دراسة ظروف المعالجة بالكيتوزان بهدف تحسين قابلية الأقمشة القطنية للصباغة بمستخلص لحاء شجرة الجوز.
- دراسة ظروف عملية الصباغة بهدف التوصل إلى الظروف المثلى لعملية الصباغة بمستخلص لحاء شجرة الجوز.
- تحسين الثبات اللوني للأقمشة القطنية المصبوغة بمستخلص لحاء شجرة الجوز بمواد آمنة بيئيا.

4. الفروض

- الفرضية الأولى: تغيير الأس الهيدروجيني والزمن في عملية الاستخلاص يؤثران في كمية الصبغة المستخلصة من نبات لحاء شجرة الجوز.
- الفرضية الثانية: اجراء معالجة الكيتوزان قبل عملية الصباغة يزيد من قابلية الأقمشة القطنية لامتصاص الصبغة المستخلصة من لحاء شجرة الجوز.
- الفرضية الثالثة: تغير الأس الهيدروجيني ودرجة الحرارة والزمن يؤثران في العمق اللوني للأقمشة القطنية المصبوغة بمستخلص لحاء شجرة الجوز.
- الفرضية الرابعة: المعالجة المتزامنة بالمثبتات الصديقة للبيئة قد تحسن بعض خواص الثبات اللوني للأقمشة القطنية المصبوغة بمستخلص لحاء شجرة الجوز.

5. منهج البحث

اتبعت الدراسة المنهج التجريبي للوصول إلي أهداف البحث.

6. الدراسات السابقة

6.1. محور الصبغات الطبيعية

- دراسة كل من Ticha, Slama, Dhouibi, Boudokhane, & Dhaouadi, بعنوان Bark residues recovery of Juglans regia.L dyeing of wool fabrics: development of microwave-assisted extraction and dyeing processes.(2022)[1] تهتم هذه الدراسة باتباع نهج صديق للبيئة حيث تتخذ من لحاء شجرة الجوز مستخلص لصباغة الأقمشة الصوفية، فهو يعتبر منن النفايات التي يصعب التخلص منها، فتم استخلاص الصبغة عن طريق الميكروويف، وتم دراسة درجة الحموضة الملائمة لهذه الصبغة، كما تم تقييم جودة الصباغة عن طريق حساب العوامل اللونية المختلفة بالإضافة إلى شدة اللون، إلى جانب ذلك تم تقدير خواص ثبات الصبغة لكل من الغسيل والاحتكاك والضوء، وتوصلت هذه الدراسة إلى عدد من النتائج ومنها أن الصباغة بواسطة الميكروويف تعطي قيم لونية عالية ودرجة ثبات جيد ة بالنسبة لخواص الثبات اللوني، إلى جانب ذلك توصلت هذه الدراسة إلى أن هذه الصبغة يمكن استخدامها لصباغة العديد من الألياف.

- دراسة كل من Arifeen, Rehman, Adeel, Zuber, Ahmad, & Ahmad, بعنوان Environmental friendly extraction of walnut bark-based juglone natural colorant for dyeing studies of wool fabric (2021)[8] تتبع هذه الدراسة المنهج التجريبي، وتهدف إلى صباغة الصوف بلحاء شجرة الجوز والذي يحتوي بدوره على صبغة الجغلون (Juglone) باستخدام الأشعة فوق الصوتية كأداة صديقة للبيئة، كما تم استخدام عدد من المثبتات الصديقة للبيئة أيضاً كالألمونيوم والحديد والتانيك إلى جانب مثبتات طبيعية كالكركم والحناء والرمان ولحاء شجرة الأكاسيا وذلك في ظروف مثالية، وأظهرت هذه الدراسة عدد من النتائج ومنها بأن استخدام مثبت الكركم قبل الصباغة واستخدام مستخلص مثبت لحاء الأكاسيا بعد الصباغة ينتج ألوان متنوعة ومتميزة مقارنة بالمثبتات الصناعية، كما تم التوصل إلى أن استخدام الأشعة فوق الصوتية في عملية الاستخلاص ساهم في تحسين الصباغة بشكل كبير بواسطة لحاء شجرة الجوز.

- دراسة Al-Saaedi بعنوان Application Of Juglans regia L. Bark Extracts as An Alternative Dye For Histological Studies (2018)[19] تتبع هذه الدراسة المنهج التجريبي حيث تهدف إلى إيجاد صبغة طبيعية بديلة لصبغة اليوزين الصناعية (Eosin) والتي بدروها تستخدم في تلوين نواة الخلايا النسيجية، تم الحصول على مستخلص لحاء هذه الشجرة عن طريق الاستخلاص بواسطة الايثانول ولمدة أربع ساعات، أثبت هذا المستخلص بأنه بديل جيد لهذه الصبغة الصناعية، كما يمتلك المستخلص طبيعة حامضية إذ يحتوي على مركبات الفلافونيد وهي بدورها تحتوي على مركبات البوليفينول والتي تساهم في إطلاق الهيدروجين من مجموعة الهيدروكسيل المتواجدة في هذا النبات.

- دراسة كل من Ali Khan, Shahid-Ul-Islam, & Mohammad, بعنوان Extraction of natural dye from walnut bark and its dyeing properties on wool yarn (2016)[20] تهدف هذه الدراسة إلى استخراج الصبغة الطبيعية الموجودة في لحاء شجرة الجوز والتعرف على مدى قدرتها على صباغة ألياف الصوف ومدى تأثير تركيز كبريتات ألومنيوم البوتاسيوم (Al_2K_2 (SO) $_4.24H_2O$) على عملية الصباغة وخواص الثبات والعوامل اللونية باستخدام طريق المعالجة بالتثبيت المسبق لهذه الألياف، أظهرت هذه الدراسة عدد من النتائج تتلخص في أن مستخلص الصبغة يصلح لصباغة ألياف الصوف كما انه ينتج ألوان لها ثبات جيد للضوء والغسيل، كما أن الصوف قد يصبغ مع أو بدون الأملاح المعدنية وهذه الأملاح تنتج تدرجات لونية عديدة كما تساعد على زيادة القوة اللونية ويحسن من خصائص الثبات للصوف المصبوغ.

6.2. محور الكيتوزان (Chitosan)

- دراسة كل من Poornima, Anitha, & Kulloli, بعنوان Effect of chitosan on comfort and functional properties of synthetic dyed cotton fabric. (2021) [21] المنهج المستخدم في هذه الدراسة هو المنهج التجريبي، وتركز هذه الدراسة على معرفة مدى تأثير الكيتوزان على الخواص الوظيفية والخواص الفيزيائية على الأقمشة القطنية وقد توصلت هذه الدراسة إلى تحسن ثبات الصبغة للغسيل والاحتكاك الرطب والجاف والتعرق مقارنة بالعينات غير المعالجة وأظهرت العينات خصائص مضاد لكل من بكتيريا (E.coli) و(S. aureus) و(A.niger).

- دراسة Heba Abd El Mohsen Ghazal بعنوان Enhancement of dye-ability and antibacterial properties of cotton fabrics via modification with chitosan (2020) [22] استخدمت هذه الدراسة المنهج التجريبي وهدفت إلى تحسين وتطوير الخصائص الوظيفية والبيولوجية للأقمشة القطنية المصبوغة عن طريق استخدام الكيتوزان وأظهرت هذه الدراسة أن التركيز الأمثل للكيتوزان 4% وأن الكيتوزان ساهم في تحسين قيم (K/S) من حيث الثبات للضوء والغسيل مقارنة بالعينات غير المعالجة، كما أن العينات المعالجة بالكيتوزان لها خصائص مضادة للبكتيريا السالبة (E.coli) والموجبة (S. aureus)

- دراسة كل من Bhuiyan, Shaid, & Khan, بعنوان Cationization of cotton fiber by chitosan and its dyeing with reactive dye without salt. (2014) [11] هذه الدراسة من الدراسات الصديقة للبيئة التي اتبعت المنهج التجريبي إذ تم استخدام الصبغات التفاعلية عن طريق تطبيق صباغة خالية من الأملاح وتم فيها المعالجة المسبقة بالكيتوزان حتى يزيد من استنفاد الصبغة في حمام الصباغة، توصلت هذه الدراسة إلى وجود علاقة طردية بين تركيز الكيتوزان وقيم (K/S) فكلما ازداد تركيز الكيتوازن

كلما ارتفعت قيم (K/S)، وكانت قيم امتصاص الصبغة أعلى من النسيج المصبوغ بالأملاح، ولم يحصل الباحثون على أي تحسن في قيم الثبات اللوني للنسيج المعالج بالكيتوزان والمصبوغ.

7. المواد

7.1 الخامة النسجية

تم اختيار قماش قطن 100% مغسول ومبيض يمتلك تركيب نسجي سادة 1/1، تم غسيل القماش بواسطة صابون غير أيوني (Non Ionic detergent) عند درجة 90°م ولمدة 15 دقيقة ثم تم شطفه جيدا بالماء الدافئ والبارد.

7.2 المواد الطبيعية

7.2.1 الصبغة الطبيعية

تم استخلاص الصبغة من لحاء شجرة الجوز تم شراؤه من عطارة بيت الحكمة في منطقة جدة, تم طحنه جيداً حتى أصبح مسحوق ناعم.

7.2.2 الكيتوزان

هو عبارة عن(deacetylated chitin and poly(D-glucosamine انتاج شركة(Sigma-Aldrich,Germany) في ألمانيا

7.3 المواد الكيميائية

كربونات الصوديوم (Sodium carbonate), حمض الخليك (Acetic acid), حمض الستريك (Citric acid)، حمض التانيك (Tannic acid), شب الأمونيوم (Ammonium alum) انتاج شركة سيجما الدريتش بألمانيا (Sigma-Aldrich,Germany).

7.4 المواد المساعدة

7.4.1 صابون غير أيوني (Non Ionic detergent)

اسمه التجاري Triton X-100, انتاج شركة ميرك الألمانية (Merck Company).

8. الطرق

8.1 الاستخلاص بواسطة النقع

تم تحضير مستخلص الصبغة عن طريق تجفيف لحاء شجرة الجوز -وهو الجزء الذي يحتوي المادة الملونة- في درجة حرارة الغرفة للحفاظ على جميع صفاته وتم طحنه وتصفيته للحصول على مسحوق ناعم ومتجانس، تم تطبيق تجربة مسبقة عن طريق الاستخلاص بواسطة الغليان، وكانت نتائج النقع هي الأمثل ومن ثم تم نقع المسحوق الذي يحتوي على المادة الملونة في الماء عند درجة حرارة الغرفة وفق فترة زمنية محددة وأخيرا تم ترشيحه، وقد تم دراسة العوامل المؤثرة في عملية استخلاص الصبغة من النبات كالآتي:

8.1.1 تأثير درجة الأس الهيدروجيني لحمام النقع على استخلاص الصبغة

في هذه التجربة تم دراسة تأثير تغير الأس الهيدروجيني لحمام النقع مع ثبات المدة الزمنية على كمية الصبغة المستخلصة من لحاء شجرة الجوز، حيث تم نقع 10 جرام من مسحوق النبات في 100 مل من الماء المقطر عند درجة حرارة الغرفة لمدة 4 ساعات وتم ضبط الأس الهيدروجيني للحمام بدرجات مختلفة كالآتي: 4.6- 5.6-7.6- 8.6- 9.6، بعد ذلك تم ترشيح محلول الصبغة المستخلصة واستخدامها فيما بعد في صباغة العينات القطنية طبقاً لما يأتي: تم بدأ عملية الصباغة في حمام حجمه 50:1 (L:R)- وهي تعني أن كل 1 جم من القماش يستخدم معه 50 مل من محلول الصبغة - وباستخدام مستخلص الصبغة بتركيز100% تم بدأ عملية الصباغة عند 50م ثم تم رفع درجة الحرارة بشكل تدريجي خلال 10 دقائق حتى وصلت إلى 90م ، وتم تثبيت درجة الحرارة عند 90 لمدة 60 دقيقة تخللها تقليب العينة على فترات متقاربة للحصول على صباغة متجانسة، وبعد انتهاء عملية الصباغة تم شطف العينات بشكل جيد بالماء الجاري، ثم تم غسيلها بواسطة منظف أيوني طبقاً لحمام التصبين الآتي: حجم المحلول 50:1 (1 جم قماش :50 مل محلول صابون)، 2 جم / لتر منظف غير أيوني (Non Ionic detergent) ، عند درجة الحرارة تساوي عند 70م، ولمدة 15 دقيقة، ثم الشطف النهائي بالماء.

8.1.2 تأثير زمن عملية النقع على استخلاص الصبغة

تم دراسة التأثير الذي يلعبه تغير زمن النقع مع توحيد درجة الأس الهيدروجيني لحمام النقع على كمية الصبغة المستخلصة من لحاء شحرة الجوز. والتي تم قياس العمق اللوني الناتج عنها على قماش القطن بعد صباغته، حيث تم تحضير محلول الصبغة بتركيز 10% أي أنه تم نقع كل 10 جرام من مسحوق النبات في 100مل من الماء المقطر، ثم تم ضبط الأس الهيدروجيني عند 5.6 للصبغة ثم تُركت لفترات زمنية مختلفة وهي (2، 4، 5، 8، 12) ساعة، وبعد ذلك تم ترشيح الصبغة وصباغة الأقمشة القطنية وغسيلها بالطريقة السابق ذكرها.

8.2. دراسة العوامل التي تؤثر على عملية معالجة الكيتوزان

- **تحضير الكيتوزان**: تم تحضيره بإضافة 1جم كيتوزان إلى محلول حمض الخليك بتركيز (1%) وتحريكه بواسطة القلاب الكهربائي إلى أن تم الوصول إلى القوام المطلوب وتُرك المحلول في درجة حرارة الغرفة لمدة 24 لضمان تجانسه.
- **طريقة المعالجة بالكيتوزان:** بواسطة طريقة الغمر والمعالجة الحرارية (Pad-dry-cure) حيث تم غمر الأقمشة في محلول الكيتوزان عند تركيزات مختلفة لمدة 3 دقائق بنسبة تشرب 100% (Pick up)ثم تم تعريض الأقمشة للتجفيف عند درجة حرارة 70°م لمدة 2 دقيقة وتمت المعالجة الحرارية بدرجات حرارة مختلفة وأزمنة مختلفة.

8.2.1. تأثير تركيز الكيتوزان

في هذه التجربة تم دراسة تأثير استخدام تركيزات مختلفة من الكيتوزان (2%، 4%، 6%، 8%،10%) بالنسبة للمحلول (v.w) نسبة المحلول 50:1 (L:R)ثم التجفيف عند درجة حرارة 70 °م لمدة 2 دقيقة ثم المعالجة الحرارية عند 160°م لمدة 3 دقائق.

8.2.2. تأثير درجة حرارة المعالجة الحرارية

في هذه التجربة تم دراسة تأثير تغير درجة حرارة المعالجة الحرارية مع ثبات المدة الزمنية لها وقد تمت عملية المعالجة باستخدام الكيتوزان بتركيز 4% بالنسبة للمحلول (v.w)نسبة المحلول 50:1 (L:R) ثم التجفيف عند درجة حرارة 70 °م لمدة 2 دقيقة ثم المعالجة الحرارية عند درجات حرارة 120° ،140°،160°، 180°، 200°م ولمدة 3 دقائق.

8.2.3. تأثير زمن المعالجة الحرارية على ظروف المعالجة بالكيتوزان

في هذه التجربة تم دراسة تأثير تغير زمن المعالجة الحرارية مع ثبات تركيز الكيتوزان ودرجة حرارة المعالجة الحرارية (curing) وقد تمت عملية المعالجة باستخدام الكيتوزان بتركيز4% بالنسبة للمحلول (v.w) نسبة المحلول L:R 50:1 ثم تم التجفيف عند درجة حرارة 70 °م لمدة 2 دقيقة ثم المعالجة الحرارية باستخدام فترات زمنية مختلفة وهي (1، 2، 3، 4، 5) دقائق وذلك عند درجة الحرارة المثلى المستخلصة من التجربة السابقة وهي 160°م.

8.3. دراسة العوامل التي تؤثر على ظروف عملية الصباغة

بعد استنتاج الظروف المثالية لعملية المعالجة بالكيتوزان تم معالجة الأقمشة القطنية بالكيتوزان بتركيز 4% من حجم المحلول مع نسبة تشرب100% (Pick up) ، وكان حجم المحلول (L:R) 50:1، ثم معالجتها حرارياً عند درجة 160° م لمدة 3 دقائق ، ثم تم صباغة الأقمشة القطنية بصبغة لحاء شجرة الجوز وذلك بعد تحديد الظروف المثالية للاستخلاص.

8.3.1. تأثير درجة الأس الهيدروجيني لحمام الصباغة على العمق اللوني للأقمشة المصبوغة

في هذه التجربة تم دراسة مدى تأثير تغيير درجة الأس الهيدروجيني لحمام الصباغة على شدة اللون للأقمشة القطنية المصبوغة حيث تم ضبط درجة الأس الهيدروجيني عند درجات (4، 5، 6، 7، 8، 9) مع ضبط درجة الحرارة عند90°م واستمرت الصباغة لمدة 60 دقيقة، حيث تم استخدام مستخلص الصبغة بتركيز100% وحجم المحلول 100:1 بعد انتهاء عملية الصباغة تم غسيل الأقمشة كما ذُكر سابقاً.

8.3.2. تأثير تركيز مستخلص الصبغة على العمق اللوني للأقمشة المصبوغة

تم دراسة عامل تركيز الصبغة لمعرفة التركيز الأمثل لمستخلص الصبغات النباتية والذي يعطي أقصى شدة لون على الأقمشة القطنية لذلك تم دراسة تركيزات مختلفة من مستخلص الصبغة وهي كالآتي : (20%، 40%، 60%، 80%، 100%) بالنسبة لحجم المحلول

مع ضبط درجة الأس الهيدروجيني عند 5 وضبط درجة الحرارة عند90° م لمدة 60 دقيقة، وكان حجم المحلول 100:1 وتمت عملية الصباغة والغسيل كما سبق ذكره.

8.3.3. تأثير درجة حمام الصباغة على العمق اللوني للأقمشة المصبوغة

تم دراسة مدى تأثير درجة حرارة حمام الصباغة على العمق اللوني للأقمشة المصبوغة حيث تم دراسة تأثير درجات حرارة مختلفة كالآتي: 30°، 50°، 70°، 90°، 100°م، إلى جانب ذلك ضُبط الأس الهيدروجيني عند 5 ، وتم إجراء عملية الصباغة بمستخلص تركيزه 80% من حجم المحلول وتمت الصباغة في درجة حرارة 90° ولمدة 60 دقيقة وبعد ذلك تم شطف الأقمشة وغسيلها بالماء والصابون.

8.3.4. تأثير زمن عملية الصباغة على العمق اللوني للأقمشة المصبوغة

في هذه التجربة تم دراسة تأثير زمن الصباغة في تحديد المدة الزمنية التي تساهم في الحصول على أقصى شدة لون للأقمشة المصبوغة، حيث تم إجراء عملية الصباغة لفترات زمنية مختلفة وهي كالآتي : 30، 45، 60، 75، 90 دقيقة، وتم ضبط درجة الأس الهيدروجيني لكلا الصبغتين عند 5، كما تم استخدام 80% من مستخلص الصبغة للصباغة العينات القطنية وكانت درجة الحرارة التي تمت فيها عملية الصباغة 90° ولمدة 60 دقيقة.

8.4. دراسة ظروف المعالجة بالمثبتات (Mordants)

عولجت جميع عينات هذه التجربة بالكيتوزان بتركيز 4% من حجم المحلول مع نسبة تشرب 100% (pick up) ، عند درجة حرارة 160° م وكانت مدة المعالجة الحرارية 3 دقائق، ثم تم دراسة تثبيت الصبغات الطبيعية المستخلصة من لحاء شجرة الجوز باستخدام المعالجة المتزامنة لعملية الصباغة (Meta- mordanting method)، وتم تطبيق المعالجة بواسطة عدد من المثبتات الآمنة بيئياً وهي: حمض الستريك، حمض التانيك، شب الأمونيوم.

حيث تم معالجة الأقمشة بالتركيزات التالية: (2%، 4%، 6%، 8%، 10%) من وزن الخامة وكان ذلك عند درجة 60م ولمدة 30 دقيقة وتمت الصباغة باستخدام تركيز80% من مستخلص لحاء شجرة الجوز، مع ضبط درجة الأس الهيدروجيني لحمام الصباغة للصبغة عند 5 والصباغة لمدة 60 دقيقة عند درجة حرارة 90م، وتمت عملية الغسيل كما تم ذكره سابقاً.

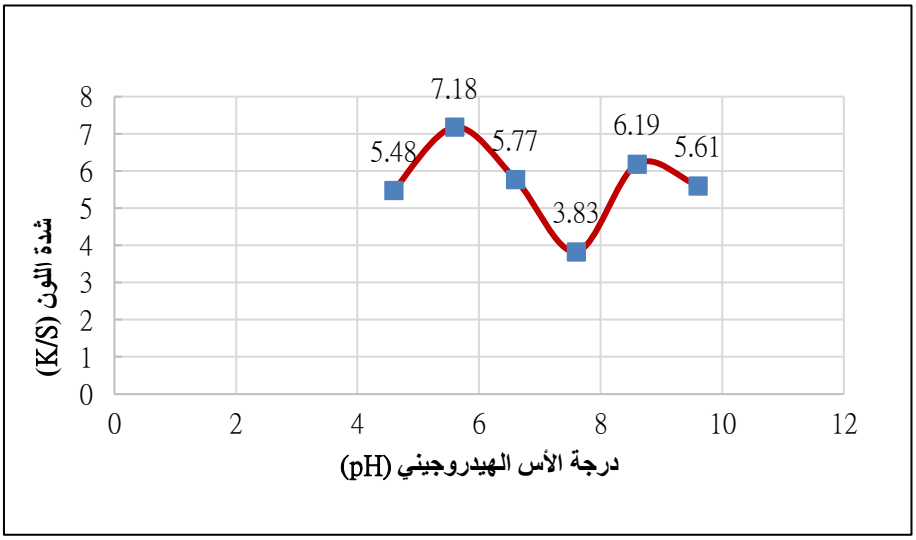
9. النتائج والمناقشة

نتائج الفرض الأول: تغيير الأس الهيدروجيني والزمن في عملية الاستخلاص يؤثران في كمية الصبغة المستخلصة من نبات لحاء شجرة الجوز.

9.1. الاستخلاص عن طريق النقع

9.1.1. تأثير درجة الأس الهيدروجيني لحمام النقع على استخلاص الصبغة

يتضح من الشكل (2) تأثير درجة الأس الهيدروجيني لحمام الاستخلاص عن طريق النقع على شدة اللون (K/S) لعينات القطن المصبوغة، وتشير النتائج إلى أن ارتفاع قيمة الأس الهيدروجيني من 4.6 إلى 5.6 يصاحبها ارتفاع في شدة اللون إلى أن تصل أقصاها عند درجة الأس الهيدروجيني 5.6 يليها حدوث انخفاض في شدة اللون يظهر بزيادة القلوية في حمام الاستخلاص.



شكل 2. تأثير الأس الهيدروجيني لحمام الاستخلاص بطريقة النقع على شدة اللون (K/S) لعينات القطن المصبوغة بمستخلص لحاء شجرة الجوز.

ظروف الاستخلاص: 10% تركيز الصبغة ، النقع: 4 ساعات في درجة حرارة الغرفة، ظروف الصباغة : 100% مستخلص، حجم المحلول: 1:100 L:R، لمدة 60 دقيقة، ، عند 90م.

تشير نتائج جدول (1) بأنه يمكن الحصول على تدرجات لونية مختلفة من خلال تغيير درجة الأس الهيدروجيني لحمام الاستخلاص بواسطة النقع، كما تشير نتائج قيم (a*) أنه بزيادة قلوية حمام الاستخلاص تزداد درجة الاحمرار للعينات المصبوغة، كما تقل درجة الاصفرار والتي يتم التعبير عنها من خلال قيم (b*) ويتضح أيضاً من النتائج انخفاض الزهاء اللوني (H) للعينات المصبوغة بزيادة قلوية حمام الاستخلاص لتصل إلى أقل درجاتها عند أس هيدروجيني 9.6، وربما قد يرجع سبب التغيير في اللون مع زيادة درجة الأس الهيدروجيني إلى التغيرات التي تحدث لكروموفور اللون وإعادة ترتيبه وتنظيمه (Chromophoric rearrangement) وذلك تحت الظروف القلوية [23].

جدول 1. يوضح العوامل اللونية المختلفة لمستخلص لحاء شجرة الجوز ومدى تأثرها باختلاف الأس الهيدروجيني لحمام الاستخلاص بواسطة النقع.

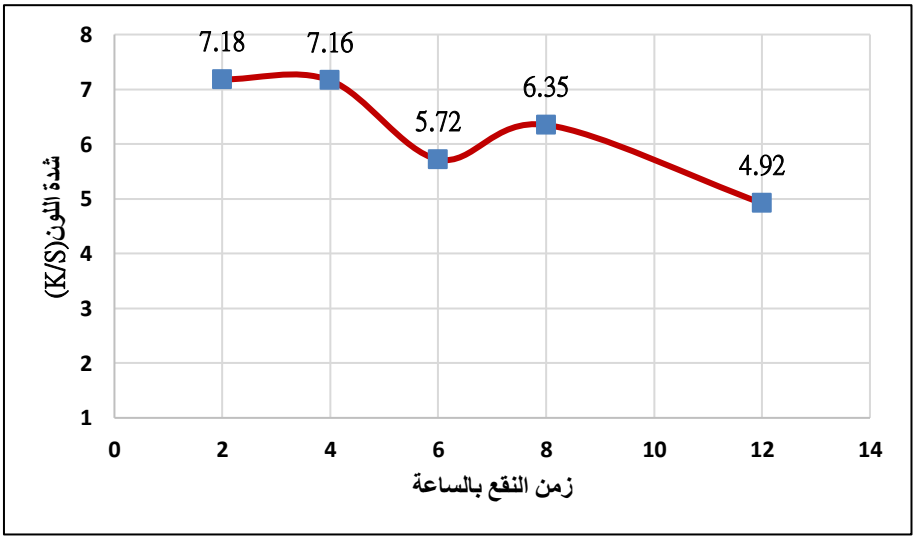
درجة الأس الهيدروجيني (pH)	صبغة مستخلص لحاء شجرة الجوز Walnut tree Bark					
	العوامل اللونية					K/S
	H	C	b*	a*	L*	
4.6	73.71	16.38	16.16	4.72	50.22	5.48
5.6	75.34	16.12	15.59	4.08	43.31	7.18
6.6	72.63	16.14	15.40	4.82	48.42	5.77
7.6	67.45	14.35	13.27	5.48	49.69	3.83
8.6	61.44	14.44	12.68	6.90	44.36	6.19
9,6	57.19	13.45	11.31	7,27	42.89	5.61

ظروف الاستخلاص: 10% تركيز الصبغة، ظروف الصباغة : 100% مستخلص، حجم المحلول: 1:100 L:R، لمدة 60 دقيقة، ، عند 90م.

9.1.2. تأثير زمن عملية النقع على استخلاص الصبغة

تشير النتائج في الشكل (3) إلى أن زيادة زمن النقع يصاحبها انخفاض في شدة اللون (K/S) للعينات المصبوغة وهذا مؤشر على أن زيادة زمن النقع تؤثر بالسلب على كمية الصبغة المستخلصة وينعكس ذلك على العمق اللوني للعينات المصبوغة، فتظهر النتائج إلى أنه يمكن الحصول على أعلى قيمة لشدة اللون للعينات المصبوغة والتي تبلغ 7.18 عند نقع مسحوق لحاء الشجرة لمدة ساعتين فقط، في حين أن زيادة زمن النقع تؤدي إلى انخفاض ملحوظ في قيم شدة اللون لعينات القطن المصبوغة، فيقدر الانخفاض في شدة اللون بنسبة 31.47% مع زيادة زمن النقع من 2 إلى 12ساعة، وربما يرجع تفسير ذلك إلى أن صبغة لحاء شجرة الجوز يتم تصنيفها على أنها صبغات هيدروفوبية (hydrophobic dyes) إذ أنها تتشابه في خواصها مع خواص الصبغات المشتتة وبالتالي فإنها تتواجد في صورة تجمعات (Aggregates) في محاليلها [24]، وبالتالي عند زيادة زمن النقع يكون هناك فرصة أكبر لتكوين التجمعات في المحاليل فتقل كمية اللون المستخلصة ويؤدي ذلك إلى شدة لون أقل للعينات المصبوغة وعلى ذلك يمكن اعتبار أن الزمن الأمثل لعملية الاستخلاص بالنقع هو ساعتين.

وهذه النتائج تساهم في تحقيق الفرض الأول حيث تبين أن تغيير الأس الهيدروجيني والزمن في عملية الاستخلاص يؤثران في كمية الصبغة المستخلصة من نبات لحاء شجرة الجوز.



شكل 3. تأثير زمن النقع لحمام الاستخلاص على شدة اللون (K/S) لعينات القطن المصبوغة بمستخلص لحاء شجرة الجوز.

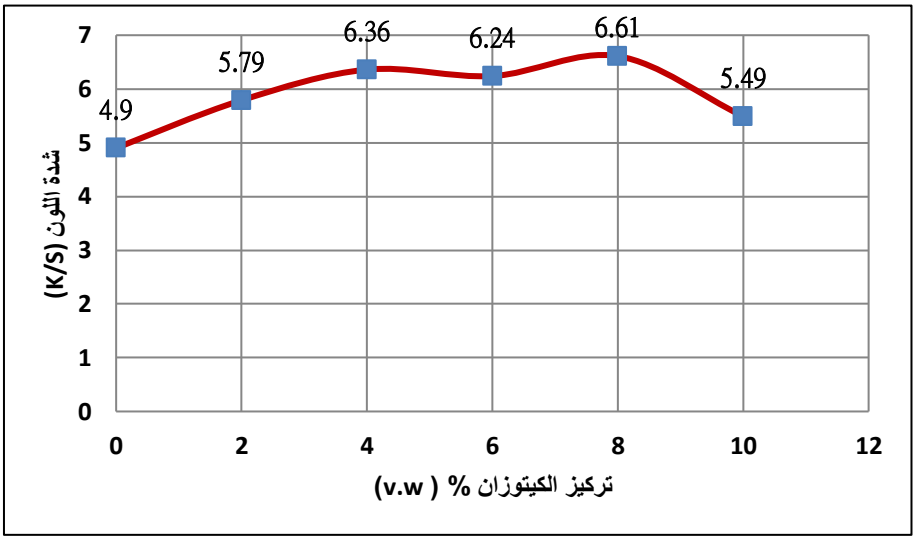
ظروف الاستخلاص: 10% تركيز الصبغة، درجة الأس الهيدروجيني 5.6، في درجة حرارة الغرفة, ظروف الصباغة: 100% مستخلص، حجم المحلول: 1:100 L:R، لمدة 60 دقيقة، درجة الأس الهيدروجيني 5، عند 90م.

نتائج الفرض الثاني: إجراء معالجة الكيتوزان قبل عملية الصباغة يزيد من قابلية الأقمشة القطنية لامتصاص الصبغة المستخلصة من لحاء شجرة الجوز.

9.2. الكيتوزان

9.2.1. تأثير تركيز الكيتوزان

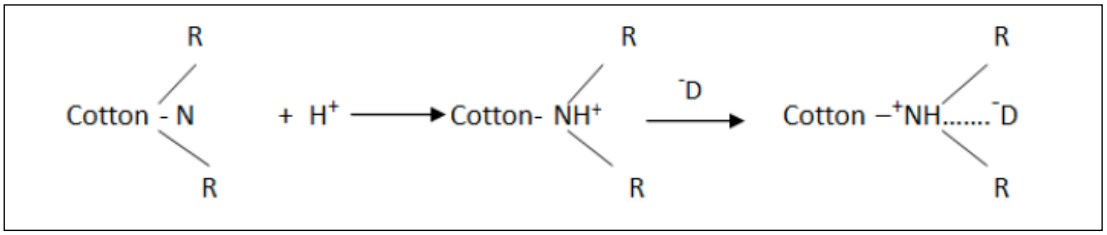
يوضح الشكل (4) أن العينات القطنية المعالجة بالكيتوزان لجميع التركيزات تُعطي عمق لوني أو شدة لون أعلى من العينات غير المعالجة، كما يُلاحظ أنه بازدياد تركيز الكيتوزان تزداد قيم (K/S) تدريجياً إلى أن تصل إلى أعلى قيمة لها عند استخدام تركيز 4% من الكيتوزان، حيث بلغت نسبة الزيادة إلى 29.79% مقارنة بالعينات غير المعالجة بالكيتوزان.



شكل 4. تأثير تركيز الكيتوزان على شدة اللون (K/S) لعينات القطن المصبوغة بلحاء شجرة الجوز.

ظروف معالجة الكيتوزان: لمدة 2 دقيقة، عند درجة حرارة 160م ظروف الاستخلاص: 10% تركيز الصبغة، عند درجة حرارة الغرفة, درجة الأس الهيدروجيني 5.6، ظروف الصباغة: 100% مستخلص، حجم المحلول: 100:1 L:R، لمدة 60 دقيقة، عند 90م.

وترجع الزيادة في شدة اللون للعينات المصبوغة إلى تكون مواقع نشطة على القطن تحمل شحنات موجبة (Positive Sits) نتيجة المعالجة بالكيتوزان، فكلما زاد تركيز الكيتوزان ازداد عدد المواقع النشطة والتي تحمل شحنات موجبة على القطن مما يزيد من قدرة القطن على امتصاص الصبغات الطبيعية الأنيونية والتي تحمل شحنات سالبة متمثلة في مجموعات الهيدروكسيل (OH) في مستخلص لحاء شجرة الجوز. حيث أن معدل امتصاص الخامة للصبغة ودرجة التجاذب الأيوني بين الصبغة والألياف يعتمد إلى حد كبير على عدد مجموعات الهيدروكسيل المتأينة والتي تحمل شحنة سالبة، والوزن الجزيئي للصبغة، وكذلك تعتمد على عدد مجموعات الأمين التي تحمل شحنة موجبة والمتكونة على سطح الألياف نتيجة للمعالجة الكاتيونية بالكيتوزان. ويوضح الشكل (5) ارتباط الصبغة الطبيعية الأنيونية بالقطن المعالج بالكيتوزان.

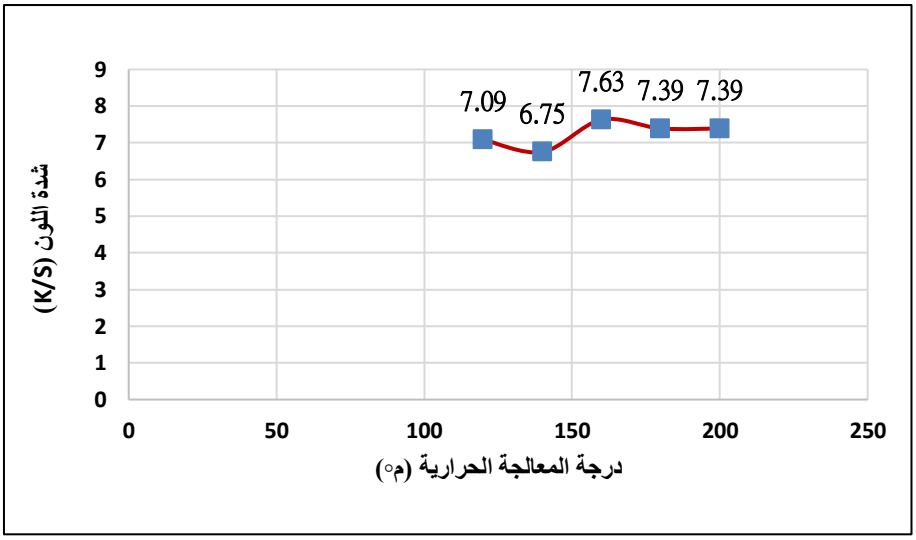


شكل 5. يوضح التجاذب الأيوني بين الصبغة الطبيعية والقطن المعالج بالكيتوزان [25]

وعند زيادة تركيز الكيتوزان إلى 10% نلاحظ انخفاض واضح في شدة اللون (K/S) على الرغم من أن شدة اللون (K/S) للعينات المصبوغة مازالت أعلى من قيمة شدة اللون (K/S) للعينة غير المعالجة بالكيتوزان، وربما يرجع سبب انخفاض شدة اللون إلى تكون طبقة سميكة من الكيتوزان على سطح خامة القطن مما قد يقلل من مرور جزيئات الصبغة وارتباطها بها [25]، وقد تم اختيار تركيز 4% كيتوزان كتركيز مثالي للصبغة حيث أظهرت العينات عند هذا التركيز عمق لوني عالي ودرجة انسدالية مرضية للعينات القطنية المعالجة حيث أشارت الدراسات السابقة إلى زيادة ارتفاع درجة صلابة الأقمشة المعالجة عند استخدام تركيزات مرتفعة من الكيتوزان [25].

9.2.2. تأثير درجة حرارة المعالجة الحرارية

تم توضيح نتائج شدة اللون(K/S) في شكل (6) حيث يشير إلى أن أقصى قيمة لونية تم الحصول عليها عند درجة حرارة 160° بعدها تظهر النتائج انخفاض طفيف في شدة اللون حتى يصل إلى أقل قيمة له عند درجة حرارة 200°، وتشير الباحثتان هنا إلى أن انخفاض قيم شدة اللون (K/S) بارتفاع درجة الحرارة ربما قد يرجع إلى زيادة في صلابة طبقة الكيتوزان بشكل أكبر عند زيادة درجة الحرارة وهذا بدوره قد يساهم في عدم انتقال الصبغة إلى الخامة بشكل جيد.

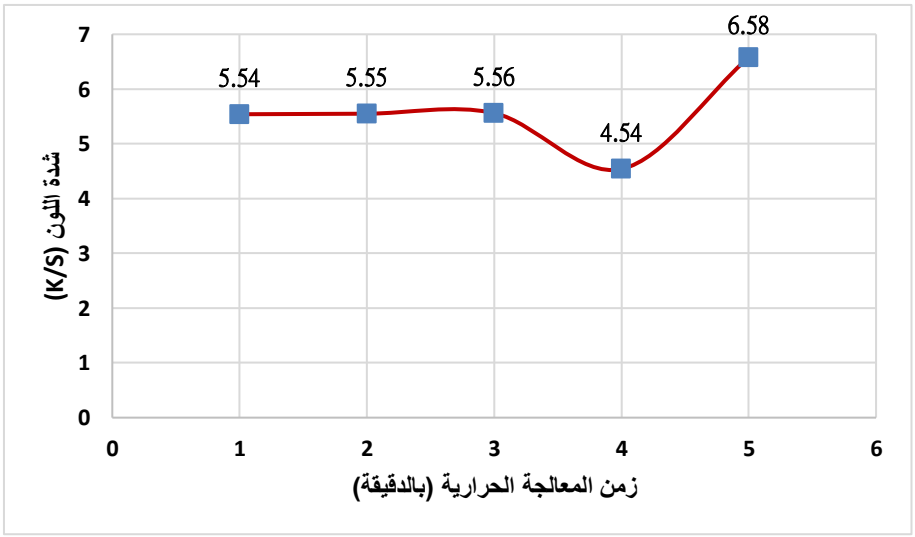


شكل 6. تأثير درجة المعالجة الحرارية على شدة اللون (K/S) لعينات القطن المصبوغة بلحاء شجرة الجوز.

ظروف معالجة الكيتوزان: تركيز 4% (v.w) ولمدة 2 دقيقة، ، ظروف الاستخلاص: 10% تركيز الصبغة، عند درجة حرارة الغرفة, درجة الأس الهيدروجيني 5.6، ظروف الصباغة: 100% مستخلص، حجم المحلول: 1:100 L:R، لمدة 60 دقيقة عند 90م.

9.2.3. تأثير زمن المعالجة الحرارية على ظروف المعالجة بالكيتوزان

يتضح من **الشكل (7)** أن زيادة زمن التحميص ليس له تأثير يذكر على شدة اللون إلا أن قيم (K/S) تسجل أعلى قيمة لها عند 5 دقائق. ونظراً لعدم وجود فروق كبيرة في شدة اللون للعينات المعالجة لمدة 5 دقائق وتلك المعالجة في 3 دقائق ولاعتبارات اقتصادية تم تحديد زمن المعالجة الحرارية المثالي للكيتوزان بأنه 3 دقائق.



شكل 7. تأثير زمن المعالجة الحرارية على شدة اللون (K/S) لعينات القطن المصبوغة بلحاء شجرة الجوز.

ظروف معالجة الكيتوزان: تركيز 4% (v.w) عند 160م، ظروف الاستخلاص: 10% تركيز الصبغة،عند درجة حرارة الغرفة, درجة الأس الهيدروجيني 5.6، ظروف الصباغة: 100% مستخلص، حجم المحلول: 1:100 L:R، لمدة 60 دقيقة، عند 90م.

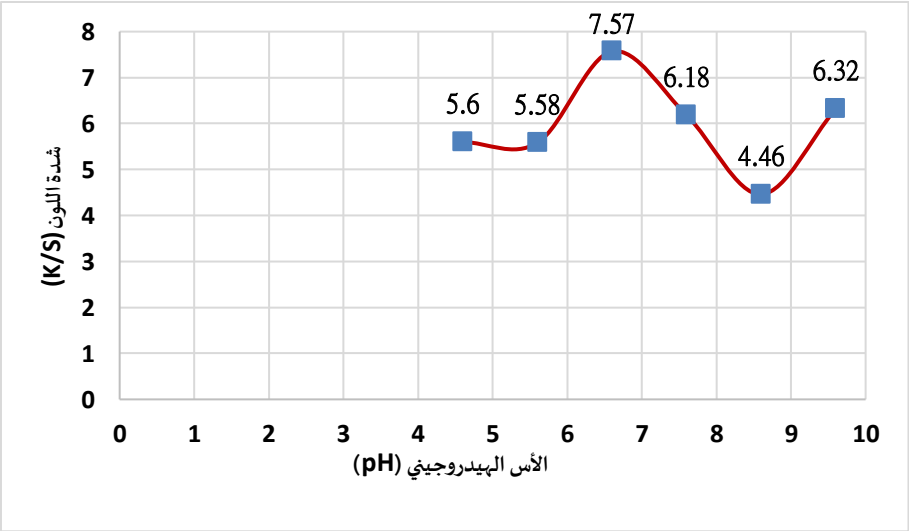
ما سبق مناقشته يساهم في تحقيق الفرض الثاني والذي ينص على أن اجراء معالجة الكيتوزان قبل عملية الصباغة يزيد من قابلية الأقمشة القطنية لامتصاص الصبغة المستخلصة من لحاء شجرة الجوز.

الفرض الثالث: تغير الأس الهيدروجيني ودرجة الحرارة والزمن يؤثران في العمق اللوني للأقمشة القطنية المصبوغة بمستخلص لحاء شجرة الجوز.

9.3. ظروف الصباغة

9.3.1. تأثير درجة الأس الهيدروجيني لحمام الصباغة على العمق اللوني للأقمشة المصبوغة

يشير **الشكل (8)** إلى أن ارتفاع درجة الأس الهيدروجيني يصاحبها ارتفاع في قيم شدة اللون إلى أن تصل أقصاها عند pH 6وبارتفاع قلوية محلول الصباغة تنخفض قيم شدة اللون بشكل واضح، حيث أنه نتيجة لمعالجة القطن بالكيتوزان تصبح هناك نوعان من المجموعات الوظيفية الموجودة بألياف القطن وهي مجموعات الهيدروكسيل (OH) ومجموعات الأمين (NH_2) وبالتالي فإن عملية الصباغة تعتمد على حدوث تجاذب أيوني بين جزيئات الصبغة الأنيونية وبين المجموعات الوظيفية المضافة إلى الخامة (NH_2) والتي تحمل شحنات موجبة عند تأينها. وفي الوسط الحامضي تزداد كمية البروتونات الموجبة +H مما يخلق مواقع موجبة على سطح الألياف القطنية وبالتالي يزداد التجاذب الإلكتروستاتيكي بين الصبغات الأنيونية والألياف مما يعطي أقصى قيمة لشدة اللون، بينما في الوسط القلوي تزداد أيونات الهيدروكسيل (OH^-) السالبة مما يقلل من عدد البروتونات الموجبة على سطح الألياف وبالتالي يقل التجاذب الإلكتروستاتيكي بين الصبغة وبين الألياف. [26]



شكل 8. تأثير الأس الهيدروجيني لمحلول الصباغة على شدة اللون (K/S) لعينات القطن المعالجة والمصبوغة بلحاء شجرة الجوز.

ظروف الاستخلاص: 10% تركيز الصبغة عند درجة حرارة الغرفة, درجة الأس الهيدروجيني 5.6، ظروف معالجة الكيتوزان: تركيز 4% (v.w) عند 160م عند 3 دقائق ,ظروف الصباغة: 100% مستخلص، حجم المحلول: 100:1 L:R، لمدة 60 دقيقة، ، عند 90م.

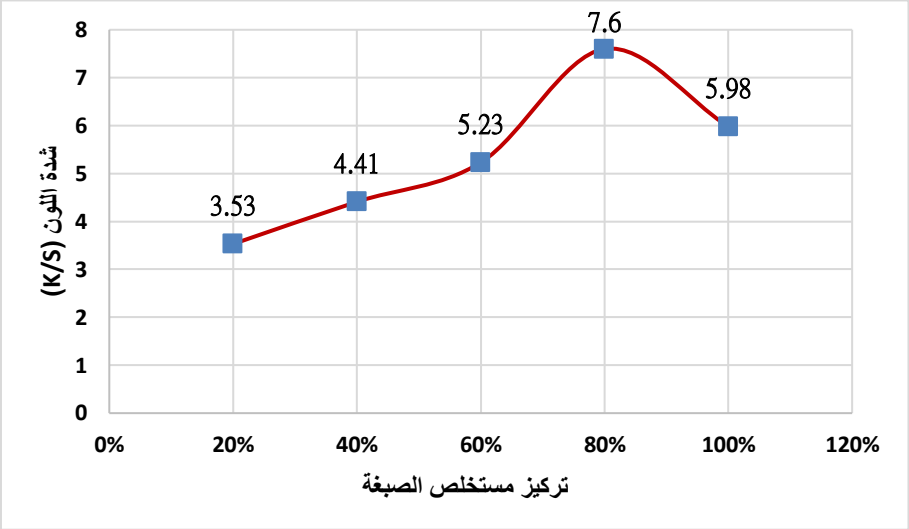
وبما أن خواص اللون تختلف بشكل كبير بتغير الأس الهيدروجيني لمحلول الصباغة فقد تم رصد نتائج العوامل اللونية في الجدول رقم (2) حيث يتضح من النتائج انخفاض قيم الزهاء اللوني (H) وانخفاض قيم الاصفرار (b*) بزيادة قلوية محلول الصباغة, ويلاحظ أيضاً أنه في أس هيدروجيني من 4 إلى 6 يحدث انخفاض طفيف في درجة الاحمرار (a*) يرتفع تدريجياً بزيادة قلوية محلول الصباغة.

جدول 2. يوضح العوامل اللونية المختلفة لمستخلص لحاء شجرة الجوز ومدى تأثرها بإختلاف الأس الهيدروجيني لمحلول الصباغة

صبغة مستخلص لحاء شجرة الجوز Walnut tree Bark						درجة الأس الهيدروجيني (pH)
K/S	العوامل اللونية					
	L*	a*	b*	C	H	
5.60	48.69	4.66	16.05	16.71	73.79	4
5.58	47.60	4.42	16.24	16.83	74.76	5
7.57	45.90	4.37	15.55	16.15	74.30	6
6.18	47.26	5.15	14.53	15.14	70.47	7
4.46	48.02	5.59	13.62	14.72	67.68	8
6.32	44.04	6,73	13.83	15.38	64.06	9

9.3.2. تأثير تركيز مستخلص الصبغة على العمق اللوني للأقمشة المصبوغة

يوضح **الشكل (9)** العلاقة بين تركيز مستخلص الصبغة وبين شدة اللون (K/S) لعينات الأقمشة القطنية المعالجة والمصبوغة بمستخلص لحاء شجرة الجوز. ويتضح من خلال الشكل(9) أنه وبشكل عام تزداد شدة اللون للعينات المصبوغة بازدياد تركيز مستخلص الصبغة. حيث أن زيادة تركيز الصبغة يعني وجود عدد أكبر من جزيئات الصبغة متاح للارتباط بمجموعات الأمين الموجبة الموجودة على سطح القطن نتيجة لمعالجة الكيتوزان وبالتالي تزداد درجة التجاذب الأيوني بين الصبغة والقطن المعالج بالكيتوزان مما يؤدى إلى زيادة في شدة اللون للعينات المصبوغة [26]، ويظهر هنا أن معدل الصباغة وكمية ارتباط الصبغة بالألياف يزداد في حالة المحاليل المخففة عنها في حالة المحاليل المركزة. ويرجع ذلك إلى أن معظم الصبغات الطبيعية تميل إلى تكوين تجمعات جزيئية في محاليلها وخصوصاً الصبغات التي تسلك سلوك الصبغات المشتتة كلحاء شجرة الجوز كما سبق ذكره، مما يقلل من سرعة انتشارها في محلول الصباغة ومن ثم ارتباطها بالألياف مما ينعكس على شدة اللون للعينات المصبوغة، ويظهر هذا السلوك بشكل واضح في مع هذه الصبغة حيث أن زيادة تركيز مستخلص الصبغة من 20% إلى 80% يقابله زيادة في شدة اللون بنسبة 53.55% وبزيادة تركيز مستخلص الصبغة عن 80% يلاحظ حدوث انخفاض في شدة اللون بنسبة 26.57%، وبناء على النتائج السابقة فان التركيز المثالي من مستخلص لحاء شجرة الجوز هو 80% حيث أنه عند هذا التركيز نحصل على أعلى قيمة لونية للعينات القطنية المعالجة والمصبوغة.



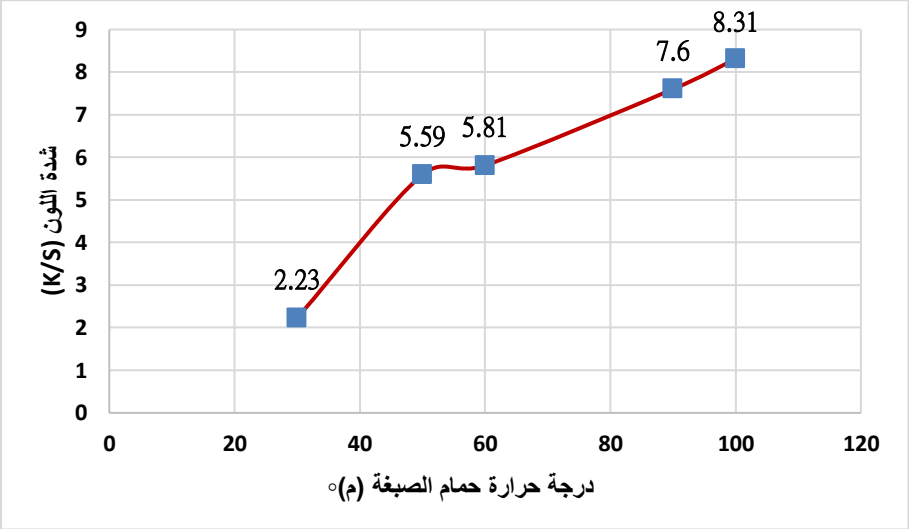
شكل 9. تأثير تركيز مستخلص لحاء شجرة الجوز على شدة اللون (K/S) لعينات القطن المعالجة بالكيتوزان والمصبوغة.

ظروف الاستخلاص: 10% تركيز الصبغة، درجة الأس الهيدروجيني 5.6، ظروف معالجة الكيتوزان: تركيز 4% (w.v) عند 160°م عند 3 دقائق، ظروف الصباغة: حجم المحلول: 1:100 L:R، لمدة 60 دقيقة، درجة الأس الهيدروجيني 5 , عند 90م.

9.3.3. تأثير درجة حرارة حمام محلول الصباغة على العمق اللوني للأقمشة المصبوغة

يوضح **الشكل رقم (10)** وجود علاقة طردية بين درجة حرارة محلول الصباغة وقيم شدة اللون (K/S) فبارتفاع درجة الحرارة تزداد شدة اللون للصبغة، ويتضح ذلك بزيادة شدة اللون للعينات المصبوغة بنسبة 73.16% وذلك مع ارتفاع درجة الحرارة من 20 °م إلى 100°م .

كما يظهر من خلال الشكل (10) أنه يوجد اختلاف في معدل الصباغة وشدة اللون الناتجة (rate of dyeing) لعينات القطن المصبوغة بمستخلص لحاء شجرة الجوز والمعالجة بالكيتوزان حيث أن معدل الصباغة يتوقف على حجم جزيئات الصبغة، والتركيب الكيميائي للصبغة وسرعة انتشار جزيئات الصبغة في محلول الصباغة، وعند الرجوع إلى التركيب الكيميائي لصبغة لحاء شجرة الجوز يلاحظ أن هذه الصبغة تسلك سلوك الصبغات المشتتة وتميل إلى تكوين تجمعات جزيئية في محلول الصباغة [24]خاصة في درجات الحرارة المنخفضة حيث يترسب جزء من الصبغة[27]وهذا يساهم في تقليل معدل انتشار الصبغة في محلول الصباغة لكن مع ارتفاع درجة حرارة محلول الصباغة تتكسر تلك التجمعات الجزيئية ويزيد معدل امتصاص الألياف للصبغة[28] وهذا يفسر ارتفاع قيم شدة اللون بارتفاع درجة حرارة محلول الصباغة إلى أن تصل أقصى قيمة لها عند درجة 100° م ولكن توصي الباحثة باعتبار درجة حرارة 90°م هي الدرجة المثلى لإتمام عملية الصباغة توفيرا للطاقة والتكلفة حيث أن النسبة المئوية للزيادة في شدة اللون عند رفع درجة الحرارة من 90°م الى 100° م كانت 8.54% وهي ليست زيادة الكبيرة.



شكل 10. تأثير درجة حرارة محلول الصباغة لمستخلص لحاء شجرة الجوز على شدة اللون (K/S) لعينات القطن المعالجة بالكيتوزان والمصبوغة.

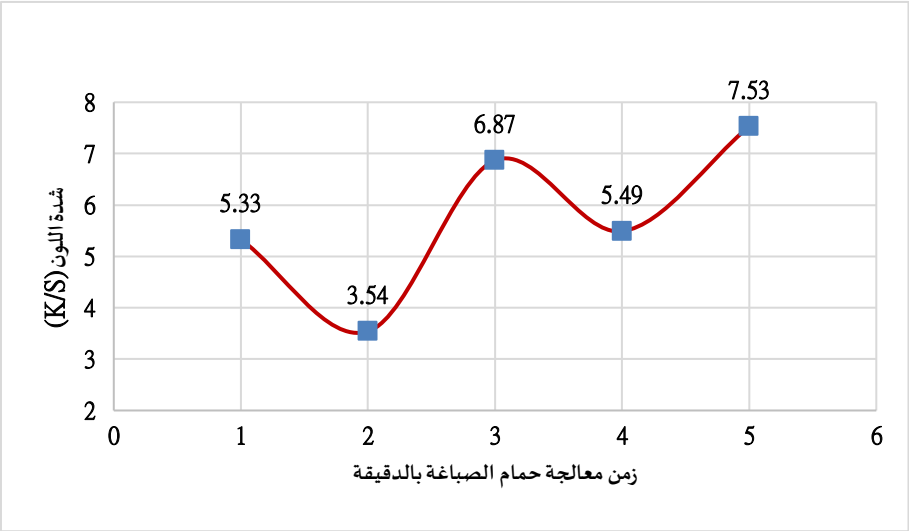
ظروف الاستخلاص: 10% تركيز الصبغة، درجة الأس الهيدروجيني 5.6، ظروف معالجة الكيتوزان: تركيز 4% (v.w) عند 160م عند 3 دقائق ,ظروف الصباغة: حجم المحلول: 100:1 L:R، تركيز المستخلص 80% ,لمدة 60 دقيقة، درجة الأس الهيدروجيني 5.

9.3.4. تأثير زمن عملية الصباغة على العمق اللوني للأقمشة المصبوغة

يتضح من النتائج الموضحة في شكل (11) أن زيادة زمن الصباغة يؤدي إلى زيادة في شدة اللون للعينات القطنية المصبوغة فتزداد قيم شدة اللون بزيادة زمن الصباغة إلى أن تصل إلى أعلى قيمة لها عند 60 دقيقة حيث تبلغ نسبة الزيادة في شدة اللون مقارنة بالعينات المصبوغة لمدة 30 دقيقة إلى 29.86%. ومن الجدير بالذكر أن زيادة زمن الصباغة من 60 إلى 90 دقيقة يصحبه زيادة في شدة اللون للعينات المصبوغة بمستخلص لحاء شجرة الجوز لا يتعدى 0.92% فقط وبالتالي فإن الزمن الأنسب للصباغة هو 60 دقيقة.

ويمكن تفسير الزيادة الحاصلة في قيم (K/S) إلى أن الوقت الإضافي في الصباغة يساهم في إعطاء وقت لجزيئات الصبغة لاختراق سطح الخامة [29] وبالتالي كلما زاد زمن الصباغة تزداد عدد جزيئات الصبغة التي تخترق سطح الخامة وترتبط بالألياف مما يزيد من قيم شدة اللون (K/S).

وبناء على ماسبق دراسته من عوامل مؤثرة في عملية الصباغة يمكن استنتاج الظروف المثالية للصباغة بمستخلص لحاء شجرة الجوز كالآتي: استخدام 80% مستخلص، عند درجة أس هيدروجيني 6 , درجة الحرارة 90 °م , وزمن الصباغة 60 دقيقة.



شكل 11. تأثير زمن عملية الصباغة لمستخلص لحاء شجرة الجوز على شدة اللون (K/S) لعينات القطن المعالجة بالكيتوزان والمصبوغة.

ظروف الاستخلاص: 10% تركيز الصبغة، درجة الأس الهيدروجيني 5.6، ظروف معالجة الكيتوزان: تركيز 4% (v.w) عند 160م عند 3 دقائق ,ظروف الصباغة: حجم المحلول: 100:1 L:R، تركيز المستخلص 80% ,درجة الأس الهيدروجيني 5 ,عند 90م.

ومما تم مناقشته وتحليله يتحقق الفرض الثالث والذي ينص على أن تغير الأس الهيدروجيني ودرجة الحرارة والزمن يؤثران في العمق اللوني للأقمشة القطنية المصبوغة بمستخلص لحاء شجرة الجوز.

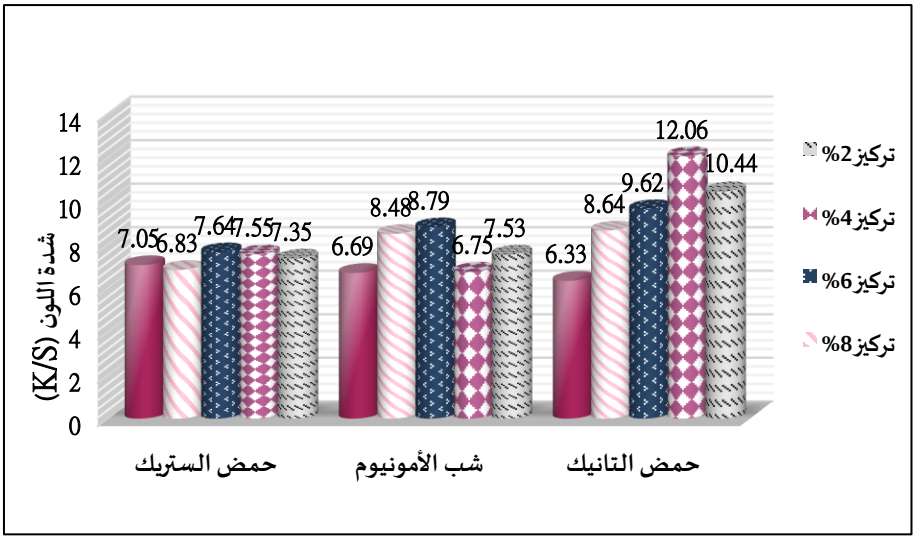
الفرض الرابع: المعالجة المتزامنة بالمثبتات الصديقة للبيئة تحسن من خواص الثبات اللوني للأقمشة القطنية المصبوغة بمستخلص لحاء شجرة الجوز.

9.4. عملية تثبيت صبغة لحاء شجرة الجوز على القطن

تشير نتائج شدة اللون (K/S) لمستخلص لحاء شجرة الجوز والموضحة في الشكل رقم (12) أن أفضل مثبت تم معه الحصول على أعلى قيمة لونية للعينات المعالجة بالكيتوزان والمصبوغة هو حمض التانيك ويليه شب الأمونيوم ثم يليه حمض الستريك، كما تشير النتائج إلى أنه في حالة زيادة تركيز حمض التانيك في حمام الصباغة تزداد قيم شدة اللون (K/S) إلى أن تصل إلى أعلى قيمة لها عند تركيز 4% يليها وبزيادة التركيز تنخفض قيمة شدة اللون للعينات المصبوغة، ويلاحظ وجود سلوك مشابه في حالة استخدام كل من شب الأمونيوم وحمض الستريك حيث يلاحظ أعلى قيمة لشدة اللون عند تركيز 6% لكل من شب الأمونيوم وحمض الستريك.

وترجع الزيادة في شدة اللون للعينات المصبوغة مع وجود حمض التانيك لصبغة لحاء شجرة الجوز إلى أن حمض التانيك يعمل كالجسر بين الصبغة والخامة فيكون روابط أيونية بين مجموعات الهيدروكسيل الأنيونية في الحمض وبين مجموعات الأمين الموجبة المتكونة على سطح خامة القطن نتيجة معالجته بالكيتوزان أو أنه قد يكون روابط هيدروجينية مع مجموعة الهيدروكسيل في القطن من جهة ومن الجهة الأخرى يكون روابط هيدروجينية بين مجموعة الهيدروكسيل الفينولية في تركيبه ومجموعات الهيدروكسيل المتأينة الموجودة في الصبغة[30]، وبالتالي كلما زاد تركيز الحمض كلما زاد عدد جزيئات الصبغة المرتبطة مع الحمض والألياف معاً ولكن مع زيادة تركيز الحمض عن حد معين وهو 8% فإن ارتباط الصبغة بألياف القطن يقل مما ينعكس على قيم K/S ويرجع ذلك إلى ارتباط الحمض بعدد أكبر من مجموعات الأمين المتكونة على سطح القطن فيشغلها ويعوق ارتباطها بجزيئات الصبغة.

أما بالنسبة لحمض الستريك فهو من الأحماض عديدة الكربوكسيل والذي يكون روابط عرضية مع السليلوز. (وهي رابطة استيرية (-CO-O-) [31] كذلك يكون روابط عرضية مع الصبغات التي تحمل مجموعات الكربوكسيل ,كما يمكن أن يتفاعل مع مجموعة الأمين المتكونة على سطح القطن نتيجة معالجة الكيتوزان ومن الجهة الأخرى يرتبط بمجموعات الهيدروكسيل الموجودة في الصبغة. مما يؤدي إلى زيادة شدة اللون بزيادة تركيزحمض الستريك ولكن بزيادة تركيز الحمض عن 6% يلاحظ انخفاض في شدة اللون للعينات المصبوغة وربما يعود ذلك إلى تفاعل عدد أكبر من مجموعات الكربوكسيل في الحمض مع عدد أكبر من مجموعات الأمين المتكونة على سطح القطن فيعمل لها اشغال أو blocking مما يعيق حركة جزيئات الصبغة وارتباطها بالألياف.



شكل 12. يوضح تأثير تركيز المثبتات على شدة اللون للعينات القطنية المعالجة والمصبوغة بمستخلص لحاء شجرة الجوز.

ظروف الاستخلاص: 10% تركيز الصبغة، درجة الأس الهيدروجيني 5.6، ظروف معالجة الكيتوزان: تركيز 4% (w.v) عند 160م عند 3 دقائق، ظروف الصباغة: حجم المحلول: 1:100 L:R، تركيز المستخلص 80%، درجة الأس الهيدروجيني 5، عند 90م.

تم دراسة خواص الثبات اللوني للعينات القطنية المصبوغة باستخدام التركيز المثالي للمثبت وتم استعراض النتائج في الجدول رقم (3) وتشير نتائج الثبات للغسيل إلى عدم وجود أي تغير في درجات ثبات العينات المعالجة بالمثبتات مقارنة بالعينات المصبوغة أو المعالجة بالكيتوزان فقط. كما تشير نتائج الثبات للعرق الحامضي أن هناك تحسن طفيف في قيم التغير اللوني بعد المعالجة بالكيتوزان أو المعالجة بشب الأمونيوم ويزداد التحسن بشكل واضح في حالة المعالجة بحمض الستريك وحمض التانيك. وتظهر النتائج تحسن قيم التبقيع على القطن بعد المعالجة بالمثبتات مقارنة بالعينات المعالجة بالكيتوزان فقط في حين لم تظهر نتائج التبقيع على الصوف أي تغير. أما بالنسبة لنتائج الثبات للعرق القلوي فيلاحظ وجود تحسن طفيف بعد المعالجة بشب الأمونيوم وحمض التانيك، كذلك تظهر النتائج تحسن في درجة التبقيع على القطن للعينات المعالجة بالكيتوزان وشب الأمونيوم.

وتشير نتائج الثبات للضوء إلى تحسن ملموس في حالة المعالجة بالكيتوزان والمعالجة بالمثبتات المختلفة ويظهر التحسن بوضوح في حالة استخدام شب الأمونيوم. كذلك تشير نتائج الاحتكاك الجاف والرطب إلى تحسن واضح في حالة المعالجة بالمثبتات المختلفة حيث تم الحصول على أعلى درجات الثبات الرطب باستخدام شب الأمونيوم

وحمض التانيك حيث أعطى درجة جيد (3) مقارنة بضعيف (2) للعينات المصبوغة فقط كذلك أعطى كل من شب الأمونيوم وحمض التانيك أعلى درجات الثبات في حالة الثبات للاحتكاك الجاف حيث أعطت درجة (4) و(4/3) على التوالي مقارنة بالعينات المصبوغة فقط التي أعطت درجة ثبات (3/2).

جدول 3. يوضح خواص الثبات اللوني لعينات القطن المصبوغة بمستخلص لحاء شجرة الجوز والمعالجة بالمثبتات المختلفة عند التركيز المثالي والذي أعطي أعلى قيمة لونية.

العينات	الثبات للغسيل			الثبات للعرق						الثبات للضوء	الثبات للاحتكاك	
				العرق الحامضي			العرق القلوي					
	تغير لوني	تبقيع قطن	تبقيع صوف	تغير لوني	تبقيع قطن	تبقيع صوف	تغير لوني	تبقيع قطن	تبقيع صوف		رطب	جاف
غير معالجة بالكيتوزان	2	4	4	3	4	4	3	3	3	4/3	2	3/2
معالجة بالكيتوزان	2	4	4	4/3	4	4	3	4/3	3	4	2	3/2
معالجة متزامنة بمثبت شب الأمونيوم	2	4	4	4/3	4	4	4/3	4/3	3	5/4	3	4
معالجة متزامنة بحمض الستريك	2	4	4	4	4	4	3	3	3	4	3/2	3
معالجة متزامنة بحمض التانيك	2	4	4	4	4	4	4/3	3	3	4	3	4/3

ومما سبق يتحقق الفرض الرابع والذي ينص على أن المعالجة المتزامنة بالمثبتات الصديقة للبيئة قد تحسن بعض خواص الثبات اللوني للأقمشة القطنية المصبوغة بمستخلص لحاء شجرة الجوز.

10. الخلاصة

يهدف البحث إلي خلق نظام صباغة متكامل آمن بيئياً وذلك من خلال صباغة القطن بمستخلص لحاء شجرة الجوز, حيث تم دراسة ظروف عملية استخلاص الصبغة بالنقع من درجة الأس الهيدروجيني والزمن, كذلك تم معالجة القطن بالكيتوزان لتحسين قابلية القطن لامتصاص الصبغة وتم دراسة العديد من العوامل التى تؤثر فى عملية المعالجة مثل تركيز الكيتوزان ودرجة حرارة المعالجة والزمن , إلى جانب دراسة ظروف عملية الصباغة من تركيز المستخلص, درجة الأس الهيدروجيني, درجة الحرارة وزمن الصباغة, كذلك دراسة عملية التثبيت المتزامن لعملية الصباغة باستخدام مثبتات صديقة للبيئة مثل حمض الستريك وحمض التانيك وشب الأمونيوم. حيث أظهرت النتائج تحسين قابلية القطن لامتصاص صبغة لحاء شجرة الجوز بمعالجة الكيتوزان واستنتاج الظروف المثلي لعملية المعالجة. كذلك أظهرت النتائج تحسن واضح في بعض خواص الثبات اللوني للأقمشة القطنية المصبوغة بمستخلص لحاء شجرة الجوز. وخلصت الدراسة أيضاً إلى استنتاج الظروف المثلي لكل من عملية استخلاص الصبغة وعملية الصباغة.

11. التوصيات

- تطبيق صبغة لحاء شجرة الجوز على خامات مختلفة ومع مثبتات عديدة للحصول على درجات لونية متعددة.
- دراسة الخصائص الطبية لمستخلص لحاء شجرة الجوز والاستفادة منها في انتاج منسوجات يُستفاد منه في المجال الطبي.
- التركيز على النباتات الغير مستغلة والتى تنمو عشوائياً كمصدر لاستخلاص الصبغات الطبيعية وتطبيقها على المنسوجات.
- تطبيق المثبتات الصديقة للبيئة مع العديد من الصبغات الطبيعية واختبار ثباتها لإصدار بحوث تساهم في نشر المعرفة المتعلقة بهذا الجانب.
- الاستفادة من مميزات الصبغات الطبيعية كقيمة مضافة في مجال المشاريع الصغيرة.

المراجع REFERENCES

[1] M. B., Ticha, N. Slama, N. Dhouibi, C., Boudokhane, &H. Dhaouadi," Bark residues recovery of Juglans regia. l for the dyeing of wool fabrics: development of microwave-assisted extraction and dyeing processes". *Journal of Natural Fibers*, 19(13), 5282-5296 (2022).

[2] M., Ali Khan, M., Shahid-Ul-Islam, & F., Mohammad, "Extraction of natural dye from walnut bark and its dyeing properties on wool yarn", *Journal of Natural Fibers*, 13(4), 458-469(2014).

[3] GC., D.B., Bhandari, J., Gautam, D., Jan, H. A., Abbasi, A. M., Bussmann, R. M., & Paniagua- Zambrana, N. Y. (2021). *Juglans regia* L. JUGLANDACEAE. In: R.M., Kunwar, H., Sher, R.W. Bussmann, (eds) Ethnobotany of the Himalayas. Ethnobotany of Mountain Regions. Springer, Cham.

[4] B. Khalid, A. Yaqub, M. F. Arif, L. Liaquat, & B. Iqbal. "Study of Colour Measurements of Leather Dyed with Walnut Bark Natural Dye: Walnut Bark Dyed Leather". *Biological Sciences-PJSIR*, 53(5), 252-257 (2010).

[5] V., Murani, R. K., Joshi, K. Sharma, & A., Dave, "A brief review on: Extraction of natural dyes from barks of Mangrove and Walnut tree and their applications. *Int. J. Sci. Res*, 9(11), 669-67, (2020).

[6] W. Peschel, "The use of community herbal monographs to facilitate registrations and authorisations of herbal medicinal products in the European Union 2004–2012", Journal of ethnopharmacology, 158, 471-486 (2014).

[7] B., Khalid, A., Yaqub, L., Liaquat, & M., Sohaib, "Relative study of the colour fastness of cotton, woolen and silk fabrics dyed with walnut bark dye", Biological Sciences-PJSIR, 51(3), 131-135(2008).

[8] W. U. Arifeen, F. U. Rehman, S. Adeel, M. Zuber, M. N. Ahmad & T., Ahmad, "Environmental friendly extraction of walnut bark-based juglone natural colorant for dyeing studies of wool fabric". Environmental Science and Pollution Research, 28(36), 49958-49966, 2021.

[9] M., Singh, M., Vajpayee, & L., Ledwani, "Eco-friendly surface modification of natural fibres to improve dye uptake using natural dyes and application of natural dyes in fabric finishing: A review". *Materials Today: Proceedings*, *43*, 2868-2871(2021)

[10] A., Ojstršek, & D., Fakin, "Natural Dyeing of Wool Using Junglans regia (Common Walnut) Leaf Extrac T". Tekstilec, *62*(4), 288-298 (2019).

[11] M., R., Bhuiyan, A., Shaid, & M., A., Khan, "Cationization of cotton fiber by chitosan and its dyeing with reactive dye without salt", *Chemical and materials engineering*, *2*(4), 96-100(2014).

[12] T., Huq, A., Khan, D., Brown, N., Dhayagude, Z., He, & Y., Ni," Sources, production and commercial applications of fungal chitosan: A review", *Journal of Bioresources and Bioproducts*. 7(2), 85-98 (2020)

[13] Morin-Crini, N., Lichtfouse, E., Torri, G., & Crini, G. (2019). Applications of chitosan in food, pharmaceuticals, medicine, cosmetics, agriculture, textiles, pulp and paper, biotechnology, and environmental chemistry. Environmental Chemistry Letters, 17(4), 1667-1692

[14] A.K.R, Choudhury," Eco-friendly dyes and dyeing", *Advanced Materials and Technologies for Environmental*, 2, 145-176 (2018).

[15] K. H., Prabhu, & A. S., Bhute, "Plant based natural dyes and mordants: AReview". *Journal of Natural Product and Plant Resources,* 2(6), 649-664(2012).

[16] A. K., Samanta, & P., Agarwal," Application of natural dyes on textiles. *Indian Journal of Fibre and Textile Research*, 34, 384-399(2009).

[17] I., Čorak, I., Brlek, A., Sutlović, & A., Tarbuk," Natural dyeing of modified cotton fabric with cochineal dye", *Molecules*, 27(3), 1100 (2022)

[18] A., A., Salem & H., A., Al Amoudi, "Application of myrrh extract as an eco-friendly dye and antimicrobial agent on wool and silk fabrics part 2: antimicrobial activity and fastness property", Journal of Natural Fibers, 17(4), 491-504(2020)

[19] Histological Studies." *Journal of Education for Pure Science*, 8(3), 83-88(2018).

[20] M., Ali Khan, Shahid-Ul-Islam, & F., Mohammad, "Extraction of natural dye from walnut bark and its dyeing properties on wool yarn", *Journal of Natural Fibers*, *13*(4), 458-469(2016).

[21] A., Poornima, D., Anitha, & S. D., Kulloli, "Effect on chitosan in comfort and functional properties of synthetic dye cotton fabric". *Nveo-natural volatiles & essential oils journal, neveo,* 9596-9603(2021)

[22] H., Ghazal, "Enhancement of dye-ability and antibacterial properties of cotton fabrics via modification with chitosan". Journal of Architecture Arts and Humanistic Science, 5(10), 574-583 (2020)

[23] V., Tiwari, & P. S.,Vankar, "Unconventional natural dyeing using microwave and sonicator with alkanet root bark". Colourage, 48(5), 25-28.

[24] D., Gupta," Mechanism of dyeing synthetic fibres with natural dyes", *Colourage*, *47*(3), 23-26 (2000)

[25] T. M., Al Sarhan, & A. A., Salem, "Turmeric dyeing and chitosan/titanium dioxide nanoparticle colloid finishing of cotton fabric". Indian Journal of Fibre & Textile Research, 43(4), 464-473 (2018).

[26] Marie, M. M., Shokry, G. M., El-Khatib, H. S., & Shahin, M. F. (2015). One bath cationization and dyeing of cotton fabric with Brazilwood natural dye. *International Journal of Innovation and Applied Studies*, *11*(4), 928-942

[27] J., Cannon, M., Cannon, "Dye plants and dyeing", the Herbert press, :Ltd,London, P.12-14,17,76,(1997)

[28] K. A., Omer, Z., Tao, & A. I., Seedahmed, " New approach for dyeing and UV protection properties of cotton fabricusing natural dye extracted from henna leaves". Fibres & Textiles in Eastern Europe. 60-65(2015).

[29] A., Haji, "Dyeing of cotton fabric with natural dyes improved by mordants and plasma treatment. *Progress in Color, Colorants and Coatings*, 12(3), 191-201(2019).

[30] M., Rekaby, A. A., Salem, & S. H., Nassar, "Eco-friendly printing of natural fabrics using natural dyes from alkanet and rhubarb". The Journal of The Textile Institute, 100(6), 486-495(2009)

[31] D., Shank, "Non-formaldehyde wrinkle-free finishing: A commercial update", AATCC Review,2, March, 29-32, (2002).

International Journal of Innovation and Applied Studies
ISSN 2028-9324 Vol. 39 No. 2 Apr. 2023, pp. 579-594
© 2023 Innovative Space of Scientific Research Journals
http://www.ijias.issr-journals.org/

Structure, accroissement diametrique et évolution du stock de carbone des essences de la foret semi-caducifoliée de la Reserve Forestière de Yoko: Cas de *Prioria oxyphylla* (Harms) Breteler dans la parcelle permanente du bloc Nord (Ubundu, Province de la Tshopo, RD Congo)

[Structure diametric growth and evolution of the stock of carbon species in the semi-deciduous forest Yoko Forest Reserve: Cas *Prioria oxyphylla* (Harms) Breteler permanent plot in the northern block (Ubundu, Orientale Province, DRC)]

Bourgeoisie P. Isetcha[1], Denis B. Waokoto[1], Jean-Hilaire B. Asumani[1], Michel K. Mose[1], Francine B. Kirongozi[2], Jacques N. Tshatshambe[2], Roger L. Katusi[3], and Christophe Lomba[3]

[1]Institut Supérieur des Techniques Médicales (I. S.T.M), Kisangani, RD Congo

[2]Centre de Surveillance de la Biodiversité, Université de Kisangani, B.P. 2012 Kisangani, RD Congo

[3]Faculté des Sciences, Université de Kisangani, B.P. 2012 Kisangani, RD Congo

Copyright © 2023 ISSR Journals. This is an open access article distributed under the ***Creative Commons Attribution License***, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

ABSTRACT: The overall objective of this paper is to know the structures, increases diametric means and the production of biomass and the amount of carbon sequestered four years later, between 2008 and 2012. The inventory was made in a permanent plot of 9 acres located in the northern block of the permanent device Yoko, whithn which all endividuals *Prioria oxyphylla* to dbh≥10cm were measured at 1.30m from abive the ground and surveying was materialized by two reds ripes painted and positioned by the coordinates x, y in the first season in 2008. And the second campaign made in 2012, was re-measure the same people and the same places. After the analysis, the total basal area was 1.1031m^2 / ha (0.1226 ± 0.113 m^2 /ha) in 2008 and that of 2012, it is 1.1599m^2 /ha (0.1289 ± 0.1354 m^2 /ha). The diametric structures and the years 2008 and 2012 are «S stretched». Diametric annual increases are 0.3 ± 0.46 for dominant and 0.16 ± 0.16 for the dominated. The biomass production increased from 19.5300t/ha (0.4246 ± 0.5545t/ha) in 2008 to 20.6724t/ha (0.4494 ± 0.5638t/ha) in 2012, a gain of about 0.2856t/ha/ Year. While the amount of carbon sequestered is increased from 9.7650t/ha (0.21123 ± 0.2726) in 2008 to 10.3362t/ha (0.2247 ± 0.2819t/ha) in 2012, a gain of the order of 0.1428 t/ha/year. Individuals *Prioria oxyphylla* are randomly distributed and the dominated are independent of the dominant within the permanent plot of the northern block of Yoko.

KEYWORDS: Structure, diametric growth, carbon, semi-deciduous forest, *Prioria oxyphylla,* Yoko**.**

RESUME: L'objectif général de ce mémoire est de connaitre les structures, les accroissements diamétriques moyens et la production de la biomasse ainsi que la quantité de carbone séquestré quatre ans après, entre les années 2008 et 2012. L'inventaire a était fait dans une parcelle permanente de 9ha située dans la bloc Nord du dispositif permanent de Yoko, à l'intérieur de laquelle tous les individus de *Prioria oxyphylla* à dbh ≥10cm ont été mesurés à 1.30m du sol au-dessus et cette mensuration était matérialisée par deux bandes peintes en rouges et positionnées par les coordonnées x, y durant la première campagne en 2008. Et la deuxième campagne faite en 2012, était de remesurer les mêmes individus et aux mêmes endroits. Apres l'analyse, la surface terrière totale était de 1.1031m^2 / ha (0.1226 ± 0.113 m^2 /ha) pour l'année 2008 et celle de 2012, elle est de 1.1599m^2 /ha (0.1289 ± 0.1354 m^2 /ha). Et les structures diamétriques des années 2008 et 2012 sont en « S étiré ».

Corresponding Author: Bourgeoisie P# Isetcha

Les accroissements diamétriques annuels sont de 0.3 ± 0.46 pour les individus dominants et de 0.16 ± 0.16 pour les dominés. La production de la biomasse est passée de 19.5300t/ha (0.4246 ± 0.5545t/ha) en 2008 à 20.6724t/ha (0.4494 ± 0.5638t/ha) en 2012, soit un gain de l'ordre de 0.2856t/ha/an. Tandis que la quantité de carbone séquestrée est passée de 9.7650t/ha (0.21123 ± 0.2726) en 2008 à 10.3362t/ha (0.2247 ± 0.2819t/ha) en 2012, soit un gain de l'ordre de 0.1428 t/ha/an. Les individus de *Prioria oxyphylla* sont distribués de manière aléatoire et que les dominés sont indépendants des dominants au sein de la parcelle permanente du bloc Nord de Yoko.

MOTS-CLEFS: Structure, accroissement diamétrique, carbone, foret semi-deciducifoliée, *Prioria oxyphylla,* Yoko.

1 INTRODUCTION

Les forêts constituent les principaux réservoirs mondiaux de diversités génétiques végétales et animales, et leur destruction seraient une perte inestimable pour la flore et la faune de la planète [1]. Elles sont également influentes sur le climat en régulant la chute des pluies et en stockant de grandes quantités de carbone, ce qui diminue les risques des réchauffements de la planète. Par ailleurs les forêts fournissent des richesses unique et inestimables telles que des plantes médicales qui pourraient s'avérer extrêmement précieuses pour la recherche médicinale, elles réduisent également l'érosion des sols en ralentissant le ruissellement des eaux des pluies et en diminuant les risques d'inondation et l'avancement des réservoirs d'eau [2].

En ceux qui concernent le cycle de carbone dans les forêts tropicales, le débat se porte sur le rôle possible que celles-ci contribuent dans la séquestration des carbones; c'est pourquoi, il apparait donc primordiale de déterminer les rôles potentiels de ces forêts tropicales entant que puits ou sources de carbone [3].

L'installation en 2007 du dispositif permanent à Yoko par le programme de relance de la recherche agricole et forestière en république démocratique du Congo (REAFOR) s'inscrit dans cette démarche de compréhension des processus des structures, accoisement diametriques et l'évolution de stock de carbone par les différentes espèces des forêts tropicales hétérogènes.

En effet une estimation de l'accroissement moyen a pour conséquence une sous-estimation du temps de passage réel, est donc une augmentation exagérée du pourcentage de reconstitution mais aussi une sous-estimation de l'accroissement induirait également une sous-estimation du taux de reconstitution [4].

Notre étude sur l'espèce *Prioria oxyphylla* s'articule autour des questions ci-après:

(l) En 2012, Est-ce que les accroissements diamétriques moyens des individus dominants (dbh > 30 cm) sont-ils différents de ceux des dominés (dbh < 30 cm) quatre ans après la première campagne de mensuration faite en 2008 dans la parcelle permanent du bloc nord de Yoko ? (2) La quantité de la biomasse produite et celle du carbone séquestré en 2008 sont-elles significativement différentes de celles produite et séquestrée en 2012 ? (4) Comment ont-ils distribués les individus à dbh > 10 cm au Sein de ladite parcelle permanente ? (3) Les positions des individus dominés dépendent-elles de celles des dominants au sein de ladite parcelle permanente ?

L'objectif général de ce mémoire est de connaitre les structures, les accroissements dia métriques moyens et la production de la biomasse ainsi que la quantité du carbone séquestré quatre ans après, entre les années 2008 et 2012.

1.1 DESCRIPTION BOTANIQUE DE PRIORIA OXYPHYLLA

Elle appartient à la famille Fabaceae/Caesalpinioideae et est endémique dans la région Guinéo- Congolaise [5]. Le nom pilote est Tshitola. Noms vernaculaires : Boulu(Lokele), Akwakwa (Turumbu).



Fig. 1. Images de l'espèce Prioria oxyphylla

2 MATERIEL ET METHODES

2.1 MILIEU D'ETUDE

2.1.1 SITUATION GEOGRAPHIQUE ET ADMINISTRATIVE

La réserve forestière de Yoko est située dans la collectivité Bakumu-Mangongo, Territoire d'Ubundu, District de la Tshopo en Province Orientale, cette réserve est comprise entre les points kilométriques 21 et 38 de la ville de Kisangani sur la route Kisangani-Ubundu, à la rive gauche du fleuve Congo à 00° 15' et 00° 20' latitude Nord, 25° 14' et 25° 20' longitude Est, à une altitude moyenne de 420m [6].

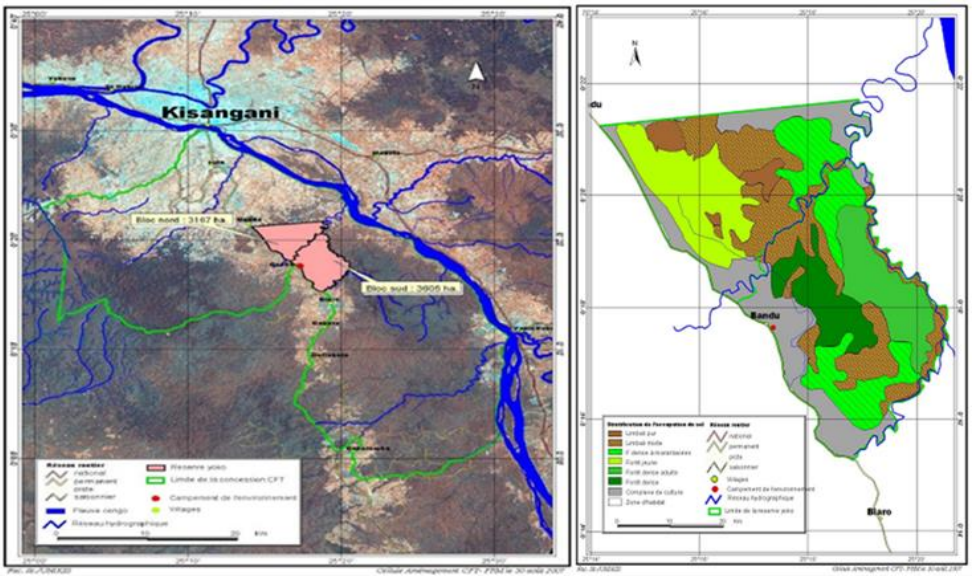


Fig. 2. Localisation et stratification de la Réserve forestière de Yoko [7]

2.2 METHODES

2.2.1 PLAN DU DISPOSITIF

La réserve forestière de Yoko comprend à son sein un dispositif permanent de 400 ha divisé en deux sous blocs formant un « L ». Le premier sous-bloc, dénommé « bloc nord", constitue la barre verticale de « L", qui est un rectangle orienté au nord-sud avec une superficie de l'ordre de 2000 m x 1000 m et le deuxième sous-bloc, dit « bloc sud », constitue la partie horizontale de « L » qui a une superficie de l'ordre de 1000 m x 2000 m. Deux parcelles permanentes de 9 ha chacune ont été installées dans ce dispositif de 400 ha, l'une dans le bloc nord et l'autre dans le bloc sud. La récolte de nos données a été faite à celle installée dans le sous bloc nord (Figure 2).

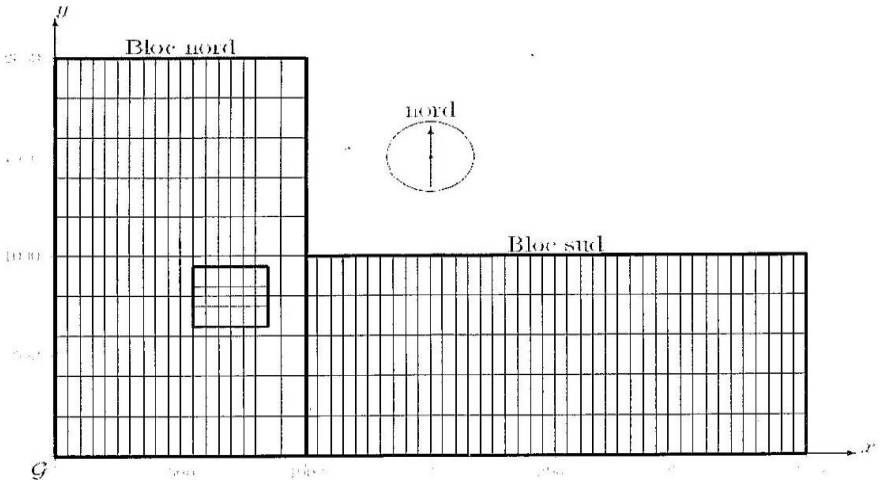


Fig. 3. Dispositif de 400 ha où la parcelle permanente de 9ha du bloc nord est en rouge [8] & [9]

La parcelle permanente comprend 9 carrés d'un hectare subdivisés chacun en 100 placettes de 10 m x 10 m. [10]; [11] (Figure 2.2). Dans chaque carré, l'inventaire se faisait en directions d'est-ouest suivant l'axe x et nord-sud suivant l'axe d'y. (Figure 3.)

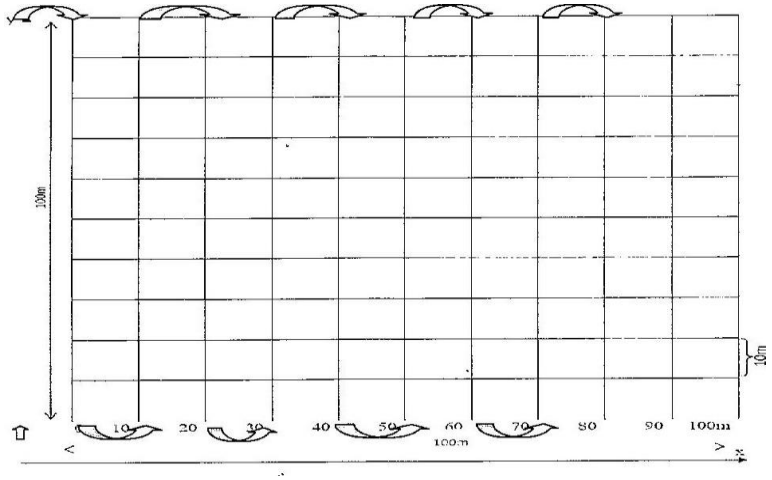


Fig. 4. Parcelle de I ha subdivisé en 100 placettes de 10 m x 10 m

2.2.2 PROTOCOLE DE PRISE DES DONNEES

Dans chaque carré, la circonférence de différents individus ont été mesurée en 2008 à 1,30 m au-dessus du sol et matérialisée par deux traits en peinture rouge durant la première campagne et à la seconde compagne faite en 2012, consistait à remesurer la circonférence au même endroit et à la même hauteur. Les tiges non retrouvées ont été considérées comme mortes.

2.3 ANALYSE DES DONNEES

2.3.1 ACCROISSEMENT ANNUEL MOYEN (AD)

Les circonférences mesurées en 2008 et 2012 sont utilisées pour le calcul des accroissements. Le dbh (diameter at breast height, diamètre à 1,30m) est calculé à partir de la circonférence. Ainsi, l'Accroissement diamétrique entre deux inventaires est la différence entre le diamètre de l'année t2 et le diamètre l'année t_1 d'un arbre donné [12].

$$\text{Ad (annuel)} = \frac{(d_{t2} - d_{t1})}{t_2 - t_1}$$

Où : d = diamètre à la hauteur de poitrine
t = année

Avec : t1 et t2 respectivement l'année initiale et l'année finale de prise des mesures.

En surface terrière, l'accroissement est la différence entre la surface terrière de l'année t2 et la surface terrière de l'année t1 pour un peuplement (valeur ramenée à l'hectare).

Dans les deux cas, ces accroissements sont représentés par la moyenne et l'écart type des accroissements calculés par classe de diamètre et/ou par statut social.

2.3.2 STRUCTURE DE DIAMETRE

La structure diamétrique est la répartition des tiges par classes de diamètre.

2.3.3 SURFACE TERRIERE

La surface terrière est la section de l'arbre mesurée à la hauteur de la poitrine, c'est-à-dire à 1,30 m au-dessus du sol. Elle a comme unité mètre carré par ha (m^2/ha) et calculée par la formule suivante:

ST x (DHP^{A2}) /4 [13]

2.3.4 BIOMASSE AERIENNE ET ÉQUATIONS ALLOMETRIQUES

Elle correspond à la masse de matière végétale ligneuse sèche par unité de surface. La biomasse aérienne totale en bois se répartit en biomasse aérienne du tronc et biomasse aérienne du houppier (branches). L'estimation de la biomasse aérienne des arbres s'est faite à partir des équations allométriques en intégrant les paramètres dendrométriques issues de l'inventaire forestier comme indiqué: 1. d*EXP (-1,499 + 2,148*LN (DHP) 12 – 0,0281 * (LH (DHP)) ˆ3); domaine de validité: 5 cm < dhp < 156 [14].

1. Exp (-2,289+2,649*LN (DHP) +0,021*LN ((DHP) ^{A}2)); Domaine de validité: pour les Forêts humides (1500 — 4000 mm de pluie) et un diamètre maximum de 148 cm [15] et [16]. Où d: densité de l'arbre et DHP: Diamètre à la hauteur de la poitrine. Pour cette étude, nous avons opté pour l'équation allométrique proposée par [14] où sa densité du bois de *Prioria oxyphylla* est égale à 0,6781 g/cm3.

2.3.5 LE CALCUL DU STOCK DE CARBONE (C)

Le calcul du stock de carbone forestier se fait en multipliant la matière sèche de la biomasse aérienne par un facteur de conversion (CF) qui est égal à 0,5. [15] et [16].

C = Biomasse x 0,5 ou C = Biomasse/2

2.3.6 STRUCTURE SPATIALE DE PEUPLEMENT

La structure spatiale d'une espèce est définie comme la distribution du nombre d'arbres de cette espèce par classe diamétrique et sa position géométrique sur la surface étudiée.

L'étude de la répartition spatiale des espèces au sein de la forêt montrent différents modes de dispersion [17] et [18]; [19]; [20] et al,; [21] cités par [22]: répartition régulière, aléatoire (poissoinienne), en agrégats, (Figure 5).

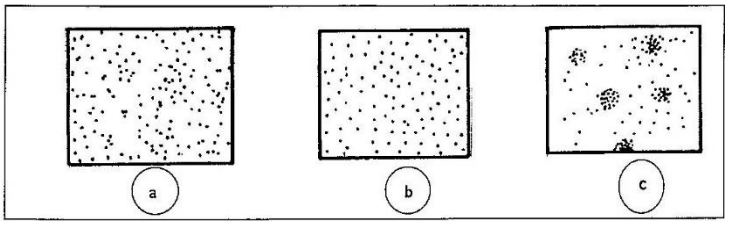


Fig. 5. Différentes distributions spatiales des espèces (a: aléatoire uniforme et c: agrégée) Source: [21]; [22]

2.4 TRAITEMENTS STATISTIQUES

Le logiciel R nous a permis de faire les analyses des moyennes (teste t de Student), test de Khi deux (f) et les tests non paramétriques (Kruskal-Wallis et Wilcoxon) pour tester les différents paramètres liés à nos données d'études et établissement de différents graphiques. Il nous a servi aussi pour caractériser la distribution spatiale des individus de *P. oxyphylla* à dbh > 10 cm au sein de la parcelle permanente par la méthode de Ripley [23] cité par [21]. Elle est basée sur le nombre de points « semis de points », ensemble des individus ou des arbres d'un peuplement ou de n'importe quels objets recensés à une certaine distance ou classe de distance:

$$K(r) = \lambda^{-1} E(r)$$

Où E (r) est l'espérance du nombre de point à l'intérieur d'une distance r d'un point quelconque du semis de points. L'intensité moyenne des points ƛ peut être estimée par leur densité n/A, où n est le nombre total de points et A la surface totale échantillonnée. La fonction K de Ripley, dans le cas d'une distribution de poisson d'une population, la valeur attendue de K (r) est K (r) = ☐ r^2. Si K (r) < ☐ r^2 les points sont mis à distance les uns des autres et la distribution est régulière. Si K (r) > ☐ $r^{2,}$ la distribution est contagieuse (agrégative) et si K (r) = ☐ $r^{2,}$ la distribution est aléatoire. K (r) s'interprète avec l'intensité de la population ƛ, avec pour le semis de points ƛ = n/A. En d'autres termes, la zone grise de graphique représente l'intervalle

de confiance au seuil □ = 5%. Si la courbe passe au-dessus de l'intervalle de confiance, la distribution est contagieuses agrégative tandis que si elle passe en dessous, elle est régulière. Mais si elle passe dans l'intervalle de confiance, elle est aléatoire.Tandis que la fonction K 12 de Ripley est utilisée pour vérifier s'il y a interaction entre les dominés et les dominants au sein du dispositif d'étude où la zone grise représente Intervalle de confiance au seuil □ = 5%. Lorsque la courbe K 12 (r) dépasse la limite supérieure de l'enveloppe de confiance, l'agrégation des semis de points devient significative, il y a contagion entre les deux catégories. Au contraire, lorsque la courbe K 12 (r) dépasse la limite inférieure de l'enveloppe de confiance, il y a mise à distance des points et la répartition des semis est significativement régulière. Cette régularité est habituellement interprétée comme un effet de compétition, ou de répulsion, entre les individus. Mais, lorsque la courbe K 12 (r) passe dans l'enveloppe de confiance, il n'y a pas contagion, c'est-à-dire que les dominés sont indépendants des dominants.

3 RESULTATS

La présente étude menée en forêt naturelle de la réserve de Yoko, a permis de remesurer le paramètre dendrométrique des individus à dbh > I0cm de *Prioria oxyphylla,* d'analyser l'accroissement diamétrique en fonction de différents statuts et à quantifier la biomasse produite ainsi que le carbone séquestré. Au total, 54 individus de *Prioria oxyphylla* ont été mesurés pendant la campagne de 2008 tandis qu'en 2012, 46 individus seulement ont été remesurés dont 21 dominés et 25 dominants.

3.1 STRUCTURE DIAMETRIQUE

Les structures diamétriques des années 2008 et 2012 présentent une courbe en « S étiré ».

Pour les deux années, le nombre d'individus décroit jusqu'à la classe allant de 30-39,99 cm pour augmenter au niveau des classes allant de 40-59,99 cm puis décroit jusqu'aux classes de 60-79,99 cm et enfin, augmente de nouveau au-delà ces dernières (Figure 6).

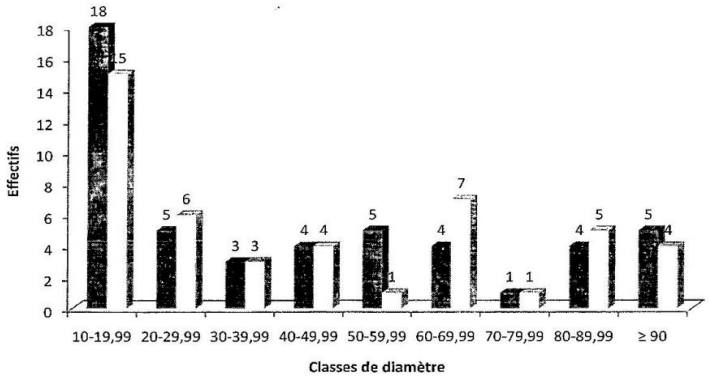


Fig. 6. Structure Diamétrique

3.2 SURFACE TERRIERE

La surface terrière totale est de 1,103 1 m^2/ha (0, 1226 ± 0,1113 m^2 (ha) pour l'année 2008 tandis qu'elle de 1, 1599 m^2/ha (0, 1289 ± 0, 1354 m^2íha) pour l'année 2012. Sur l'ensemble, 50 % des individus de différentes classes de diamètre occupent des surfaces terrières comprises entre 0,03 à 0,15 m^2/ha en 2008 tandis qu'en 2012, elles sont comprises entre 0,03 à 0,24 m^2/ha (t 39,8; dl = I et p-value 0,01598 < 0,05) (Figure 7).

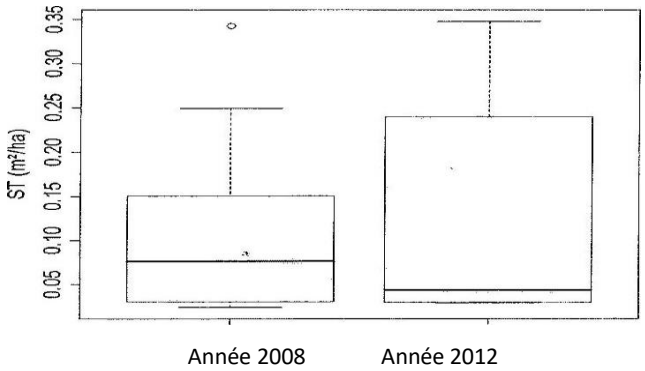


Fig. 7. Dispersion des valeurs des surfaces terrières des années 2008 et 2012.

La boîte représente l'intervalle dans lequel sont regroupés 50 % des surfaces terrières et la barre épaisse à l'intérieur de la boite indique la surface terrière moyenne; la barre basse indique la surface terrière minimale, la barre haute indique la surface terrière maximale

3.3 ACCROISSEMENT ANNUEL MOYEN EN FONCTION DES CLASSES DE DIAMETRE (AAM)

Les accroissements annuels moyens les plus élevés sont observés au niveau de la 7ème classe (0,84 cm) suivies de la 5ème classe de diamètre (0,6417 ± 0,2684 cm), de la 8 ème classe de diamètre (0,6091 ± 0,2501 cm), de la 4ème classe de diamètre (0,4578 ± 0,3111 cm), de la 3ème classe de diamètre (0,2771 ± 0,2731 cm), de la classe de diamètre (0,45.38 ± 0,3448), de la 2 ème classe de diametre (0.2771±0.2731cm), de la 9ème classe de diamètre (0, 1990 ± 0, 1689 cm) et enfin, la 1 ère classe de diamètre (0, 1209 ±0.0884cm).

Sur l'ensemble, 50 % des individus de Ière classe de diamètre ont des accroissements diamétiques de 0,07 à 0,18 cm ; de 0,16 à 0,21 cm pour la 2ème classe de diamètre ; de 0,3 à 0,64 cm pour la 3 eme classe de diamètre ; de 0,2 à 0,7 cm pour la 4ème classe de diamètre ; de 0,45 à 0,78 cm pour la 5ème classe de diamètre ; de 0,1 à 0,5 cm pour la 6eme classe de diamètre ; 0,84 cm pour la 7ème classe de diamètre ; de 0,37 à 7,5 cm et enfin, de 0,1 à 0,35 cm pour la 9eme classe de diamètre (Kruskal-Wallis avec x2 = 21,4 ; dl = 8, p-value = 0,006074) (Figure 8)

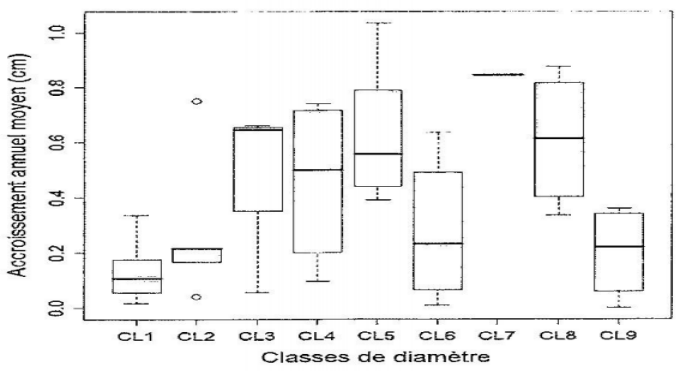


Fig. 8. Dispersion des accroissements annuels moyens de l'espèce en fonction des classes de diamètre

La boîte représente l'intervalle dans lequel sont regroupés 50 % des accroissements annuels moyens et la barre épaisse à l'intérieur de la boite indique l'accroissement annuel moyen; la barre basse indique l'accroissement annuel moyen minimal et la barre haute indique l'accroissement annuel moyen maximal (CII: 10-19,99 cm; CL_2: 20-29,99..., CL: ≥ 70 cm)

3.4 ACCROISSEMENT ANNUEL MOYEN DE LA SURFACE TERRIERE EN FONCTION DES CLASSES DE DIAMETRE (AAMS)

Les accroissements annuels moyens des surfaces terrières les plus élevés sont observés à la 7ème classe de diamètre (0,0522±0,0134m²/ha) suivies de la 6eme classe de diamètre (0,0306 m²/ha), de la 5ème classe de diamètre (0,0190 ± 0,0026 m

^{2}/ha), de la 4eme classe (0,0132 ± 0,0020 m^2/ha), de la 3ème classe (0,0086 ± 0,0014 m^2/ha), de la classe 2 ^{ème} classe (0,0041 0,0011 m^2/ha) tandis que la 1 ^{ère} classe a des accroissements annuels moyens des surfaces terrières faibles (0,0017 ± 0,0006 m^2 [ha) (Kruskal-Wallis avec x^2= 28,3; dl - 8 et p-value= 0,0004122) (Figure 9) Sur l'ensemble, les accroissements diamétriques des surfaces terrières augmentent avec les classes de diamètre.

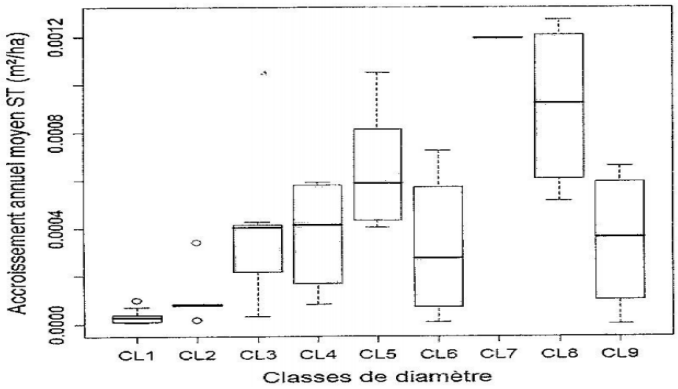


Fig. 9. Dispersion des accroissements annuels moyens des surfaces terrières en fonction des classes de diamètre

La boîte représente l'intervalle dans lequel sont regroupés 50% des accroissements annuels moyens de la surface terrière et la barre épaisse à l'intérieur de la boite indique l'accroissement annuel moyen de la surface terrière; la barre basse indique l'accroissement annuel moyen minimal de la surface terrière et la barre haute indique l'accroissement annuel moyen maximal de la surface terrière (CII: 10-19,99 cm; CL2: 20-29, 99..., CL: 70 cm).

3.5 ACCROISSEMENT ANNUEL MOYEN EN FONCTION DU STATUT DES INDIVIDUS

Les accroissements annuels moyens sont de 0,16 + 0,16 cm pour les dominés tandis qu'ils sont de 0,46 0,3 cm pour les dominants. Sur l'ensemble, 50 % des accroissements annuels moyens des dominants sont compris entre 0,3 à 0,7 cm tandis qu'ils sont entre 0,02 à 0,2 cm pour les dominés (W = 416,5 et p-value = 0,0007107<0,05) (Figure 10)

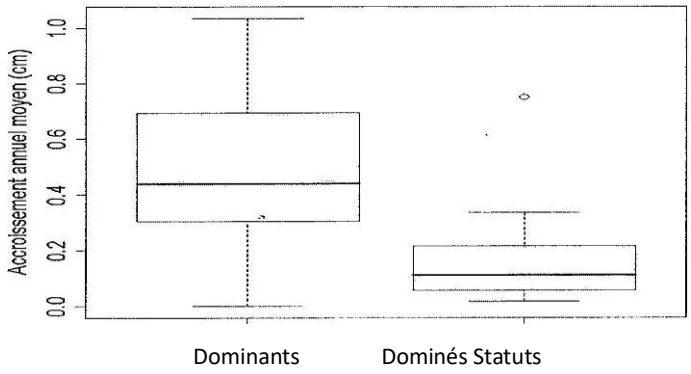


Fig. 10. Dispersion des valeurs des accroissements annuels moyens (cm) des individus dominants et dominés

La boîte représente l'intervalle dans lequel sont regroupés 50 % des accroissements annuels moyens (cm) et la barre épaisse à l'intérieur de la boite indique l'accroissement annuel moyen (cm); la barre basse indique l'accroissement annuel moyen (cm) minimal et la barre haute I 'accroissement annuel moyen (cm) maximal.

3.6 ACCROISSEMENT ANNUEL MOYEN DE LA SURFACE TERRIERE EN FONCTION DU STATUT DES INDIVIDUS

Les dominants ont des accroissements annuels moyens des surfaces terrières de l'ordre de 0,0005 + 0.0004 m^2/ha tandis qu'ils sont de 0,00005 ± 0,00007 pour les dominés. Sur l'ensemble, 50 % des individus dominants ont des surfaces terrières comprises entre 0,0002 à 0,0007 m^2 [ha tandis que les dominés l'ont entre 0,00001 à 0,00008 rn^2/hã (0,0025 ± 0,0015 m^2/ha) (W = 468, p-value = 1,019e-06 < 0,05) (Figure 11).

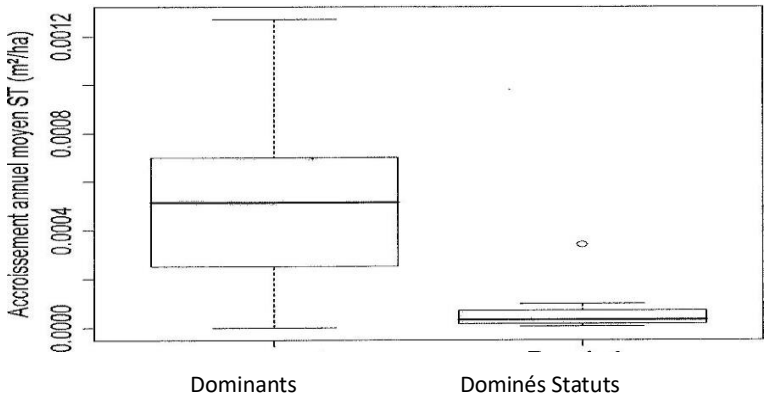


Fig. 11. Dispersion des accroissements annuels moyens (cm) des individus dominant et dominés

La boîte représente I 'intervalle dans lequel sont regroupés 50 % des I 'accroissements annuels moyen (cm) et la barre épaisse à l'intérieur de la boite indique I 'accroissement annuel moyen (cm); la barre basse indique l'accroissement annuel moyen (cm) minimal et la barre haute indique l'accroissement annuel moyen (cm) maximal.

3.7 PRODUCTION DE LA BIOMASSE ET SEQUESTRATION DU CARBONE

Au cours de l'année 2008, la biomasse totale produite était de 19, 5300 t/ha (0,4246 ± 0,5545t/ha) tandis qu'en 2012, elle est de 20,6724 t/ha (0,4494 0,5638 t/ha), soit un gain annuel de 0,2856 t/ha. En 2008, la quantité de carbone séquestrée était 9, 7650 t/ha (0,2123 ± 0,2726 t/ha) tandis qu'elle est de 10,3362 t/ha (0,2247 ± 0,2819 tilla) en 2012, soit un gain annuel de l'ordre de 0, 1428 t/ha (t = 35,2; dl = I et p-value 0,01809 < 0,05) (Tableau l)

Tableau 1. Evolution de la biomasse et séquestration de carbone entre 2008 et 2012 [14] et al.

	Biomasse		Carbone	
Année	**Biomasse (t/ha)**	**Δ Biomasse (t/ha)**	**Ct/ha**	**Δ Ct/ha**
2008	19,5300	0,4246±0,5545	9,7650	0,2123±0,2726
2012	20,6724	0,4494±0,5638	10,3362	0,2247±0,2819
Gain annuel	0,2856		0,1428	

Sur l'ensemble, 50% des individus ont produit les biomasses comprissent entre 0,01 à 0,6 t/ha en 2008 tandis qu'en 2012, entre 0,01 à 0,7 t/ha. De même, la séquestration des carbones varient entre 0,01 à 0,3 t/ha en 2008 tandis qu'en 2012, elle est de 0,01 à 0,35 t'ha (Figure 12)

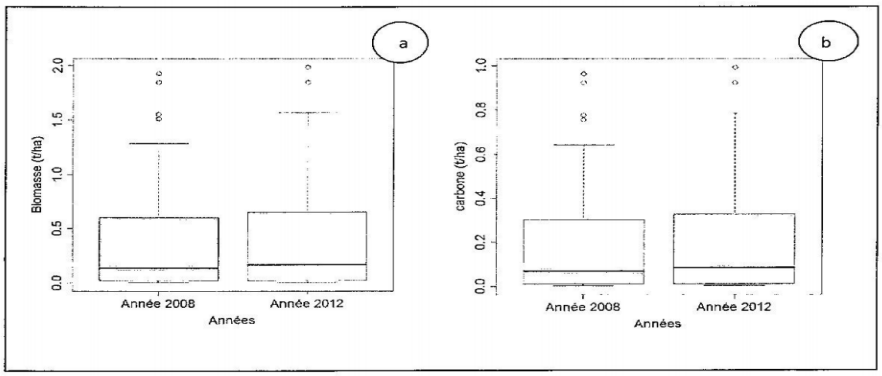


Fig. 12. Dispersion des valeurs de la production des biomasses et séquestrations de carbone entre 2008 et 2012 en fonction du statut (« a »: Biomasse et « b »: Séquestration de carbone)

3.8 PRODUCTION DE LA BIOMASSE ET SEQUESTRATION DE CARBONE EN FONCTION DU STATUT

La biomasse totale produite par les dominants était de 19,0495 t/ha (0,7620±0,54512 t/ha) en 2008 tandis qu'en 2012, elle est de 20, 1395 t/ha (0,8056 ±0,5534 t/ha). De même celle produite par les dominés en 2008 était de 0,4804 t/ha (0,0229±0,0179 t/ha) tandis qu'en 2012, elle est de 0,5329 t/ha (0,0254±0,0205 t/ha).

La quantité de carbone séquestrée par les dominants était de 9,5248±0.2726 t/ha 0.3810 t/ha) en 2008 et en 2012, elle est de 10,0698 t/ha (0,4028 0,2767 t/ha) tandis que celle séquestrée par les dominés, était de 0,2402 t/ha 0.0127±0.0102 t/ha) en 2008 et est de 0,2665 t/ha (0,0127±0,0102 t/ha) en 2012 (dominants: t = 35,95; dl - 1 et p-value = 0,01770 < 0,05 et dominés: t = 19,3; dl = 1 et p-value = 0,03295 < 0,05) (Annexe 3: tableau 9; Figure 13).

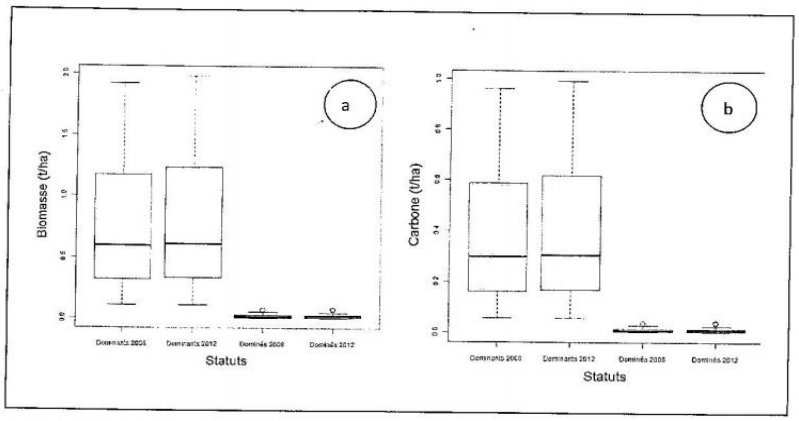


Fig. 13. Dispersion des valeurs de la production des biomasses et séquestrations de carbone entre 2008 et 2012 en fonction du statut (« a »: Biomasse et « b »: Séquestration de carbone)

3.9 PRODUCTION DE LA BIOMASSE ET SEQUESTRATION DE CARBONE EN FONCTION DES CLASSES DE DIAMETRE

Sur l'ensemble de deux années, la production de la biomasse et la séquestration du carbone augmentent au fur et à mesure que les classes de diamètre augmentent. En d'autres termes, plus gros est l'individu, plus grande sera la quantité de la biomasse produite et de même celle de carbone séquestrée (W = 0, p-value = 0,003906).

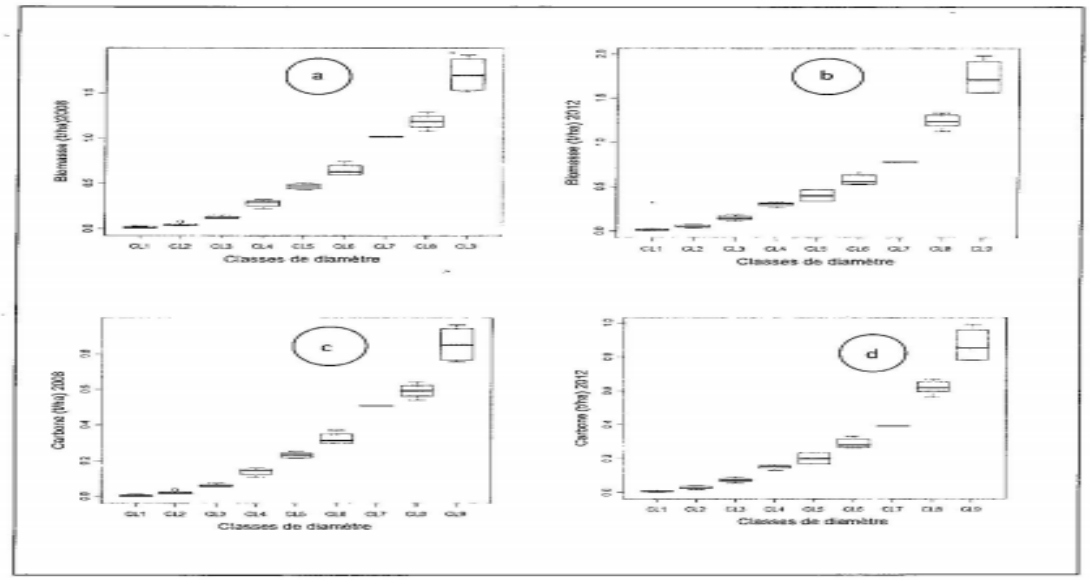


Fig. 14. Dispersion des valeurs de la production des biomasses (a et b) et séquestration de carbone (c et d) en fonction des classes de diamètre (a et c: année 2008 et b et d: année 2012

3.10 DISTRIBUTION SPATIALE

En utilisant la fonction de K Ripley, on constate que dans une distance d'analyse de 150 m, tous les individus à dbh > 10 cm sont distribués de manière aléatoire; il en est de même, catégorie par catégorie, c'est-à-dire les dominés et dominants (Figure 15)

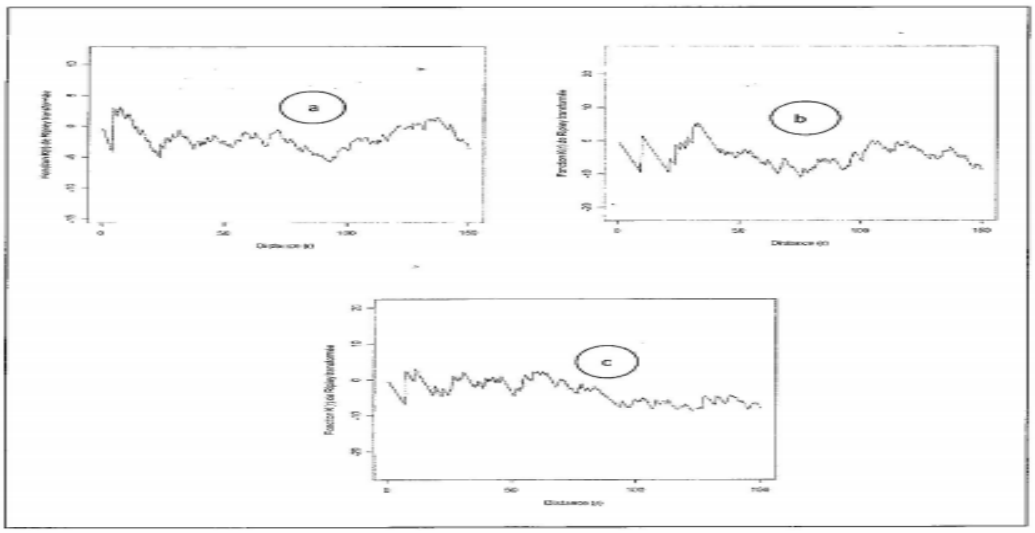


Fig. 15. Distribution spatiale d'individus de P. oxyphylla au sein de la parcelle permanente du bloc nord de Yoko

La zone grise indique 1 'intervalle de confiance au seuil □ = 0,05 et la courbe en noir indique la distribution des individus dans la parcelle permanente. Si la courbe passe au dessus de l'intervalle de confiance, la distribution est agrégative; si c'est en dessous, elle est uniforme et si c'est à l'intérieur, elle est aléatoire (a: tous les individus à dbh > 10 cm; b: dominés et c: dominants)

3.11 REGROUPEMENT DES INDIVIDUS

Dans la parcelle permanente du bloc nord de Yoko, l'analyse par la fonction K 1.2 de Ripley montre que, pour une distance d'analyse de 150 m, les dominés sont indépendants des dominants sauf dans une petite échelle allant de 135à 140 m où il ya une interaction (contagion) entre les dominés et les dominants (Figure 16)

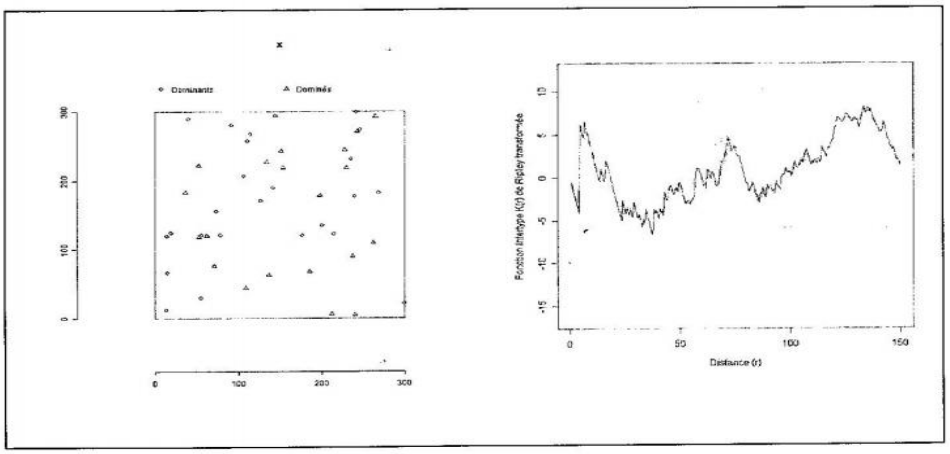


Fig. 16. Regroupement des dominantes et dominés au sein de la parcelle permanente du bloc nord de la réserve de Yoko

La zone grise indique I 'enveloppe de confiance au seuil = 0, 05 et la courbe en noir indique la distribution des individus dans la parcelle permanente. Si la courbe passe au-dessus de I 'enveloppe de confiance, il y a dépendance ou interaction entre les deux catégories, ' si c'est en dessous, il y a répulsion entre les deux catégories et si c'est à l'intérieur, il y a indépendance entre les deux catégories.

4 DISCUSSIONS

4.1 CARACTERE DENDROMETRIQUE

La densité moyenne en 2008 était de 6 individus/ha pour une surface terrière totale était de 1,103 1 m^2/ha (0, 1226 ± 0,1 1 13 m^2/ha) et elle est de 5,1 individu/ha pour une surface terrière moyenne de 0,9856 m^2/ha (0, 10408 ± 0,0748 m^2/ha), on constate qu'il y a une différence significative entre les surfaces terrières des années 2008 et 2012 (t = 39,8; dl = 1 et p-value = 0,01598 < 0,05) (Cfr point 4.2; figure 42). [24], a obtenu une densité de 3,58 individus/ha pour une surface terrière moyenne de l'ordre de 4,01 m^2/ha dans l'ensemble du bloc nord du dispositif permanent tandis que [8] & [9], ont obtenu une densité de 2,7 individus /ha pour une surface terrière moyenne de 0,683 m^2/ha pour l'ensemble du dispositif permanent de 400 ha. Cela montre que, la parcelle permanente du bloc sud a une densité et surface terrière plus élevée que l'ensemble du dispositif de 400 ha.. Les structures diamétriques des années 2008 et 2012 présentent une courbe en « S étiré ». Le nombre d'individus décroit jusqu'à la classe allant de 30-39,99 cm pour augmenter au niveau des classes allant de 40-59,99 cm puis décroit jusqu'aux classes de 60-79,99 cm et enfin, augmenter de nouveau au-delà de 79,99 cm de diamètre (Cfr point 4.1; Figure 4. l). [24], a observé une structure diamétrique en « S étiré » où le nombre d'individus décroit jusqu'à la classe allant de 10 à 49,99 cm pour augmenter au niveau des classes allant de 50 à 69,99 cm pour décroitre de nouveau au niveau des classes de 70 à 89,99 cm puis augmenter au niveau de la classe allant de 90-99,99 cm et enfin, décroit au- delà de cette dernière. Mais [8] & [9], ont observé aussi une structure diamétrique en « S étiré » où le nombre d'individus décroit de 10 à 49,99 cm pour augmenter au niveau de la classe allant de 60-69,99 cm et enfin décroit au-delà de cette dernière. Les accroissements diamétriques moyens de l'ensemble des individus à dbh > 10 cm sont des 0,32 ± 0,29 cm/an et ceux des surfaces terrières sont de 0,0003 0,0004 m^2/ha. En comparant la valeur d'accroissement de Prioria oxypphylla avec deux espèces exploitées en RDC, à l'occurrence, Millettia laurentii et Pericopsis elata, nous constatons que l'accroissement annuel moyen de Pericopsis elata dans les plantations de l'I.N.E.RA.-Yangambi varie entre 0,64 et 0,69 cm/an [25]. Au Ghana, [26] Adler (1989) a trouvé la valeur de 1,3 cm/an à 55 ans tandis qu"en Côte d'ivoire, [27], a donné les valeurs variant entre 0,85 à cm/an pour une plantation de 65 ans et enfin, [4], a observé un accroissement équivalent à 0,35 cm/an à 60 ans tandis que pour l'espèce Millettia laurentii dans les plantations de l'I.N.E.RA.-Yangambi, l'accroissement annuel moyen varie entre 0,52 à 0,94 cm/an [25]. Au Cameroun, [4], a obtenu 0,23cm/an en forêt naturelle. En RDC, [28], a obtenu 0,3 cm/an et enfin, en Côte d'Ivoire, Durrieu de Madron [29] et al., ont obtenu la valeur de 0,2 cm/an à Mopri, En comparant les accroissements annuels moyens de ces trois espèces, on constate que pour l'espèce Prioria oxyphylla, l'accroissement annuel moyen est de 0,32 cm/an; Pericopsis elata, 0,85 cm/an et enfin, Millettia laurentii, 0,48 cm/an; on constate que Pericopsis elata et Millettia laurentii ont des accroissements annuels moyens plus élevés que celui de Prioria oxypphylla et cela serait dû au caractère héliophile de ces deux espèces et aux traitements sylvicoles qu'ont subis ces dernières. En tenant compte du statut, les dominants ont des accroissements diamétriques moyens (0,46 ± 0,3 cm) significativement différents de ceux des dominés (0,16 0,3 cm) (W = 416,5 et p-value = 0,05). D'où l'acceptation de l'hypothèse selon laquelle « En 2012, les accroissements diametriques moyens des individus dominants sont différents de ceux des dominés quatre ans après la première campagne des mensurations faite en 2008 » Le résultat similaire a été constaté par [11]. En ce qui concerne la production de la biomasse et la séquestration de carbone, les résultats obtenus ont montré que la quantité de la biomasse est passée de 19,5300 t/ha (0,4246±0,55452 t/ha) en 2008 à 20,6724 t/ha (0,4494±0,5638 t/ha), soit un gain annuel de 0,2856 t /ha /an tandis que celle du carbone séquestrée, passe de 9, 7650 t/ha 0.2123±0.2726 t/ha) en 2008 à 10,3362 t/ha (0,2247±0,2819 t/ha), soit un gain annuel de 0, 1428 tha/an (t= 35,2; dl = I et p-value = 0,01809 < 0,05); on constate qu'il y a une différence significative entre les deux années en termes de la biomasse produite et la quantité de carbone séquestrée. D'où l'hypothèse selon laquelle « la quantité de la biomasse produite et celle du carbone séquestré en 2012 sont significativement différentes de celles produite et séquestrée en 2008 » est acceptée. Le résultat similaire a été constaté par [11] pour toutes les espèces à dbh > 10 cm où la quantité de la biomasse produite et celle du carbone séquestré sont significativement différentes entre les années 2008 et 2012 au sein du cinquième carré de la parcelle permanente du bloc nord de Yoko. [30], a pu obtenir à l'INERA Yangambi qu'une plantation d'Autranella congolensis de 60 ans a stocké 592,6 tonnes de biomasse, soit 296,3 tonnes du carbone séquestré avec moyenne de 9,8 tonnes/an de la biomasse produite, soit 4,9 tonnes/an de carbone séquestré; de 68 ans, a stocké 487,1 tonnes de biomasse, soit 243,55 tonnes du carbone séquestré avec une moyenne de 5,7 tonnes/an de la biomasse produite, soit 2,85 tonnes/an de carbone séquestré et enfin, de 70 ans, a stocké 747,8 tonnes de biomasse, soit 373,9 tonnes de carbone séquestré avec une moyenne de 10.6 tonnes/an de la biomasse produite, soit 5,3 tonnes/an de carbone séquestrée. Une plantation à

Gilbertiodendron dewevrei de 70 ans, a stocké 458,6 tonnes, soit 229,3 tonnes de carbone séquestré avec une moyenne de 6,5 tonnes/an de la biomasse produite, soit 3,25 tonnes de carbone séquestré; à 62 ans, a stocké 451,7 tonnes de biomasse, soit 225,85 tonnes de carbone séquestré avec une moyenne de 7,3 tonnes de la biomasse produite, soit 3,65 tonnes de carbone séquestré et enfin, celle de 35 ans, a stocké 277,9 tonnes de biomasse, soit 138,5 tonnes de carbone séquestré avec une moyenne de 7,94 tonnes/an de la biomasse produite, soit 3,97 tonnes/an de carbone séquestré [30]. En comparant la biomasse produite et le carbone séquestré par l'espèce *Prioria oxyphylla* avec ceux d'Autranella congolensis et de *Gilbertiodendron dewevrei,* on constate que P. oxyphylla à milieu naturel produit annuellement moins de la biomasse et séquestre moins de carbone qu 'A. congenlensis et *G. dewevrei* à plantation.

4.2 CARACTERISATION SPATIALE

La fonction K (r) de Ripley nous a permis d'analyser la distribution spatiale des individus de *Prioria oxyphylla* dans la parcelle permanente du bloc de la réserve de Yoko (Cfr point 4.1), sur une distance d'analyse de 150 m, tous les individus à dbh > 10 cm de *Priria oxyphylla* sont distribués de manière soit aléatoire (figure 4.10 a). De même séparément, pour les individus dominés et dominants (figures 4.10 a et 4.10 b), D'où l'acceptation de l'hypothèse selon laquelle « les individus à dbh > 10 cm sont distribués de manière aléatoire au sein de la parcelle permanente du bloc nord de Yoko ». Mais [10], [8] & [9] et [24] ont pu observer une distribution significativement agrégative dans toute l'échelle d'analyse et cela, serait due à grande superficie d'inventaire par rapport à la nôtre. En utilisant la fonction K 12 (r) de Ripley pour comparer la position des dominés par rapport aux dominants dans la parcelle permanente; on constate que les dominés sont indépendants des dominants (Cfr point 4.11 et figure 4.11). D'où l'hypothèse selon laquelle « les individus dominés sont dépendants des dominants au sein de la parcelle permanente de Yoko » est rejetée.

5 CONCLUSION ET SUGGESTION

Au cours de notre investigation dans la réserve forestière de Yoko, nous avons analysé la structure, l'accroissement diamétrique et la production de la biomasse ainsi que la' séquestration de carbone de l'espèce Prioria oxyphylla qui en découle.

Les objectifs spécifiques étaient d'évaluer les accroissements diamétriques moyens des individus dominants et dominés ainsi que la quantité de la biomasse et celle du carbone séquestrée quatre ans après la première campagne des mensurations; caractériser spatialement tous les individus à dbh > 10 cm au et vérifier s'il y a dépendance ou non entre les individus dominés et dominants au sein de la parcelle permanente de Yoko. Après l'analyse, la surface terrière totale était de 1,1031 rn^2/ha (0, 1226± 0,113 m^2/ha) pour l'année 2008 et celle de 2012, elle est de l, 1599 m^2/ha (0,1289 0,1354 m^2 [ha). Et Les structures diamétriques des années 2008 et 2012 présentent une courbe en « S étiré ».

Les accroissements diamétriques annuels sont de 0,46 ± 0,3 pour les individus dominants et de 0,16 ± 0,16 pour les dominés.

La production de la biomasse est passée de 19,5300 t/ha (0,4246 + 0,5545 t/ha) en 2008 à 20,6724 t/ha (0,4494 ± 0,5638 t/ha) en 2012, soit un gain de l'ordre de 0,2856 t/ha/an. Tandis que la quantité de carbone séquestrée est passée de 9,7650 t/ha (0,2123±0,2726) en 2008 à 10,3362 t/ha (0,2247 0,2819 t/ha) en 2012, soit un gain de l'ordre de 0, 1428 t/ha/an.

Les individus de Prioria oxyphylla sont distribués de manière aléatoire et que les dominés sont indépendants des dominants au sein de la parcelle permanente du bloc nord de Yoko.

De ce qui précède, nous suggérons que des études similaires soient entreprises dans nos forêts, pour avoir une idée sur les accroissements diamétriques des différentes espèces, la potentialité de chaque espèce dans la production de la biomasse ainsi que la quantité de carbone séquestré; car disposant de ces banques des données, on peut être à mesure d'évaluer le taux de puits de carbone de nos forêts pour un développement social et économique futur de la RDC, du fait que, les enjeux de réchauffement de la terre sont à l'une dans les différents colloques et conférences internationaux sur le changement climatique.

REFERENCES

[1] Wilson S.D. & Keddy P. (1986). Species competitive ability and position along a natural stress/disturbance gradient. Ecology, 67 (5): 1236-1242.

[2] Shand, H., 1993.Valorisation de la diversité de la nature. Publication de l'information de la FAO, p p 1-30.

[3] Clark, D. A. 2004. Sources or sinks? The response of tropical forests to current and future climate and atmospheric composition. Philosophical transactions - Royal Society of London. Biological Sciences, 78 p.

[4] Doucet, J.L., 2003. L'alliance de la gestion forestière et de la biodiversité dans les forêts du centre du Gabon. 'Thèse de doctorat, Faculté Universitaire des Sciences Agronomiques, Gembloux, 127 p.

[5] White, F. 1983. The vegetation of Africa. A description memory to company the UNESCO AETFAT/ UNESCO vegetation map. of Africa UNESCO, 356 p.

[6] Boyemba, B, 2006. Diversité et régénération des essences forestières exploitées dans les forêts des environs de Kisangani (RDC), DE.A inédit, ULB, Lab. Bot. Syst., 101 p.

[7] Alexandre, D.Y., 1977. Régénération naturelle d'un arbre caractéristique de la forêt équatoriale de côte d'Ivoire: Turraeanthus africanus Pellegr. de col Plant. Tome 12, n° 3: 241-262.

[8] Picard 2008. Analyse des données de pré inventaire de Yoko.UPR « Dynamique des forêts naturelles«, Libreville, Gabon, 436 p.

[9] Gourlet-Fleury, S., 2000. Dispositif sylvicole expérimental de Paracou (Guyane française): aperçu sur l'état de la dynamique des peuplements 13 ans après exploitation. Kourou (Guyane), France, Silvo lab, 242 p.

[10] Lomba B.L. 2011. Systèmes d'agrégation et structures diamétriques en fonction des tempéraments de quelques essences dans les dispositifs permanents de Yoko et Biaro (Ubundu, province orientale RI). Congo). Thèse inédit, Fac. Sc. /Unikis, 261 p.

[11] Nyembo, K., 2012. Contribution à l'étude de la dynamique forestière: Accroissement diamétrique et évolution du stock de carbone dans la forêt semi-caducifoliée de la réserve de Yoko (Ubundu, RI). Congo). DEA inédit, Fac. Sci/ Unikis, 46 p + annexes.

[12] Favrichon V. et Sylvie G. 1998. Parcelles permanentes de recherche en forêt dense tropicale humide; Eléments pour une méthodologie d'analyse des données; CIRAD-Forêt Campus International de Baillarguet, 15 p.

[13] Gounot, M., 1969. Méthodes d'étude quantitative de la végétation. Masson et Cie, pp25.

[14] Chave, J., C. Andalo, S. Brown, M. A. Cairns, J. Q. Chambers, D. Eamus, H. Fölster, Fromard F., Higuchi N., Kira T.,. Lescure J.-P, Nelson B. W., Ogawa H., Puig H., Riéra B., and Yamakura T. 2005. Tree allometry and improved estimation of carbon stocks and balance in tropical forests. Oecologia (200) 145: pp 87-99.

[15] Timothy, P. et Brown S., 2005. Guide de mesure et de suivi du carbone dans les Forêts et Prairies Herbeuses. Winrock International. Ecosystem Services Unit 1621 N. Kent St, Suite 1200 Arlington, VA 22209, 39 p.

[16] S. Brown et al. (2005): Tree allometry and improved estimation of carbon stocks and balance in tropical forests. Oecologia (200) 145: pp 87-99.

[17] Cabrera-Gaillard, C. et Gignoux, J., 1990. Répartitions spatiales et sylviculture en forêt guyanaise. CTFT, Kourou, 19 p.

[18] Goreaud, F., 2000. Apports de l'analyse de la structure spatiale en forêt tempérée à l'étude et la modélisation des peuplements complexes. Thèse de doctorat en Sciences forestières, ENGREF, 362 p.

[19] Koukou, K., 1992. Contribution du déterminisme écologique de la répartition spatiale de l'Angélique (Dicorynia guianensis) en forêt dense guyanaise. Mémoire de DEA de Géographie des espaces Tropicaux de L'Université de Bordeaux III/ENGREF, 88 p.

[20] Condit, R., Ashton, P.S, Baker P., Bunyavejchewin, S., Gunatilleke N., Gunatilleke, S., Hubbel, S.P., Foster, R.B., Itoh, A., Lafrankie, J.V., Lee, H.S., Losos, E., Manokatan, N., Sukumar, R. & Yamakuta, T., 2000. Spatial patterns in the distribution of tropical tree species. Sciences 288: 1414-1418.

[21] Walter, J.M.N. 2006. La méthode de Ripley pour l'analyse des structures spatiales ponctuelles en écologie, DEA en Géologie Physique et Aménagement, Strasboug. Un. Louis Pasteur, Institut Botanique, 10 p.

[22] Katusi, L, 2009. Analyse de la régénération et de la structure spatiale des Meliaceae de la réserve forestière de Yoko. Cas de Guarea cedrata (A. Chev.) Pellegr. et Guarea thompsonii Spragne et Hutch. (Ubundu, Province Orientale, R.D. Congo), DEA inédit, Fac. Sc/Unikis, 102p.

[23] Bibani Marga, R., Jonkers, W.B.J. et Essama, E. J., 1998. Phénologie de 86 essences productrices de bois d'œuvre de la forêt dense humide sempervirente du sud-Cameroun. Résultats préliminaires, Séminaire Forafri, Libreville-Gabon, 12-16 Octobre 1998, 16 p.

[24] Shaumba, K., 2009. Analyse de la régénération et de la répartition spatiale des Fabaceae^{p} (Caesalpinioïdae) de la Yoko. Cas de Tola: Prioria balsamifera (Vermoesen) Bretteler, -Tshitola: Prioria oxyphylla J. Léonard et Divida: Scorodophloeus zenkeri Harms, DEA, Fac. Sc. /Unikis, 82 p.

[25] Assumani, D., 2009. Bilan dendrométrique de plantations expérimentales de Pericopsis elata (Harms) Van Meeuwen et Millettia laurentii De Wild. Installées à Yangambi (R.D.Congo) entre 1938 et 1942. Mémoire de DEA, FS/UNIKIS, 119 p.

[26] Alder D., 1989. Natural forest increment, growth and yield. In: Wong, J.L.G. (ed.) Forest inventory project, seminar proceedings, Accra. Overseas Developpement Admistration, UK and Ghana Forestry Department. and Conservation, 5: 447-459.

[27] CITES, 2003. Review of Significant Trade: Pericopsis elata, PC 14 Doc. 9.22. Doucet J-l., 2007. Dynamique des peuplements forestiers d'Afrique centrale. Faculté Universitaire des Sciences Agronomiques de Gembloux.50p.

[28] Algoët J.B., 2008. Phénologie et régénération du Wenge (Millettia laurentii) en République démocratique du Congo. ENGREF, FRM 74p.

[29] Madron et al. 1998. Croissance et productivité en forêt dense humide: bilan des expérimentations dans le dispositif d'Irobo, Côte d'Ivoire (1978-1990). Projet FORAFRI. 68p.

[30] Ebuy, A., 2009. Estimation du stockage de carbone dans les plantations de l'I.N.E.R.A. Yangambi à Yangambi (R.D.Congo): Cas d'Autranella congolensis (De Wild). A. Chev., de Gilbertiodendron dewevrei (De Wild) J. Léonard et Drypetes likwa (J. Léonard.) Nomen. DEA, Fac. sc./ Unikis, 11 sp.

International Journal of Innovation and Applied Studies
ISSN 2028-9324 Vol. 39 No. 2 Apr. 2023, pp. 595-607
© 2023 Innovative Space of Scientific Research Journals
http://www.ijias.issr-journals.org/

Analyse de la dynamique d'occupation du sol et des retombées économiques de la Gestion Durable des Terres dans la Région de Tillabéri au Niger

[Analysis of land use dynamics and economic impacts of sustainable land management in the Tillaberi Region of Niger]

Ali MAHAMADOU[1], ALLAHI BIZO Ismaël[1], ISSA Garba[2], and HALIDOU MAIGA Nafissatour[3]

[1]Department Economie et Sociologie Rurale, Université Abdou Moumouni, Niamey, Niger

[2]Centre Régional AGRHYMET, Niamey, Niger

[3]Department Animals Productions, Université Abdou Moumouni, Niamey, Niger

Copyright © 2023 ISSR Journals. This is an open access article distributed under the ***Creative Commons Attribution License***, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

ABSTRACT: In Niger, land degradation affects more than 100,000 hectares of arable land each year in a context where the need for agricultural and forestry products continues to grow. The objectives of this study, conducted in the commune of Kollo, are to evaluate the economic benefits of SLM and to analyze the dynamics of land use. The methodology of the study is based on a double approach, the use of cartography for the analysis of land use/land cover and cost-benefit analysis to calculate the economic benefits. The study took place in the commune of Kollo, precisely in Sakey Koira Tegui, on a silvopastoral site reclaimed in 2005 by the use of the Delfino plow. The main results show a significant regression (-40%) of natural vegetation formations in the commune, an increase (+10%) in degraded land and (+63%) in cultivated land. In terms of the use of ES, 63% of households use biomass from the site, 54% use NTFPs and 27% use wood. For a cost of 54,800 francs for the restoration of one hectare, the Net Present Value is 9,967,634 FCFA over a period of 13 years. Thus, for each franc invested in SLM, the return on investment is 182 francs.

KEYWORDS: Kollo, Sustainable Land Management, Cost-Benefit Analysis, Land Use, Ecosystem Goods and Services.

RESUME: Au Niger, la dégradation des terres touche chaque année plus de 100.000 hectares de terres arables dans un contexte où les besoins en produits agricoles et forestiers ne cessent de croitre. Cette étude menée dans la commune de Kollo a pour objectifs, d'évaluer les retombées économiques en matière de GDT et d'analyser la dynamique d'occupation des terres. La méthodologie de l'étude est basée sur une double approche, l'utilisation de la cartographie pour l'analyse de l'occupation/utilisation des sols et l'analyse coûts-avantages pour calculer les retombées économiques. L'étude s'est déroulée dans la commune de Kollo précisément à Sakey Koira Tegui sur un site sylvopastoral récupéré en 2005 par l'utilisation de la charrue Delfino. Les principaux résultats montrent en deux décennies, une régression importante (- 40%) des formations végétales naturelles dans la commune, une augmentation (+ 10%) des terres dégradées et (+63%) de surface de culture. En termes d'utilisation des SE, 63 % des ménages utilisent la biomasse du site, 54% les PFNL et 27% le bois. Pour un coût de 54 800 francs pour la restauration d'un hectare, la Valeur Nette Actualisé est de 9 967 634 FCFA sur une période de 13 ans. Ainsi, pour chaque franc investi dans la GDT, le retour sur investissement est de 182 francs.

MOTS-CLEFS: Kollo, Gestion Durable des Terres, Analyse Coûts avantages, Occupation/utilisation des sols, Biens et Services Ecosystémique.

Corresponding Author: Ali MAHAMADOU

1 INTRODUCTION

Pays de l'Afrique de l'Ouest, le Niger s'étend sur une superficie de 1 267 000 km2 et se situe entre la longitude 0° 16' et 16° Est, et la latitude 11° 1' et 23° 17' Nord. Il est caractérisé par un climat aride, avec 2/3 de la superficie qui se trouve dans la zone saharienne et 1/3 dans la zone soudanienne et sahélienne. Il dispose des ressources naturelles (terre, forêt, eau etc.) dont dépendent plus de 80% de la population et la performance de l'économie nationale [7].

Cependant, depuis quelques décennies on constate un processus de dégradation de ces ressources naturelles notamment des terres. Les tendances actuelles en matière de dégradation des terres montrent une progression inquiétante de la déforestation et de la désertification [8]. Entre 1982 à 2006, les formations forestières naturelles sont passées d'environ 16 million d'hectares à 5 millions d'hectares et chaque année plus de 100 000 ha de nouvelles terres sont mises en culture sur un potentiel de 15 millions ha et plus de 14 millions sont exploités actuellement [9]. A moyen terme, dans dix ans, si rien ne fait, le Niger sera confronté à une pénurie en terres arables dans un contexte de forte croissance démographique et des besoins en produits agricoles et sylvicoles [8]. La dégradation des terres résulte des actions néfastes de l'homme (la déforestation, les mauvaises pratiques agricoles, l'élevage etc.) et des aléas climatiques marqués par une forte aridité et variabilité (baisse de pluviométrie, mauvaise répartition des pluies dans le temps et dans l'espace, hausse des températures, vents violents etc.). Ainsi, la combinaison de ces deux phénomènes entraine la diminution, voire la perte de la fertilité des sols, des terres cultivables et le changement de leur vocation [10].

Face à cette situation, les différents gouvernements qui se sont succédé ont mené de multiples actions sur les questions de la lutte contre la désertification et de la gestion durable des ressources naturelles. Cependant, malgré l'adoption des stratégies, la mise en œuvre des programmes et des projets très ambitieux, les efforts en manière de récupération de terres dégradées et de gestion durable des ressources naturelles sont loin des objectifs poursuivis. Moins de 45 000 hectares des terres dégradées sont restaurées sur 229 000 hectares de prévus par an. En termes de financement, entre 2015 et 2019 sur 463,72 milliards de FCFA seulement 58,75 milliards ont été mobilisés (CS-GDT, 2014). L'accroissement démographique et de revenu de la population (classe moyenne) vont créer davantage des besoins et de demande en produits agricoles dans un contexte de fortes vulnérabilités liées à l'insécurité alimentaire touche chaque année près de 3 millions de personne au Niger et aux changements climatiques [5].

C'est dans cette optique que la présente étude est menée. Elle vise à évaluer les retombées économiques en matière de GDT et analyser l'occupation des terres dans la région du fleuve. Il s'agit plus précisément de; (i) mesurer et analyser la dynamique de l'utilisation et de l'occupation des terres dans la commune urbaine de Kollo de 1999 à 2018; (ii) recenser et quantifier les services et biens écosystémiques du parc sylvopastoral de Sakey Koira Tegui et (iii) calculer les retombées économiques à traversl'approche « analyse coûts-avantages » des services et biens écosystémiques du parc sylvopastoral de Sakey Koira Tegui.

2 MATÉRIEL ET MÉTHODES

2.1 MATÉRIEL

Il concerne principalement le site réhabilité en 2005 et qui offre depuis un certain temps des services et des biens écosystémiques à la population, des données sur la dégradation des terres à l'échelle de la commune afin de comprendre la dynamique de l'utilisation et de l'occupation des sols, et enfin des données des enquêtes terrain. Pour ce faire, plusieurs outils et logicielsont été utilisés pour le traitement et la conduite de l'étude.

2.1.1 ZONE DE L'ÉTUDE

Le site de Sakey se situe entre les latitudes 13°17'00" et 13°17'30" Nord et les longitudes 2°26'50" et 2° 27 ' 25 " Est de la commune urbaine de Kollo à environ 15km. D'une superficie de 150 ha, le site de Sakey a été récupéré en 2005 par le projet Opération Acacia financé par l'Italie et mis en œuvre par le Ministère chargé de l'Environnement et l'Organisation Mondiale pour l'Alimentation et l'Agriculture.

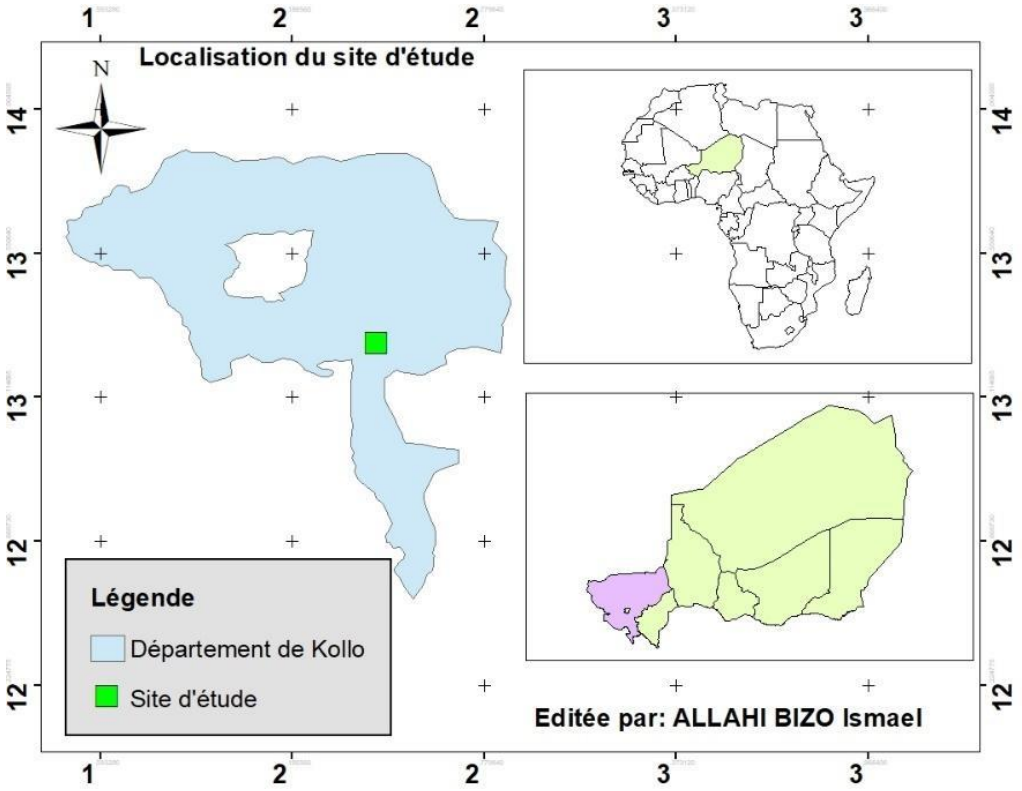


Fig. 1. Carte de la zone d'étude

2.1.2 DONNÉES DE LA CARTOGRAPHIE

Une cartographie diachronique terrestre (LULC) a été faite à l'aide des images satellitaires de 1999, 2010 et 2018 respectivement de LANDSAT7, LANDSAT 8 et SENTINEL2, en utilisant une méthode de classification semi-automatique. Les images et les traitements ont été fournis gratuitement par le Centre Régional Agrhymet (CRA). Les traitements sur 23 400 hectares ont permis d'obtenir une cartographie de l'occupation des terres de la commune sur les trois dernières décennies 1999 à 2018 et de comprendre la dynamique de l'occupation. Les cartes ont été établies à partir de logiciel arc gis avec une nomenclature de la FAO.

2.1.3 DONNÉES SUR LES ENQUÊTES

Deux guides d'entretien structurés ont été conçus pour collecter et recueillir des informations auprès de la population du village.

- Le premier guide a permis de collecter des informations autour d'un focus groupe qui a réuni un ensemble homogène homme, femme et des jeunes, avec une diversité d'âge allant de plus de 70 ans à 20 ans. Les informations recueillies sont relatives au statut foncier et la vocation du site; mode de gestion et rôles du site; atouts, opportunités et difficultés; valeurs économiques du site et perception du site
- Le deuxième guide était structuré sur l'enquête auprès des ménages par un questionnaire et a permis de recueillir des données sur les caractéristiques socioéconomiques des ménages, les ressources productives (taille du cheptel) des ménages et l'utilisation des services et biens écosystémiques et notamment provenant du site.

2.1.4 OUTILS ET LOGICIELS

Des outils de traitement, d'analyse statistique et de cartographie ont été utilisés dans le cadre de cette étude. Il s'agit principalement:

- Suite Office Word version 2016: c'est un logiciel de traitement et de présentation de texte;
- SPSS: Statistical Package for Social Sciences pour l'analyse d'informations issues de l'enquête terrain;

- Suite Office Excelversion 2016: c'est un logiciel ayant permis d'organiser les données et représenter les sorties issues des autres logiciels utilisés. Il a été aussi, utilisé pour l'analyse des données notamment les données socio-économiques;
- Arc Gis est une suite de logiciels ayant permis de faire des analyses sur la capacité de charge du site et extraire des cartes du site.

2.2 MÉTHODES

2.2.1 OUTILS ET LES STRATÉGIES DE COLLECTES DE DONNÉES

Principalement trois outils et stratégies ont été utilisés pour collecter les données sur le terrain, il s'agit de guide d'entretien, d'observation participative sur le terrain et de questionnaire. Les deux premiers, malgré qu'ils soient principalement qualitatifs ont été d'un apport considérable en termes d'information.

2.2.2 OBSERVATION PARTICIPATIVE

C'est un outil pertinent en matière de recherche, dont la démarche est participative et direct. Son importance se trouve dans le fait qu'il permet de faire un diagnostic, même si cela n'est pas exhaustif sur l'inventaire des offres des biens et services écosystémiques, les différentes formes d'agressions et d'autres éléments descriptifs du milieu naturel. Les observations ont été menées avec le gestionnaire du site et ont permis notamment d'organiser des entretiens avec lui sur la gestion du site.

2.2.3 GUIDE D'ENTRETIEN

Ce sont des techniques d'entretien semi-direct et de diagnostic participatif qui permettent de collecter des données qualitatives. Ainsi, il vise à une plus grande compréhension et perception social du sujet.

Plusieurs entretiens avec les autorités communales, des personnes du village principalement les jeunes, les femmes et les vieux (les témoins de la transformation de leur environnement) ont été menés sur l'histoire du site, l'intervention du projet. Un focus group sur la vocation, le mode de gestion, la perception, les atouts, opportunités et menaces a été aussi animé dans le village.

2.2.4 QUESTIONNAIRE

Le questionnaire est un outil de collecte des données quantitatives à traiter et à analyser. Il a été administré à un certain nombre de ménages résidant dans le village de Sakey Koira Tegui. Les informations recueillies à travers des questions simples et concises vont des informations sur le chef du ménage, aux caractéristiques sociodémographiques et économiques du ménage, sur la perception de la dégradation des écosystèmes et l'utilisation des biens et des services écosystémiques du Parc de Sakey.

2.2.5 PLAN DE L'ÉCHANTILLONNAGE

L'échantillonnage a été effectué en deux étapes:

Recensement de l'ensemble des ménages présents dans le village, soit au total 238 ménages.

Utilisation d'une formule de François Daniel Giezendanner (2012) pour déterminer l'échantillon représentatif.

$$n = \frac{t^2.N}{[(t^2) + (2e)^2(N-1)]}$$

N: Taille de la population-mère.
n: Taille de l'échantillonnage.
t: Coefficient de marge déduit du Taux de confiance « s ».
e: Marge d'erreur.

Dans notre étude N = 238; t = 1,95 qui représente un niveau de confiance de 95%, e= marge d'erreur qui est de 10%.

Ainsi, la taille de l'échantillon est de soixante-dix (70) ménages et la méthode de l'enquête est aléatoire.

2.2.6 MÉTHODES DE QUANTIFICATION

Les quantités des services écosystémiques fournis sur les sites ont pu être estimées à partir de l'estimation par la population à travers le prix du marché (Tableau 1).

Tableau 1. Services et leurs méthodes de quantification

Services et biens écosystémiques	Méthode pour l'estimation des quantités	Méthode pour estimer la valeur économique totale par unité de quantité
Fourrage	Enquête auprès des ménages	Prix du marché
Paille	Enquête auprès des ménages	Prix du marché
Pâturage	Enquête auprès des ménages	Prix du marché
Bois de chauffage	Enquête auprès des ménages et référentiel pour l'utilisation du bois en milieu rural	Prix du marché
PFNL	Enquête auprès des ménages / Evaluation contingente	Prix du marché

Pour quantifier les bois énergie utilisé par le ménage, il a été utilisé le référentiel national sur la consommation du bois au Niger par personne/jour en milieu rural. La consommation est de 0.84Kg/ personne/jours.

Pour estimer la valeur économique des PFNL, la méthode du questionnaire utilisé est celui de l'évaluation contingente qui suppose que l'enquête estime la valeur monétaire du service en fonction du marché à travers la question « selon vous combien peut coûter sur le marché le service/le bien que vous venez de vous procurer ».

3 RÉSULTATS

3.1 OCCUPATION ET UTILISATION DES SOLS DANS LA CU DE KOLLO

A l'état naturel, le sol est couvert de végétation qui contribue à créer et à maintenir des écosystèmes offrant de nombreux services et biens dont l'Homme a besoin pour vivre. Sous l'effet conjugué du dérèglement climatique et des actions néfastes de l'homme, on assiste ces dernières années à une dégradation continue des écosystèmes qui entraine le changement de vocation dans l'utilisation et l'occupation de certaines ressources naturelles notamment les sols et les forêts.

La cartographie de l'occupation des sols est une méthode qui permet de mettre en évidence la dynamique dans l'utilisation et le changement de vocation des sols. Pour le site de Sake Koira Tegui, sept (7) classes de l'occupation seront utilisées à savoir les cultures, les formations végétales naturelles, les infrastructures, la jachère, les plantations, les réseaux hydrographiques et les terrains nus. Ils représentent les principales occupations des sols. Le changement et la dynamique dans l'occupation et l'utilisation des sols seront analysés sur les périodes 1999, 2010 et 2018 (Tableau 3)

Tableau 2. Occupation et utilisation des terres dans la commune de Kollo 1999, 2010, 2018

Occupation et utilisation des terres	Année 1999		Année 2010		Année 2018	
	Superficie (ha)	%	Superficie (ha)	%	Superficie (ha)	%
Cultures	8524	36,4	10879	46,5	12118	51,8
Formations végétales naturelles	10015	42,8	7589	32,4	6074	26
Infrastructures	316	1,4	377	1,6	443	1,9
Jachères	215	0,9	181	0,8	183	0,8
Plantations	523	2,2	349	1,5	402	1,7
Réseaux hydrographiques	864	3,7	829	3,5	907	3,9
Terrains nus	2943	12,6	3197	13,7	3274	14
Total	23400	100	23400	100	23400	100

Occupation des sols en 1999

L'examen du tableau 4, montrent la présence des formations naturelles des végétations qui représente environ 42,8 % de la superficie de la commune. Les 57,2 % de la commune sont constitués par des classes d'occupations en lien avec les activités de l'homme, dont les cultures qui couvre 36.4 %, les jachères 0.9%, les infrastructures 1.4%, les réseaux hydrographiques 3.7%, les plantations 2.2% et enfin les terrains nus 12.6%.

3.2 OCCUPATION DES SOLS EN 2010

La situation de l'occupation des sols et leurs utilisations en 2010, relève une transformation dans la vocation et l'utilisation des sols. Le pourcentage des formations végétales naturelles représente 32,4% de la superficie de la commune contre 67,6 % relativement à l'activité de production. Les cultures occupent désormais la grande partie de la commune soit 46,5%, les classes d'occupation d'infrastructures, de réseaux hydrographiques sont respectivement de l'ordre de 1,6 % et 3,5%. Les jachères constituent 0,8%, les plantations 1,5% et la superficie des terrains nus représente 13,7% de la commune.

3.3 OCCUPATION DES SOLS EN 2018

En 2018, l'examen du tableau 1 et de l'observation de la cartographie de l'occupation des sols met en évidence une transformation encore plus importante de l'utilisation, mais aussi de la dégradation de l'environnement. Les cultures couvrent plus de 50% de la superficie de la commune et un pourcentage de sols nus qui représente 14%. L'analyse montre une constante dans la régression des surfaces que couvrent les formations végétales naturelles (26%), les jachères (0.8%). Cependant, en même temps que les surfaces allouées aux cultures, les classes d'occupation liées aux infrastructures (1.9%), aux réseaux hydrographiques (3.9%) continuent d'augmenter au fil des années. L'analyse montre également une légère augmentation des plantations 1.7% de la commune.

3.4 ANALYSE COMPARÉE DE L'OCCUPATION DES SOLS

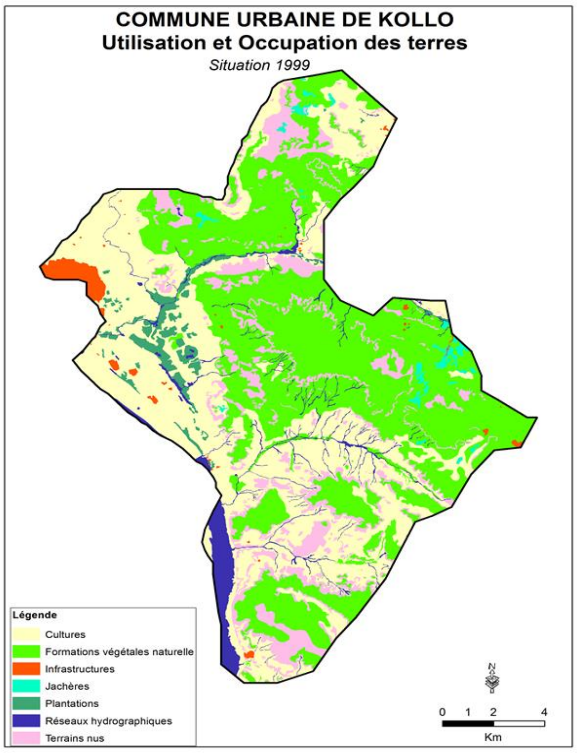


Fig. 2. Carte d'utilisation des terres dans CU de Kollo 1999

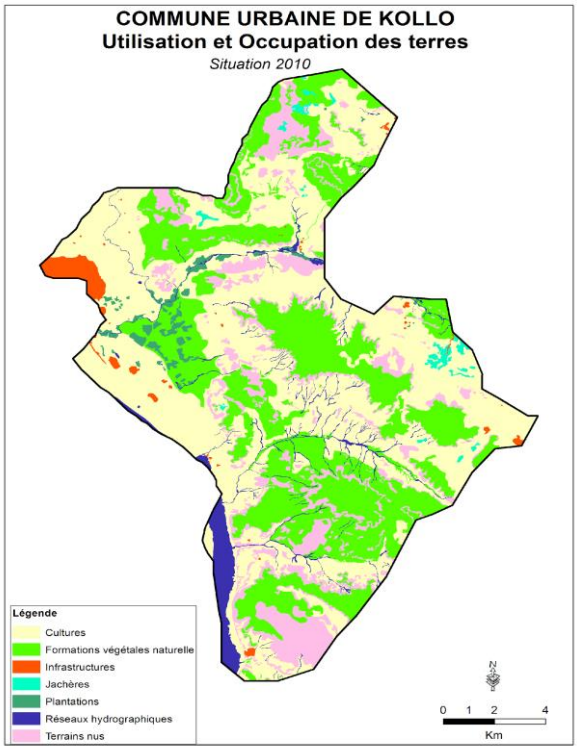


Fig. 3. Carte d'utilisation des terres dans CU de Kollo 1999

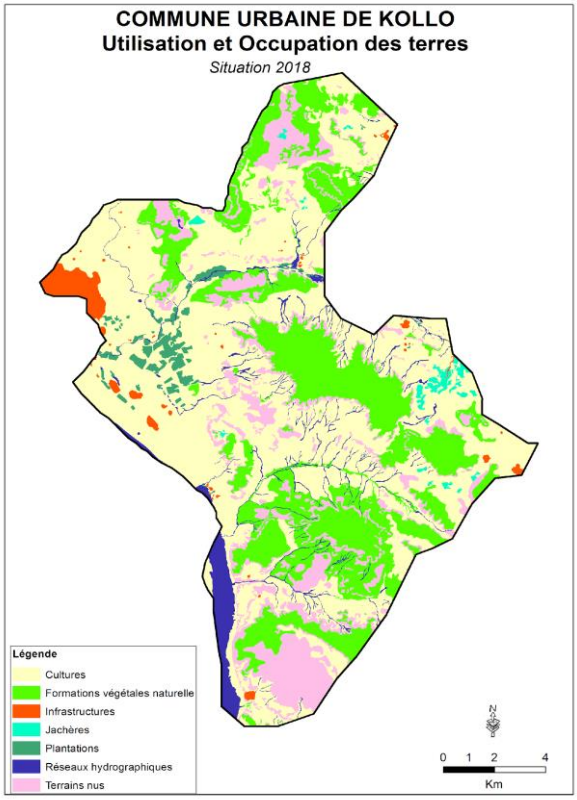


Fig. 4. Carte d'utilisation des terres dans CU de Kollo 1999

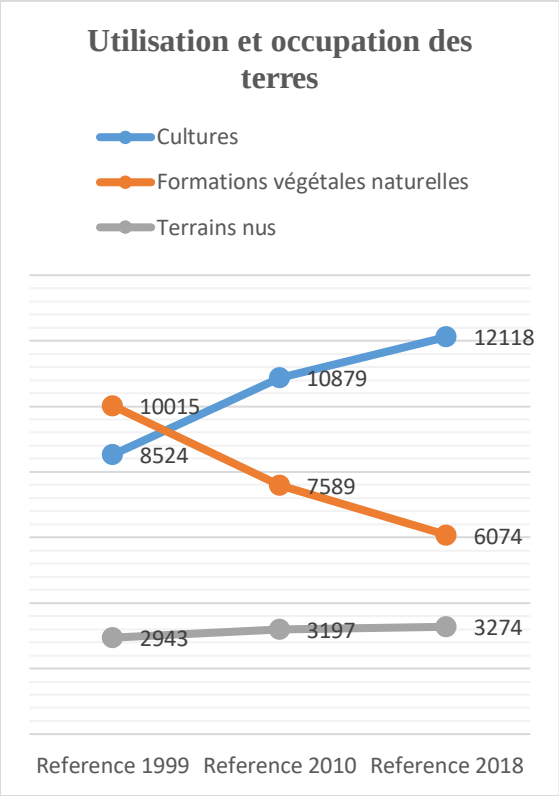


Fig. 5. Analyse comparée entre trois classes d'occupation des sols

Ces résultats s'expliquent par la combinaison de plusieurs paramètres, le premier est l'augmentation de la population de la commune urbaine de Kollo dont le taux annuel d'accroissement est de 3.1%. Ainsi entre 1999 et 2018, cette population est passée de 27 177 à 38 243 soit une augmentation de plus de 42.41%. L'augmentation de la population s'accompagne par l'accroissement des besoins en termes de superficie de cultures, d'infrastructures notamment l'habitat, mais également à un impact direct sur les pratiques de gestion durables des terres avec la diminution des jachères. La stratégie d'adaptation de la population reste un système extensif tant qu'il existe des ressources naturelles.

Ainsi, il ressort une corrélation évidente entre l'accroissement de la population dont près de 100% pratique l'agriculture et l'accroissement de la population d'accroissement qui en deux décennies à augmenter de plus de 40%. L'autre impact est sans nul doute l'exode rural, un phénomène très répandu dans la zone qui concoure également à la résilience de la population face à la transformation de l'environnement.

3.5 Profil Économique Des Ménages

La situation économique des ménages est un paramètre qui renseigne également sur l'utilisation des services et biens écosystémiques. Dans cette étude, trois variables sont utilisées pour caractériser le profil économique des ménages: les sources des revenus et les ressources productives notamment le cheptel du ménage.

L'enquête montre que plus de 95% de la population ont pour principale activité l'agriculture et 77% des ménages pratiquent l'élevage. L'exode occupe une place importante dans les revenus des ménages, ainsi 51, 4% de chef de ménages interviewés partent en exode et de façon globale 92% des ménages ont des sources des revenus provenant de l'exode.

Pour les ressources productives notamment le cheptel, la grande majorité des ménages pratique l'élevage de case et possède en moyenne 1.4 UBT. Cet élevage est une stratégie d'adaptation des populations face à la dégradation de l'environnement et la baisse de rendement.

3.6 Perception Sur Le Couvert Végétal

Le couvert végétal est principalement les formations végétales naturelles ont subi ces dernières années des fortes pressions sous l'effet du changement climatique, de la variabilité climatique et de la croissance démographique. Les résultats (Figure 8) montrent que plus de 68% de la population affirment que le couvert végétal est très dégradé avec la disparition des formations végétales naturelles et de certaines espèces d'arbres. 23 % et 9 % de la population pensent que le couvert végétal est respectivement dans une situation de dégradation et de bon état.

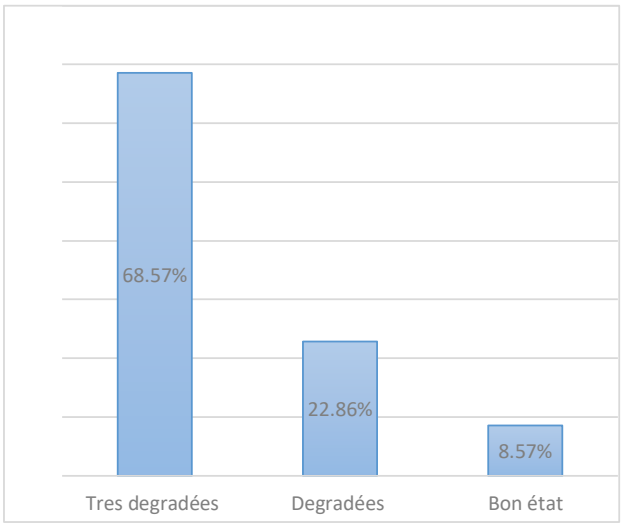


Fig. 6. Cause de la dégradation du couvert végétal

Globalement l'offre de services et de biens forestières continuent de diminuer de façon importante ces dernières années eues égard à certaines pratiques qui tentent de les substituer à travers l'agroforesterie comme la régénération naturelle assistée ou les plantations. Les principales causes de la dégradation de ces couverts végétaux sont la sécheresse, le défrichement et la coupe de bois de service et de bois d'énergie dans une petite proportion.

3.7 Analyse Coûts Avantages Appliquée Au Parc De Sakey Koira Tégui

3.7.1 Calcul Des Avantages

Cette partie porte sur la quantification monétaire des biens et services écosystémiques, afin de calculer les retombées économiques de l'action. Il s'agit principalement des services et des biens de production qui renvoient des biens et des services produits par des écosystèmes faisant l'objet de transaction sur le marché local.

3.7.2 Production Fourragère/ Biomasse

La biomasse est l'un des principaux biens et services que le site offre aux ménages. La fréquence d'utilisation, le prix à la vente, et la quantité dépendent du type de fourrage et de la période d'utilisation.

3.7.3 Retombée Économique Du Fourrage Vert

Selon les résultats de l'enquête, 10 % des ménages se procurent le fourrage vert sur le parc sur une période de six semaines par an, allant du mois d"août au mois de septembre, période à laquelle la biomasse est importante. Pendant cette période, la disponibilité de la biomasse est importante dans les champs ce qui fait qu'il n'y a pas une grande fréquentation du site. Les fréquences d'approvisionnement varie: d'au moins une fois par semaine pour 4,3 % des ménages, au moins trois fois pour 4.3 % et au moins deux fois pour 1.4% des ménages. L'unité de mesure est le sac de 50 kg dont le prix sur le marché de Kollo (le chef-lieu de la commune) est de 500FCFA.

Formule de quantification du fourrage vert

$QtF = NbrApp * NbrMeg * QFp$

QtF = quantité total de fourrage
Nbr.App = nombre d'approvisionnement
Nbr.Meg = nombre de ménage
QFp = quantité de fourrage prélevée

Tableau 3. Quantification du fourrage vert

Fréquence d'approvisionnement du fourrage vert par les ménages	Nombre d'approvisionnement	Nombre de ménage	Quantité de fourrage prélevée (Unité = sac de 50 kg)	Quantité totale de fourrage (unité sac de 50 Kg)
Au moins une fois par semaine	6	3	1.5	27
Au moins trois fois sur la période	3	3	1	9
Au moins une fois sur la période	1	1	1	1
Totaux (sac de 50 Kg)				37

A partir du prix sur le marché local de Kollo de 500 FCFA le sac de 50 Kg, le montant total de vente du fourrage s'élevé à 18 500 FCFA.

Ainsi la retombée économique par ménage sur le fourrage vert est de 265 FCFA

3.7.4 RETOMBÉE ÉCONOMIQUE DE LA PAILLE

La quantification de la paille exploitée du site a conduite de mettre en place deux types de comptes, celui des ménages dont 15% ramassent la paille et celui du gestionnaire du site. Selon une convention villageoise, la paille comme l'ensemble des services et biens du site sont gérés par le gestionnaire. Plus spécifiquement, la paille issue du site est considérée comme une contrepartie du salaire du gestionnaire.

Selon les résultats, chaque année le gestionnaire peut avoir jusqu'à 350 bottes, une fois qu'il fait son stock, il autorise la population sous demande d'aller collecter la paille et stocker pour la consommation de leur bétail. L'accès varie de 3 à 50 bottes par ménage et une botte pèse environ 2.5 Kg.

Formule de quantification de la paille

$$\mathrm{QtP}=\mathrm{Qmeg}+\mathrm{Qges}$$

QtP = quantité totale de paille du site
Qmeg = quantité de paille prélevée par les ménages
Qges = quantité de paille prélevée par le gestionnaire

Tableau 4. Quantification de la paille du site

Type de ménage	Quantité de bottes	PU (FCFA)	Total (FR CFA)
Ménages	153	250	38 250
Gestionnaire	350	250	87 500
Total			125 750
Moyenne par ménage	7.2	250	1 800

3.7.5 RETOMBÉES ÉCONOMIQUES LIÉES À LA PAILLE

Chaque année 503 bottes sont prélevées sur le site soit 1258 kg, dont une moyenne de 18 kg par ménage. Le prix de vente au niveau local d'une botte de fourrage est de 250 FCFA soit 100 FCFA/ Kg.

Ainsi, les retombées économiques par ménage est de 1 800 FCFA.

3.7.6 RETOMBÉE ÉCONOMIQUES LIÉES AU PÂTURAGE

L'accès au pâturage est l'un des biens qu'offre le parc aux ménages et souvent même aux ménages des villages environnants. L'accès libre au pâturage constitué de la paille sèche et des fourrages ligneux sur une période d'environ mois (8) mois, période allant de novembre à juin.

52.9% des ménages sur 77% des ménages disposant de bétail utilisent le pâturage du site qui couvre à 100% des besoins alimentaires de leurs animaux. Pour calculer la quantité consommée, on utilise la référence de la consommation par UBT qui est de 6.5 Kg de matière sèche par jour avec en moyenne 1.4 UBT.

Formule de quantification de la paille.

$$Qtp=UBTmeg*Nbrjp*Consjr$$

Qtpa = Quantité totale de pâturage prélevées sur le site
UBT = UBT moyenne par ménage (1.4)
Nbrpa = Nombre de jour de pâturage par an
Consjr = Consommation journalière par UBT

Tableau 5. Quantification du pâturage

UBT/ménage	Nbrs de jours de pâturage	Consommation journalière UBT/Kg de MS	Total en Ms/Kg
1.4	240	6.25	2 100

3.7.7 RETOMBÉES ÉCONOMIQUES LIÉES AU PÂTURAGE

Le site est ouvert sur huit (8) mois par an soit 240 jours. Les quantités en termes de matière sèche à laquelle le ménage peut accéder est d'environ 2 100 Kg de matière sèche. Le botte de pèse environ 2.5 Kg de MS à un prix unitaire de 250 FCFA. Ainsi la retombée économique est 210 000 FCFA par ménage.

4 DISCUSSION

La dégradation des terres et ou la désertification sont des phénomènes qui ont des conséquences directes et évidentes sur les ressources productives et de ce fait sur la vie socioéconomique de la population. Depuis plusieurs décennies on constate une accélération de ce phénomène sur l'ensemble du territoire national. Dans le cadre de cette étude, les résultats montrent qu'en vingt ans, il y a eu une augmentation de 15,4% de surface de culture, une diminution de 16.8% de formation végétale et une augmentation de 1,4% de terrain nue. Ces résultats sont soutenus par plusieurs études dont une étude menée en 2007 sur la dynamique de l'occupation des terres entre 1972 et 2005dans la commune de Gabi (région de Maradi) qui met en évidence le changement de vocation des terres avec une avancée importante du front agricole, une diminution de 20% des surfaces couvertes par les savanes arbustives et une augmentation de 5% des surfaces dénudées [1]. Une autre étude menée dans la même région en 2014 sur la dynamique de l'occupation du sol dans la commune urbaine de Tibiri (région de Maradi) a mis en évidence dans une analyse dichotomique un changement important de l'utilisation et de l'occupation des sols dans la commune sur deux périodes 1972 à 2010. Ainsi, en quatre décennies, la superficie des formations végétales naturelles est passée de 37.9 % de la superficie de la commune à 9, 7 % soit une régression de (-28,2%), pendant ce temps, la superficie des espaces mis en cultures pluviales est passée de 38,2% à 63% soit une augmentation de (+24%) (SADDA, 2014). Sur le plan national de 1975 à 2013, les superficies des terres allouées à la culture pluviale ont presque double passant de 12, 6% à 24, 5% avec une forte occupation des zones pastorales et une diminution significative des formations forestières naturelles qui sont passée de 16 millions d'hectares en 1982 à 5 millions d'hectare en 2005 [3].

Les facteurs qui expliquent ce double phénomène de changement de vocation et de dégradation sont démographiques et liée aux effets du changement climatique. De 1988 à 2020, la population du Niger est passée de 7,25 millions à plus de 21 millions de personnes dont plus près de 84% sont rurales [5]. L'accroissement de la population s'accompagne avec davantage des besoins en matière de terres pour la production agricole, des besoins en termes d'énergie dont le bois représente la principale source énergie pour plus de 94% de la population [4] et des besoins en terre d'habitation et de construction d'infrastructures. Ce constat ressort clairement dans les résultats de cette étude, sur base de calcul à partir du taux d'accroissement, la population de la commune de Kollo est passée de 27 177 habitants en 1999 à 38 248 en 2018 soit une

progression de 42,41% et sur la même période les superficies allouées aux infrastructures sont passée de 1.4% en 1999 à 1,9 % en 2018.

L'autre facteur qui agit directement à l'action anthropique est le changement climatique avec des effets directs sur la baisse de productivité, l'accroissement des phénomènes extrême comme la sècheresse, les inondations, les invasions acridiennes, les hausses de température, l'irrégularité des pluies ont un impact direct sur le rendement donc le besoin de créer davantage d'espace agricole [2].

La dégradation des terres représente un défi majeur en termes de développement et de lutte contre l'insécurité alimentaire au Niger. Pour un pays sahélien dont plus de 80% de la population vit essentiellement de l'agriculture et une économie basée sur le secteur primaire, la question de GDT devient un impératif. 81% des enquêtés de cette étude ont constaté une perte de productivité dont 33% de plus de 25% ces dernière années. Cette perte de productivités des terres se constate sur l'ensemble du Niger avec un déclin de 11,31% (1 221 530 ha) des zones agricoles [16]. Cette baisse de productivité et la perte des terres expliquent le défi fourrager et agricole que le Niger ne cesse de connaitre et qui aboutissent à des crises alimentaires chroniques.La production céréalière globale de la campagne 2019 est en baisse de 6% par à la moyenne des cinq dernière années et de 13% rapport à 2018. En 2020, le nombre de personne en situation d'insécurité alimentaire est estimé à 2.7 million.La région de Tillaberi connait un déficit céréalier brut de -44. 611 tonnes. Ainsi, la dégradation des terres à un coût, cela est dû au fait qu'elle agit sur les capacités productives des terres. Ainsi, selon [8], elle représente 11% du PIB en 2016 et 9% du PIB agricole selon [4].

La connaissance de la population sur la dégradation des écosystèmes est très palpable, car elle implique l'augmentation ou la diminution, voir la perte des services et des biens écosystémiques dont elle a besoin pour survivre. La quasi-totalité des personnes enquêtées fait état de la dégradation de l'écosystème avec des pertes de productivités des sols. Dans une étude sur la capitalisation des bonnes pratiques de gestion durable des terres pour l'adaptation à la variabilité et au changement climatique au Mali, [14] fait ressortir que l'ensemble des personnes enquêtées ont une perception de l'impact du changement climatique sur les ressources naturelles productives comme le sol. En termes d'impact 96 % jugent de la perte de la fertilité des sols, 90% et 70 % parlent respectivement de l'érosion hydrique et éolienne et 83 % et 35% des enquêtés situent les impacts à travers l'ensablement et la formation des microdoses. Dans la commune urbaine de Tibiri [11] a trouvé que 54% des terres très dégradées, 24 % des terres fertiles et 24 % des terres dégradées. Ces résultats montrent une prise de conscience du phénomène de la dégradation des écosystèmes et des impacts de transformation de l'environnement sur les conditions socio-économiques de la population. Cette prise de conscience représente un levier important pour amener les exploitations agricoles à revoir leur modèle économique en intégrant la GTD comme un facteur de production.

5 CONCLUSION

Cette étude constitue un effort d'analyse des retombées économiques de la gestion durable des terres en mettant l'accent sur quelques services et biens écosystémiques que les populations tirent des terres réhabilitées par une double approche; la cartographie et de l'analyse coûts avantages.

La dégradation des terres au Sahel et spécifiquement au Niger représente un des problèmes et défis de développement cela dans un contexte de croissance démographique explosive où les besoins alimentaires et des capitaux productifs comme le foncier ne cesse de croitre. L'expression du changement climatique s'est traduite dans notre contexte par l'accélération de la dégradation des terres. Il faut se rendre compte qu'il y'a un lien direct et systémique de cause à effet entre le changement climatique, la désertification et la perte de la biodiversité. Cette grande modification se combine à de mauvaises pratiques de consommation et de production de l'homme se qui se traduit par une déstabilisation et déséquilibre de l'écosystème et donc des biens et des services qui sont pourtant essentiels pour la suivie de la population. Cette analyse est donc un argument scientifique solide qui permettra aux décideurs d'aborder la question de conservation des ressources naturelles notamment des sols comme un secteur clé d'investissement et approprié pour le développement durable du Niger.

REMERCIEMENTS

Les auteurs remercient également respectivement Directeur des données statistiques du Niger, les chefs des exploitations et la population pour avoir créé le cadre ayant permis la réalisation de cette étude.

REFERENCES

[1] Christian (2007). À propos de l'Évaluation des écosystèmes pour le Millénaire: l'économie de l'environnement à l'épreuve des faits. Natures Sciences Sociétés 15, 77-80 (2007), NSS Dialogues, EDP Sciences 2007. DOI: 10.1051/nss: 2007 029.

[2] Conseil National de la Recherche Scientifique (2014). Services Ecosystémique. Les cahiers Prospectives: une prospective de l'Institut Ecologique et Environnement. N° 06 juillet 2014. 45-46 pge.

[3] Direction Nationale de la Météorologie (2014). Rapport d'Etude sur l'Etat des Connaissances Nationales sur les Changements Climatiques, les Etude d'Impacts et les Stratégies d'Adaptation aux Effet du Changement Climatiquez.

[4] Institut Nationale de la Statistique (2016). Le Niger en chiffres 2016.

[5] Institut Nationale de la Statistique; Système d'Alerte Précoce (2017). Enquête conjointe sur la vulnérabilité à l'insécurité alimentaire des ménages au Niger.

[6] Ministère du Développement Agricole (2003). Projet Protection Intégrée des Ressources Agro-Sylvo-Pastorales dans le Département de Tillabéri-Nord (PASP): « Référentiel des mesures techniques de récupération, de protection et d'exploitation durable des Terre.

[7] Ministère de l'Elevage et de l'Agriculture (2013). Stratégie de Developpement Durable de l'Elevage 2013-2035. 17-18 Pg.

[8] Ministère de l'Environnement, de la Salubrité Urbaine et du Developpement Durable (2014). Cadre Stratégique de la Gestion Durable des Terres (CS-GDT) au Niger et son plan d'investissement 2015-2029.

[9] Organisation des Nations unies pour l'alimentation et l'agriculture (2015). Rapport général.

[10] Resquier, Bied-Charreton (2009). Évaluation des couts économiques et sociaux de la dégradation des terres et de la désertification en Afrique.

[11] Sadda Abou-Soufianou (2014). Etude de la dynamique de l'occupation du sol dans la commune urbaine de Tibiri (région de Maradi). Mémoire de Master 2 Milieux et société des Espaces Arides et Semi-arides: Aménagement –Développement. Option I: Aménagement et Gestion des Ressources Naturelles. Universite Abdou Moumouni de Niamey, Faculté des Lettres.

[12] SOULEY YERO Kadidiatou (2008). L'évolution de l'occupation des sols à l'échelle des bassins versants de Wankama et Tondi Kiboro: Quelles conséquences sur les débits et l'évapotranspiration réelle (ETR). Mémoire pour l'obtention d'un DEA Milieux et sociétés des espaces arides et semi-arides: Aménagement – Développement. Option: Aménagement et Gestion des Ressources Naturelles. UNIVERSITE ABDOU MOUMOUNI DE NIAMEY, Faculté des Lettres et Sciences Humaines, Département de Géographie.

[13] Salah Bachta M et BEN MIMOUN. A (2001). Evaluation économique de la dégradation du sol en Tunisie cas d'étude: le sous bassin versant de l'OUED M'SILAH. Médit N°1/2001.

[14] RICARDO, D., 1817. On the principles of political economy and taxation. John Murray, London, England.

[15] ROSENZWEIG C. et PARRY M.L., 1994. «Potential impact of climate change on world food supply», *Nature,* 367, pp 133-138.

[16] SARR B., 2006. « Les changements climatiques et la vulnérabilité des ressources en eau et de l'agriculture, Centre Régional AGRHYMET, DFR, Niamey », In *Communication scientifique,* 22 p.

[17] VALL E., DONGMO NGOUTSOP A., ABAKAR O., MEYER C., 2002. La traction animale dans le nouveau contexte des savanes cotonnières du Tchad, du Nord-Cameroun, et de la Centrafrique. I. Diffusion de la traction animale et sa place dans les exploitations. Revue d'élevage et de médecine vétérinaire des pays tropicaux, 55 (2): 117-128.

International Journal of Innovation and Applied Studies
ISSN 2028-9324 Vol. 39 No. 2 Apr. 2023, pp. 608-616
© 2023 Innovative Space of Scientific Research Journals
http://www.ijias.issr-journals.org/

Effet de la variabilité climatique sur les revenus agricoles au sud-ouest du Tchad: Cas des exploitations agricoles familiales de Moundou

[Effect of climate variability on farm income in southwestern Chad: The case of family farms in Moundou]

Ali MAHAMADOU[1], Allarassem NDLKAG[1], and Halidou Maiga Nafissatou[2]

[1]Department Economie et Sociologie Rurale, Université Abdou Moumouni, Niamey, Niger

[2]Department Productions Animales, Université Abdou Moumouni, Niamey, Niger

Copyright © 2023 ISSR Journals. This is an open access article distributed under the ***Creative Commons Attribution License***, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

ABSTRACT: Family farms in Moundou are facing the effects of climate variability. Due to increased rainfall variability and rising temperatures marked by an evolving trend, farm household incomes are increasingly affected. The objective of this study is to assess the effects of climate variability on the incomes of farm managers in order to contribute to a better understanding of the effects of climate variability on family farming. The study uses the Ricardian model to analyze the effects of rainfall and temperature variations and socioeconomic determinants on the incomes of farm managers. Data were collected from 105 farm managers distributed according to their wealth level. The results showed that an increase of 1 mm in average rainfall will lead to an increase of 1.2% FCFA/hectare of agricultural income, i.e., a gain of 1633 FCFA/hectare. On the other hand, a 1% increase in temperature will result in a 5.65% decrease in agricultural income, i.e., a loss of 7,692 FCFA/hectare on average. The analysis of the projected effects of climate variability through scenarios of increases in average temperatures of 1°C and 1.5°C and average annual decreases in rainfall of 5% and 8% showed that income losses will be accentuated. Thus, this situation calls for reflection on appropriate adaptation strategies to mitigate the adverse effects on family farming while taking into account the diversification of family farms.

KEYWORDS: Climate variability, farm income, Ricardian model, family farms, Moundou, Chad.

RESUME: Les exploitations agricoles familiales à Moundou sont confrontées aux effets des variabilités climatiques. En raison de variabilité des pluies accrue et d'augmentation des températures marquée par une tendance évolutive, les revenus des ménages agricoles sont de plus en plus affectés. L'objectif de cette étude est d'évaluer les effets de la variabilité climatique sur les revenus des chefs d'exploitation agricole afin de contribuer à une meilleure connaissance des effets de la variabilité climatique sur l'agriculture familiale. L'étude est basée sur le modèle Ricardien pour analyser les effets des variations des précipitations et des températures et des déterminants socioéconomiques sur les revenus des catégories de chefs d'exploitation agricole. Les données sont collectées auprès de 105 chefs d'exploitants agricoles repartis, selon leur niveau de richesse. Les résultats ont montré que l'augmentation de 1 mm en moyenne de la précipitation va entrainer une augmentation de 1,2% FCFA/hectare de revenu agricole, soit un gain de 1633 FCFA/hectare. Tandis que, l'augmentation de 1% de températures entrainera une baisse de revenu agricole de 5,65%, soit une perte de 7.692 FCFA/hectare en moyenne. L'analyse de la projection des effets des variabilités climatiques à travers des scenarios des hausses des températures moyennes de 1°C et de 1,5°C et des baisses moyennes annuelles des précipitations de 5% et de 8% a montré que les pertes de revenus seront accentuées. Ainsi, cette situation pousse à réfléchir sur les stratégies d'adaptation appropriées pour atténuer les effets néfastes sur l'agriculture familiale tout en tenant compte de la diversification des exploitations agricoles familiales.

MOTS-CLEFS: Variabilité climatique, revenus agricoles, modèle Ricardien, exploitations familiales, Moundou, Tchad.

Corresponding Author: Ali MAHAMADOU

1 INTRODUCTION

La variabilité climatique constitue aujourd'hui un des obstacles majeurs au développement socioéconomique des populations dans le monde en général et particulièrement en Afrique Subsaharienne. Au Sahel, les sécheresses sévères et généralisées au cours des décennies 70 et 80, avec une percée en Afrique de l'Ouest et du Centre [15], représentent le plus fort signal de changement climatique observé sur terre. Cette grande période de sécheresse a eu des incidences, non seulement néfastes sur les rendements agricoles, mais aussi plus dramatiques sur les conditions d'existence des populations rurales [18]. Selon le rapport du Groupe Intergouvernemental sur l'Evolution du Climat [7], la température moyenne globale va augmenter et pourrait atteindre 4,5 °C d'ici 2100, le régime des précipitations va se modifier et la variabilité climatique sera accrue notamment avec une fréquence des événements extrêmes de plus en plus récurrents. Au Tchad, les changements climatiques majeurs récents enregistrés au cours des dernières décennies ont montré des variations des régimes des précipitations marquées par une brusque alternance d'années humides et sèches, une variabilité accrue des pluies et une augmentation des températures de l'ordre de 1°C [11]. Ce qui a un impact direct sur les rendements et la production agropastorale dans les zones agro-écologiques du Tchad [13].

Cette étude a pour objectif d'évaluer l'impact des variabilités climatiques sur les revenus des exploitations agricoles familiales dans la zone soudanienne du Tchad. De manière spécifique, elle vise évaluer les pertes occasionnées par la hausse de température et la baisse des précipitations sur les revenus des petits exploitants agricoles et à mieux comprendre la manière dont les différentes catégories de chefs d'exploitations agricoles s'adaptent aux risques climatiques à l'échelle spatiale.

2 MATÉRIEL ET MÉTHODES

2.1 MATÉRIEL

2.1.1 ZONE DE L'ÉTUDE

L'étude porte sur Moundou (16º05'00" Est et la latitude 8º34'00" Nord) situé dans la zone soudanienne à plus de 400 km au Sud-Ouest de la capitale N'Djamena, Tchad. Il est localisé sur les rives du fleuve Logone [11] et entre deux plans d'eau à savoir le Lac Taba à l'Est et le Lac Wey à l'Ouest. Il est limité au nord par la sous-préfecture de Déli, à l'ouest par la sous-préfecture de Bah et le lac Wey, à l'est par le lac Taaba et au sud par la sous-préfecture de Mbaïkoro. La population est estimée à 210 400 habitants en 2020 [4]. Le climat est tropical semi-humide de type soudanien, favorable à l'agriculture. Moundou est soumis à un régime pluviométrique uni-modal, allant de mai à octobre. Les types de sols sont essentiellement les sols hydromorphes recouverts d'alluvions, les sols ferralitiques lessivés, peu fertiles et sols rouges, sableux en profondeur [11]. La principale activité économique est l'agriculture, car elle représente plus de 80% de ménages ruraux. Cette agriculture repose en grande partie sur les cultures vivrières même si certains exploitants agricoles continuent par cultiver le coton.

2.1.2 ECHANTILLONNAGE ET COLLECTE DES DONNÉES

L'échantillonnage s'est effectué en plusieurs étapes. Il importe de signaler qu'au Tchad, la méthode de segmentation utilisée pour élaborer une typologie se base sur le sexe du chef d'exploitation (CE), l'accès à la traction animale et aux équipements ([1]; [3]; [19]). Cela reste valable pour cette présente étude. Cependant, pour de question de contrôle, une variable projetée supplémentaire comme la taille de ménage y est ajoutée. Ainsi, en collaboration avec les personnes ressources, cette démarche a permis de catégoriser les chefs d'exploitation agricole se trouvant dans la liste. Ensuite, des calculs de proportionnalités ont été faits pour obtenir le nombre de chefs d'exploitation à enquêter dans chaque catégorie. Enfin, au vu du nombre obtenu, un tirage au hasard avec un pas de 5 a été effectué pour retenir de la population d'étude un échantillon de 105 chefs d'exploitation agricole dont 45 exploitants moins équipés, 35 exploitants moyennement équipés et 25 exploitants bien équipés selon les critères préalablement définis.

Les données primaires ont été obtenues à partir d'une enquête auprès de l'échantillon retenu. Elles ont concerné les caractéristiques des exploitations, les productions végétales en pluvial strict, les facteurs de production (intrants et matériels agricoles) et l'environnement des exploitations agricoles. Ces données ont été collectées du 1er juin au 30 septembre 2021 et se rapportent à une année (mai 2019 à avril 2020). Quant aux données secondaires, elles ont été collectées à l'échelle du département, précisément auprès des services déconcentrés de l'Etat, des Organisations Non Gouvernementales (ONG) et des informateurs clés. Les données sur les températures et les précipitations proviennent de la station de météorologie de l'aérodrome de Moundou et concernent la période allant de 1991 à 2020.

2.1.3 MÉTHODE

Parmi les méthodes utilisées pour évaluer l'impact du climat sur l'agriculture, on distingue deux grandes méthodes dont la méthode par la fonction de production et le modèle Ricardien [16]. La méthode par la fonction de production mesure les effets directs d'une modification du climat en se fondant sur une approche expérimentale ([19]; [3] et [2]). De ce fait, elle s'oriente vers l'agronomie et ne prend pas en compte les adaptations possibles des producteurs. Tandis que, le modèle ricardien s'oriente vers l'économie et prend en compte implicitement des adaptations des agriculteurs [12].

Cette présente étude s'est basée sur le modèle ricardien pour évaluer l'impact du climat sur les revenus agricoles en prenant en compte les caractéristiques socioéconomiques des chefs d'exploitation agricole afin de montrer que certains exploitants s'adaptent mieux que les autres dans ce contexte des variabilités climatiques au sud-ouest du Tchad. Plus formellement, chaque exploitant agricole de Moundou maximise son profit sous les contraintes données par les conditions exogènes à son exploitation: conditions pédoclimatiques et socio-économiques. Ceci permet d'utiliser l'équation [12] qui traduit que le revenu net agricole (V) représente la valeur actuelle de la productivité future de la terre.

$$V = \int P_{LE} e^{-\delta t} = \int [\sum P_i Q_i \Phi(X, F, Z, G) - \sum RX] e^{-\delta t} dt \quad (1)$$

Où:

P_{LE} = revenu net par hectare, Pi = prix de marché de la culture i; Qi = quantité produite de la culture i; F = variables climatiques; Z = ensemble des variables édaphiques; G = ensemble des variables socio-économiques; X = vecteur des facteurs de production (autres que la terre); R = vecteur des prix des facteurs de production; t = temps et δ = taux d'actualisation.

Le modèle ricardien standard est un modèle quadratique sur le climat. Ainsi, on aura:

$$V = \beta_0 + \beta_1 F + \beta_2 F^2 + \beta_3 Z + \beta_4 G + u \quad (2)$$

Où:

- u: terme d'erreur;
- F et F^2: capture des termes linéaires et quadratiques pour les températures et les précipitations

Les dérivées de l'équation précédente par rapport aux variables climatiques (température et précipitation) permettent de déterminer les impacts marginaux du climat. La nouvelle fonction de profit en résultant est uniquement fonction des variables exogènes. Le coefficient du terme linéaire de chaque variable climatique représente l'impact marginal de cette variable sur le revenu agricole.

$$E[dV/df_i] = E[\beta_{1,i} + 2 * \beta_{2,i} * f_i] \quad (3)$$

L'évaluation d'impact prévisionnel de la variation des températures et des précipitations sur le revenu agricole des exploitants s'est basée sur des simulations à partir des scenarios de [6] GIEC. En effet, selon [7], les températures augmenteront de 1,8 à 4°C en 2090-2099 par rapport à 1980-1999. Ainsi, le changement du bien être U, résultant du changement du climat de C_0 à C_1 peut être mesuré comme suit:

$$\Delta U = V(C_1) - V(C_0) \quad (4)$$

Par ailleurs, la conception du modèle ricardien offre une certaine flexibilité quant au choix de variables. Puisque, dans la littérature, ce modèle a été utilisé aussi pour observer le comportement des individus et des collectivités. [5] ont étudié l'impact du changement climatique sur les revenus en se référant aux résultats d'enquêtes sur les revenus des fermiers réalisés spécifiquement pour ce travail. Alors que, [4] n'ayant considéré que les variables climatiques (précipitations et températures) et le progrès technique dans leur analyse, sont parvenus à évaluer l'impact du climat sur les revenus agricoles en Tunisie. D'autre part, [10] se sont intéressés aux revenus nets agricoles des zones agro-écologiques de Kenya en effectuant une enquête sur les données comptables pour mettre en exergue l'impact du climat. Tandis que, [14] s'est fixé sur les variables climatiques, édaphiques, hydrologiques et socio-économiques pour mettre en exergue l'impact du climat sur les revenus des ménages agricoles au Burkina Faso. Afin d'affiner le modèle ricardien au contexte de la présente étude, des modifications sont apportées au modèle standard développé par [12]. Ainsi, le nouveau modèle se présente comme suit:

$$V = \beta_0 + \beta_1 F + \beta_2 F^2 + \beta_3 G + u \quad (5)$$

Partant de l'évidence des résultats obtenus par [14], Chebil *et al.* en 2011 et [12]. en 1994; en prenant seulement en compte les variables climatiques (températures et précipitations), la forme sans adaptation du modèle se présente comme suit:

$$RN_{ha} = \beta_0 + \beta_1 temp_sp + \beta_2 temp_sp^2 + \beta_3 temp_ss + \beta_4 temp_ss^2 + \beta_5 précip_sp + \beta_6 précip_sp^2 + \beta_7 précip_ss + \beta_8 précip_ss^2 + \mu$$

Où:

- $temp_sp$ et $temp_ss$ sont les températures moyennes de la saison pluvieuse et de la saison sèche;
- $precip_sp$ et $precip_ss$: représente la pluviométrie totale moyenne respectivement pour la saison humide et la saison sèche;
- Les βi sont les coefficients et μ le terme d'erreur.

En effet, le modèle sans adaptation inclut seulement les variables physiques du climat (température et précipitations).

Il importe de signaler que les caractéristiques socioéconomiques sont très indispensables pour mieux produire en agriculture pluviale dans la zone d'étude. Ainsi, en incluant au modèle sans adaptation les caractéristiques socioéconomiques, la forme avec adaptation sera:

$$RN_{ha} = \beta_0 + \beta_1 temp_sp + \beta_2 temp_sp^2 + \beta_3 temp_ss + \beta_4 temp_ss^2 + \beta_5 précip_sp + \beta_6 précip_sp^2 + \beta_7 précip_ss + \beta_8 précip_ss^2 + \sum_{j=1}^{m} \alpha j Gj + \mu$$

Où:

- G_j est l'ensemble des variables socioéconomiques: la taille de ménage, niveau d'éducation et possession d'animaux;
- Les α_j sont des coefficients.

Pour mieux appréhender les variables que comportent les deux (2) modèles susmentionnés dans le cadre de ce travail, les définitions suivantes sont retenues. Il s'agit de:

A) Variable dépendante ou expliquée

La variable dépendante est le revenu net des exploitants agricoles enquêtés. Ce revenu se définit comme étant la valeur de la production des cultures en pluvial strict moins les charges opérationnelles. Il est calculé pour chaque exploitation. Le coût de la main d'œuvre familiale n'est pas pris en compte dans le calcul.

B) Les variables indépendantes ou explicatives

Dans ce travail, les variables explicatives sont reparties en deux (2) types: les variables climatiques et les caractéristiques socioéconomiques.

- Les variables climatiques sont constituées des températures et des précipitations. Elles sont définies en deux (2) variables saisonnières. La décision de considérer l'effet saisonnier des variables climatiques part de l'aspect de forte saisonnalité qui caractérise le climat et qui affecte l'activité agricole dans la zone d'étude.
- Les caractéristiques socioéconomiques quant à elles, se rapportent à la taille du ménage, le niveau d'éducation et la possession des bœufs. Dans cette étude, la taille de ménage est un nombre entier alors que, le niveau d'éducation et la possession des bœufs sont des variables dichotomiques qui prennent la valeur (1) ou (0).

Les analyses sont effectuées étape par étape en utilisant les logiciels STATA et SPSS 20. L'introduction des variables s'est faite en deux (2) séquences. Tout d'abord, les variables climatiques ont été intégrées. Cette première séquence de variables a permis de définir un modèle reposant uniquement sur les facteurs physiques du climat, bien évidemment les températures et les précipitations: c'est le modèle sans adaptation. Ensuite, des variables relatives aux caractéristiques socioéconomiques sont intégrées: c'est le modèle avec adaptation.

L'évaluation globale des liaisons est faite avec le coefficient de détermination (R^2). La signification individuelle des paramètres est estimée avec le test de Student. L'effet marginal de la température est calculé sur la base de la température

moyenne de l'échantillon tandis que, celui de la précipitation est calculé sur la base de la moyenne des précipitations annuelles de l'échantillon d'étude.

3 RESULTATS

3.1 EFFETS DES PARAMÈTRES ASSOCIÉS AUX VARIABLES CLIMATIQUES ET SOCIOÉCONOMIQUES SUR LES REVENUS DES EXPLOITANTS AGRICOLES

Les résultats des enquêtes ressortent un revenu moyen de 136.148 FCFA/Ha/an pour l'ensemble de l'échantillon. Cependant, le revenu varie d'une catégorie à une autre. En effet, il est de 64.370 FCFA/Ha/an pour les exploitants moins équipés, de 168.155FCFA/Ha/an pour les exploitants moyennement équipés et de 225.147 FCFA/Ha/an pour les exploitants bien équipés.

Le modèle Ricardien affiné au contexte de l'étude a permis de mettre en évidence les liens entre le revenu agricole, les facteurs physiques du climat (précipitations et températures) et les déterminants socioéconomiques des chefs d'exploitation. Le tableau I indique les effets des paramètres associés aux variables climatiques et socioéconomiques sur les revenus des exploitants agricoles. Dans le modèle sans adaptation, le coefficient de détermination R^2 est de 0,69. Le test de Fisher-Snedcor (F) a montré que les paramètres associés aux variables climatiques et socioéconomiques, dans leur globalité, ont des effets significatifs sur les revenus. Le test de Student a révélé que les termes quadratiques de la température et de la précipitation sont significatifs au seuil de 1%. En intégrant les caractéristiques des chefs d'exploitation, le coefficient de détermination R^2 a augmenté (R^2= 0,82). Ce qui explique que les facteurs socioéconomiques ont des effets statisquement significatifs sur les revenus (voir tableau 1).

Tableau 1. Modèles de régression (variable dépendante = revenu agricole)

Variables	*Modèle sans adaptation*		Modèle avec adaptation	
	Coefficient	t	Coefficient	t
Variables climatiques				
Température sp	115,10***	3,12	245,14***	2,62
Température sp^2	-5,06***	-5,18	-7,12***	-3,06
Température ss	14,15*	0,74	-1567,13***	-1,86
Température ss^2	-0,37*	-1,07	8,25***	2,30
Précipitation sp	7,22*	7,40	42,20	2,05
Précipitation sp^2	-0,003	-8,77	-0,048	-2,01
Précipitation ss	3,47***	0,07	158,11***	0,75
Précipitation ss^2	0,36***	0,09	-1,64***	-0,76
Variables socio-économiques				
Taille			35,58	7,49
Niveau d'éducation			30,15	0,51
Possession des bœufs			-19,23	-0,25
Constante	-424,41	-1,96	-545,23	-1,09
Nombre d'observations	105		105	
F	51,12		8,36	
R^2	0,69		0,82	

** Significatif au seuil de 10%; ** Significatif au seuil de 5%; *** Significatif au seuil de 1%.*
Avec: sp = saison des pluies et ss = saison sèche

Les résultats de l'étude ont montré que l'effet marginal de la précipitation est significatif au seuil de 1% tandis que, celui de la température est significatif au seuil de 10% (tableau 1).

3.2 EFFETS DES VARIATIONS DES PRÉCIPITATIONS ET DES TEMPÉRATURES SUR LE REVENU AGRICOLE DANS LES MODÈLES SANS ADAPTATION ET AVEC ADAPTATION.

Le tableau 2 indique les effets des variations des précipitations et des températures sur le revenu agricole dans les modèles sans adaptation et avec adaptation. Si la moyenne des précipitations augmente de 1 mm, le revenu moyen agricole des chefs

d'exploitation augmente de 1,2% FCFA/hectare, soit un gain de revenu agricole de 1633 FCFA/hectare pour l'ensemble des chefs exploitation agricole (voir tableau II). En associant ce gain aux revenus moyens des catégories de chefs d'exploitation, les revenus moyens agricoles seront de 66.003 FCFA/ hectare pour les exploitants moins équipés, de 169.788 FCFA/hectare pour les exploitants moyennement équipés et de 226.780 FCFA pour les exploitants bien équipés. Tandis que l'augmentation de 1% de températures entraine une baisse des revenus agricoles de 5,65%, soit une perte de 7.692 FCFA/hectare en moyenne pour l'ensemble de chefs d'exploitation (voir tableau 2).

Tableau 2. Impact marginal du climat sur le revenu agricole (FCFA/ha)

Variable	Modèle sans adaptation	Modèle avec adaptation
Température	-7.079,69*	-7.692,62*
	(-5,20)	(-5,65)
Précipitation	12.321***	1.633***
	(9,05)	(1,2)

Significatif au seuil de 10%; ** Significatif au seuil de 5%; * Significatif au seuil de 1%. Le nombre entre parenthèse représente l'élasticité du climat.*

Sur la base du rapport de GIEC (2007) qui prévoit une augmentation des températures de 1,8 à 4°C en 2090-2099 par rapport à 1980-1999, l'effet de la variabilité climatique future pourrait être simulé à travers une augmentation de la température de 1°C et de 1,5°C et une diminution de la pluviométrie moyenne de 5% et de 8%. Ajoutant les valeurs futures aux valeurs actuelles des variables climatiques, les revenus agricoles sont significativement affectés.

3.3 Impacts Des Scénarios Climatiques GIEC Sur Les Revenus Agricoles

Le tableau 3 présente les variations projetées des revenus agricoles vis-à-vis des variations futures des températures et des précipitations. En effet, les résultats ont montré qu'un réchauffement de 1°C entrainera une baisse des revenus de 19% et une hausse des températures moyennes de 1,5°C va engendrer une perte des revenus de 28% en moyenne pour l'ensemble de chefs d'exploitations. Et, une baisse moyenne annuelle des précipitations de 5% entrainera une perte de 12% des revenus pour l'ensemble de chefs d'exploitation, tandis qu'une baisse moyenne annuelle des précipitations de 10% engendrera une perte de 24% de revenus (*ceteris paribus* (voir tableau 3).

Tableau 3. Impacts des scénarios climatiques GIEC sur les revenus agricoles

Scénarios	*Δ Revenus nets*	
	FCFA/ha	%
Température (+1ºC)	-25.868	-19
Température (+1,5ºC)	-38.121	-28
Précipitation (-5%)	-16.338	-12
Précipitation (-10%)	-32.676	-24

3.4 Impacts Projetés Des Variations Des Températures Et Des Précipitations Sur Les Revenus Agricoles Des Catégories De Chefs D'exploitation Agricole

Le tableau 4 indique les pertes futures que pourraient occasionner les variations températures et des précipitations sur les revenus des chefs d'exploitation agricole.

Tableau 4. ***Impacts projetés des variations des températures et des précipitations sur les revenus agricoles des catégories de chefs d'exploitation agricole***

Scénarios	Nouveaux revenus moyens agricoles (FCFA/Ha)		
	Exploitants moins équipés	Exploitants moyennement équipés	Exploitants bien équipés
Augmentation température (1°C)	38502 (-25.868)	142.287 (-25.868)	199.279 (-25.868)
Augmentation température (1,5°C)	26249 (-38121)	130.034 (-38.121)	187.026 (-38.121)
Diminution pluviométrie (5%)	48032 (-16.338)	151.817 (-16.338)	208.809 (-16.338)
Diminution pluviométrie (10%)	31694 (32.676)	135479 (-32676)	192.471 (-32676)

3.5 RÉGRESSIONS SUR LES CARACTÉRISTIQUES SOCIOÉCONOMIQUES

Le Tableau 5 indique les valeurs ajoutées que pourraient apporter les facteurs socioéconomiques sur les revenus agricoles des chefs d'exploitation agricole. Les résultats montrent que si la taille de ménage augmente d'un actif agricole, le revenu agricole du chef d'exploitation augmente de 1013 FCFA/hectare (voir Tableau V). Comme la taille du ménage, le niveau d'éducation et la possession des bœufs ont des effets significatifs sur les revenus des exploitants enquêtés. En effet, le niveau d'éducation fait augmenter le revenu agricole jusqu'à 17.603 FCFA/hectare (voir Tableau V). La possession de bœufs a un effet positif sur le revenu au seuil de 5% (Sig = 0,41 (voir tableau V)). Le niveau de revenu agricole moyen des chefs d'exploitation qui possèdent des bœufs est plus important que celui des chefs d'exploitation agricole qui n'en possèdent pas (Figure 13). Cependant, le signe négatif du coefficient du paramètre associé à la variable et sa valeur assez faible (-0,81 (voir tableau 5)) présage une influence négative de l'élevage. Toutefois, dans la pratique, l'effet reste moins remarquable car la possession de bœufs est à première vue un déterminant très indispensable pour la production agricole dans la zone d'étude.

Tableau 5. ***Résultats des régressions sur les caractéristiques socioéconomiques***

Modèle	Coefficients non standardisés		Coefficients standardisés	t	Sig.	90,0% % intervalles de confiance pour B	
	A	Erreur standard	Bêta			Borne inférieure	Limite supérieure
(Constante)	13267,255	31164,963		,426	,671	-38602,818	65137,328
Taille	1013,945	1040,137	,086	,975	,333	-717,229	2745,120
Niveau d'éducation	17603,254	11655,757	,119	1,510	,135	-1796,255	37002,764
Possession de bétail	-24295,238	29766,936	-, 164	-, 816	,417	-73838,475	25247,999

Avec:

- *(Constante) = variable dépendante: revenus agricoles;*
- *variables indépendantes: Taille de ménages, niveau d'instruction et possession de bétail.*
- *Sig = paramètre ou coefficient*

4 DISCUSSION

L'étude a mis en évidence que l'agriculture à Moundou est tributaire du climat. En effet, les revenus agricoles sont affectés par les modifications du climat. Dans une perspective de changement climatique, la température moyenne globale va augmenter, le régime des précipitations va se modifier, la variabilité climatique sera accrue et les événements extrêmes seront de plus en plus récurrents [7]. Cela pourrait engendrer d'énormes dommages à l'agriculture plus particulièrement dans la zone soudanienne du Tchad qui, d'ores et déjà fait face aux défis du changement climatique. Certes, dans une tendance globale, le revenu agricole dans la zone d'étude est très sensible à la précipitation qu'à la température en système pluvial strict. Cependant, si la moyenne des précipitations augmente de 1 mm, le revenu moyen agricole des chefs d'exploitation augmente de 1,2% FCFA/hectare, soit un gain de revenu agricole de 1633 FCFA/hectare tandis que, l'augmentation de 1% de températures entraine une baisse des revenus agricoles de 5,65%, soit une perte de 7.692 FCFA/hectare en moyenne pour l'ensemble de chefs d'exploitation. En outre, des réchauffements de 1°C et de 1,5°C par rapport à la moyenne actuelle entraineront des baisses des revenus respectivement de 19% et de 28% en moyenne pour l'ensemble de chefs d'exploitations. Et, des baisses moyennes annuelles des précipitations de 5% et de 10% engendreront des pertes de revenus respectivement de 12% et de 24% pour l'ensemble de chefs d'exploitation. Ces résultats montrent que la précipitation affecte moins Moundou

que la pleine de Jeffara au sud-est tunisien et l'ensemble de Burkina Faso ([6]; [14]). Tandis que, Moundou est plus affecté par la température que la pleine de Jeffara et l'ensemble de Burkina Faso [14]. D'une manière spécifique, l'analyse a montré que les exploitants moins équipés sont plus affectés que les exploitants moyennement équipés et les exploitants bien équipés du fait de leurs faibles capacités de production à s'adapter car, ils ne sont pas à mesure d'appliquer certaines formes d'adaptation afin de réduire leur exposition et limiter les effets néfastes sur leur exploitation.

5 CONCLUSION

L'agriculture dans la zone soudanienne du Tchad particulièrement à Moundou est significativement affectée par la variabilité climatique. Les simulations à travers des scenarios de diminution des précipitations et d'augmentation des températures ont montré une situation alarmante. L'analyse croisée entre les variables a pu montrer les effets positifs des déterminants socioéconomiques sur les revenus agricoles. En effet, les chefs d'exploitation instruits ont été plus enclins à adopter les innovations d'une part et, que l'instruction permet aux exploitants de comprendre l'utilité des innovations dans les exploitations agricoles d'autre part. Et aussi, l'élevage pourrait être bénéfique pour l'agriculture en ce sens qu'il permettrait d'améliorer la productivité des terres par le fumier et le développement de la traction animale et par ailleurs, les résidus des récoltes constitueront des aliments pour les animaux. Ceci peut servir d'option pour la résilience des systèmes de production agricoles face aux enjeux environnementaux et agroécologique. Toutefois, il n'est pas seulement question de prendre en compte les formes et stratégies développées par les agriculteurs mais, il s'avère aussi nécessaire d'adopter une approche inclusive dans la mise en place des politiques et mesures d'accompagnement de l'agriculture familiale afin de permettre aux exploitants moins équipés de garantir leurs revenus dans ce contexte de climat qui change au Tchad. En outre, si des actions de lutte contre les effets néfastes des changements climatiques ne sont pas engagées, les conséquences à long terme seront importantes.

REMERCIEMENTS

Les auteurs remercient également respectivement Directeur des données statistiques du Tchad, les chefs des exploitations, pour avoir créé le cadre ayant permis la réalisation de cette étude.

REFERENCES

[1] ADAMS R.M., ROSENWEIG C., PEARL R., RITCHIE J., MC CARL B., GLYER D., CURRY B., JAMES J., BOOTE K. et ALLEN H., 1990. «Global Climate Change and U.S Agriculture», *Nature,* 345, pp 219-223.

[2] CHEBIL A., NADHEM M., TIZAOUI H., 2011. « Impact du changement climatique sur la productivité des cultures céréalières dans la région de Béja (Tunisie) »– In *AjJARE* 6 (2): pp. 144-154.

[3] DJONDANG K., LEROY J., 2001. Bilan des activités de l'année 2000. Composante conseil de Gestion. ITRAD, Bébédjia, Tchad, 23 p.

[4] DJONNEWA A., HAVARD M., TARLA F., ZEBAZE I., 2000. Les exploitations agricoles dans les terroirs de référence du Prasac au Cameroun en 1999. Document de travail. Prasac, N'Djamena, Cameroun, 24 p.

[5] FLEISCHER A., LICHTMAN I., MENDELSOHN R., 2007. « Climate change, irrigation, and Israeli agriculture: Will warming be harmful?,» In *Ecological Economics,* ECOLEC-02900; n° de pages 8.

[6] GIEC (Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat), 2007. Bilan 2007 des changements climatiques. Contribution des Groupes de travail I, II et III au quatrième Rapport d'évaluation du Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat [Équipe de rédaction principale, Pachauri, R.K. et Reisinger, A. (publié sous la direction de)]. GIEC, Genève, Suisse, 103 pages.

[7] GIEC (Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat), 2007. Climate change 2007. The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Solomon, S., D. Qin, M. Manning, Z. Chen, M. Marquis, K.B. Averyt, M. Tignor and H.L. Miller (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, 996 p.

[8] HOUCINE J., BEN KHALIFA A., MONGI S., 2013. « Impact des changements climatiques sur l'agriculture dans la plaine de Jeffara au sud-est tunisien. », In *Journal of Agriculture and Environment for International Development,* 107 (2): pp. 229 – 242.

[9] INSEED (Institut Nationale de la Statistique et des Etudes Economiques et Démographiques), 2014.

[10] KABUBO-MARIARA J. et KARANJA F., 2007. « The economic impact of climate change on Kenyan crop agriculture: A Ricardian approach », In *Global and Planetary Change* 57: pp. 319–330.

[11] MBAIGUEDEM M., 2012. *Étude de vulnérabilité et adaptation des femmes rurales face au changement climatique: Cas du Département du Chari au Tchad.* Mémoire Mastère Changement Climatique et Développement Durable, Centre Régional AGRHYMET, Niger, 85 p.
[12] MENDELSOHN R. and DINAR A. 2003. « Climate, Water, and Agriculture,» In *Land Economics* 79 (3): pp. 28-41.
[13] MHUR (Ministère de l'Hydraulique Urbaine et Rurale), 2012. La seconde communication nationale du Tchad sur les changements climatiques.
[14] OUEDRAOGO M., 2012. « Impact des changements climatiques sur les revenus agricoles au Burkina Faso.,» In *Journal of Agriculture and Environment for International Development* – JAEID 2012, 106 (1): pp. 3 – 21.
[15] PATUREL J. E., SERVAT E., KOUAME B., BOYER J. F., LUBES H., OUEDRAOGO M. et MASSON J. M., 1997. « Climatic variability in humid Africa along the Gulf of Guinea. Part two: An integrated regional approach. », In *Journal of Hydrology,* pp.16-36.
[16] RICARDO, D., 1817. On the principles of political economy and taxation. John Murray, London, England.
[17] ROSENZWEIG C. et PARRY M.L., 1994. «Potential impact of climate change on world food supply», *Nature,* 367, pp 133-138.
[18] SARR B., 2006. « Les changements climatiques et la vulnérabilité des ressources en eau et de l'agriculture, Centre Régional AGRHYMET, DFR, Niamey », In *Communication scientifique,* 22 p.
[19] VALL E., DONGMO NGOUTSOP A., ABAKAR O., MEYER C., 2002. La traction animale dans le nouveau contexte des savanes cotonnières du Tchad, du Nord-Cameroun, et de la Centrafrique. I. Diffusion de la traction animale et sa place dans les exploitations. Revue d'élevage et de médecine vétérinaire des pays tropicaux, 55 (2): 117-128.

International Journal of Innovation and Applied Studies
ISSN 2028-9324 Vol. 39 No. 2 Apr. 2023, pp. 617-630
© 2023 Innovative Space of Scientific Research Journals
http://www.ijias.issr-journals.org/

Deux variétés d'oignon (*Allium cepa L.*) tolérantes à la pourriture basale fusarienne au Burkina Faso

[Two onion's varieties (*Allium cepa L.*) tolerant to Fusarium basal rot disease in Burkina Faso]

Tobdem Gaston Dabire, Stéphane Dabire, Schémaéza Bonzi, and Irénée Somda

Université Nazi Boni, Laboratoire des Systèmes Naturelles, Agrosystèmes et Ingénierie de l'Environnement, Bobo-Dioulasso, Burkina Faso

Copyright © 2023 ISSR Journals. This is an open access article distributed under the ***Creative Commons Attribution License***, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

ABSTRACT: Onion bulbs production and commercialization is now a powerful tool against poverty in rural areas in Burkina Faso. However, Fusarium basal rot disease caused by a complex of soilborne fungi appears to be a serious threat to growers. The prophylactic methods proposed for its control remain difficult to apply effectively and the most used varieties of onion are susceptible to the disease. In order to work out a palliative solution to this problem, eleven onion varieties marketed in Burkina Faso were screened for their tolerance to fusarium basal rot. The varieties were produced in infested rural area on completely randomized blocs by three producers in three different sites. The harvested bulbs were then tested in the laboratory under artificial inoculation conditions with conidial suspensions of *Fusarium oxysporum* and *F. solani,* responsible for the disease. In field, the Noflaye and Gandiol+ varieties were the most tolerant to the disease with respective incidence values of 0 and 1.6% while the Mercedes variety was the most sensitive with an incidence of 16,5%. In the laboratory, all the inoculated varieties developed rot at varying intensities, but the Noflaye and Gandiol+ varieties were still the least rotten. These results recommend the continuation of investigations on these two varieties with a view to their integration into an integrated control program against Fusarium basal rot disease of onion in Burkina Faso.

KEYWORDS: Onion, Fusarium basal rot, Varieties, Noflaye, Gandiol+, Burkina Faso.

RESUME: La production et la commercialisation des bulbes d'oignon constituent de nos jours un puissant outil de lutte contre la pauvreté en milieu rural au Burkina Faso. Cependant, la maladie de la pourriture basale fusarienne causée par un complexe de champignons telluriques apparait comme une menace sérieuse pour les producteurs. Les méthodes prophylactiques proposées pour son contrôle demeurent difficiles à appliquer avec efficacité et les variétés d'oignon les plus utilisées sont sensibles à la maladie. En vue de contribuer à trouver une solution palliative à ce problème, onze variétés d'oignon commercialisées au Burkina Faso ont été criblées pour apprécier leur comportement vis-à-vis de la pourriture basale fusarienne. Les variétés ont été produites en milieu paysan infesté par la maladie en Blocs complètement randomisés par trois producteurs de trois sites différents. Les bulbes récoltés ont ensuite été testés en laboratoire en conditions d'inoculation artificielle avec des suspensions conidiennes de *Fusarium oxysporum* et *F. solani,* responsables de la maladie. Au champ, les variétés Noflaye et Gandiol+ ont été les plus tolérantes à la maladie avec des incidences respectives de 0 et 1,6% tandis que la variété Mercedes a été la plus sensible avec une incidence de 16,5%. Au laboratoire, toutes les variétés inoculées ont développé des pourritures à des intensités variables mais les variétés Noflaye et Gandiol+ ont encore été les moins pourries. Ces résultats recommandent la poursuite des investigations sur ces deux variétés en vue de leur intégration dans un programme de lutte intégrée contre la pourriture basale fusarienne de l'oignon.

MOTS-CLEFS: Oignon, Pourriture basale fusarienne, Variétés, Noflaye, Gandiol+, Burkina Faso.

Corresponding Author: Tobdem Gaston Dabire

1 INTRODUCTION

La filière oignon (*Allium cepa* L.) joue un rôle capital dans le tissu social et économique du Burkina Faso. Elle constitue une performante activité génératrice de revenus, pourvoyeuse d'emplois pour les jeunes et les vieilles femmes et enfin une importante source de vitamines pour les populations [1]. Selon les statistiques, la production nationale d'oignon bulbe était de 362 480 tonnes sur une superficie de 1956 hectares [2].

Si la production de l'oignon constitue aujourd'hui au Burkina Faso un véritable levier de relance économique en milieu rural, elle reste malheureusement confrontée à des maladies biotiques à l'origine de pertes considérables de récoltes au champ et pendant la conservation.

Suite à des investigations cliniques, la maladie de la pourriture basale fusarienne, causée par *Fusarium oxysporum* et/ou *Fusarium solani,* s'est révélée être la plus dommageable pouvant entraîner des pertes totales de récoltes dans les agrosystèmes maraichers du Burkina Faso [3].

Cette maladie redoutable, appelée par certains producteurs « Ebola de l'oignon », a obligé les producteurs à abandonner plusieurs sites de production très infestés. En effet, les agents pathogènes incriminés sont des champignons telluriques qui survivent dans le sol sous forme de chlamydospores pendant plusieurs années [4].

L'adoption d'un certain nombre de pratiques culturales comme la rotation culturale, la mise en jachère des terrains infestés ou leur solarisation, l'utilisation des pépinières hors-sol, l'adoption de méthodes appropriées d'irrigation et le traitement des semences et des sols avec des fongicides chimiques de synthèse sont les principales méthodes de lutte préconisées pour lutter contre cette maladie [3]. Toutefois, ces méthodes se révèlent peu adaptées aux grandes exploitations orientées vers l'agriculture commerciale et à la pression foncière [5]. En outre, l'utilisation des pesticides chimiques de synthèse est de nos jours fortement règlementée et déconseillée à cause des risques d'affection de la santé des producteurs, des consommateurs et des agrosystèmes [6], [7].

Les auteurs qui ont abordé la question des maladies de l'oignon s'accordent presque tous que la résistance variétale demeure la meilleure voie pour contrôler durablement la majorité des maladies fongiques dont la pourriture basale fusarienne [8], [9], [4], [10].

Pendant longtemps, les sélectionneurs se sont penchés sur l'augmentation de la résistance de l'oignon aux ravageurs et maladies par la réalisation d'inter-croisements avec les autres espèces du genre *Allium* qui possèdent des gènes de résistance [11]. Cependant, l'introduction des caractéristiques de résistance dans *A. cepa* à partir de ces espèces s'est révélée difficile à cause du manque de croisement possible et de la stérilité hybride [12].

Même si la disponibilité de variétés d'oignon résistantes aux maladies est très faible à cause de cette difficulté de sélection, des auteurs ont rapporté l'existence de variétés d'oignon résistantes à des maladies fongiques. La variété Italian red serait résistante à *Peronospora destructor,* la variété Dorata di Parma à *Fusarium oxysporum,* la variété Doux d'Espagne à *Phoma terrestris* et la variété Red creole à *Alternaria porri* [13]. Référence [14] rapportent en sus que les variétés d'oignons colorés par exemple sont résistantes à *Colletotrichum circinans*.

Au Burkina Faso, la variété Violet de Galmi et ses dérivés que sont Violet de Damani, Violet de Garango, Blanc de Soumarana, sont les plus utilisées à cause de leurs caractéristiques organoleptiques très acceptées, leur bonne adaptation aux conditions agro-climatiques locales et leur longue capacité de conservation [15], mais elles sont toutes sensibles à la maladie de la pourriture basale fusarienne [3]. Le marché des semences d'oignon du Burkina Faso est de plus en plus envahi par une gamme variée de variétés mais des informations sur certaines caractéristiques essentielles comme leur comportement vis-à-vis des maladies ne sont pas toujours disponibles [1].

La présente étude a donc eu pour objectif d'évaluer le comportement au champ et en laboratoire, d'un certain nombre de variétés proposées aux producteurs du Burkina Faso par rapport à la pourriture basale fusarienne. La finalité est d'identifier une ou des variétés résistantes et/ou tolérantes à proposer aux producteurs d'oignon des sites infestés par la maladie.

2 MATERIEL ET METHODES

2.1 ESSAI REALISE AU CHAMP

2.1.1 MATERIEL

2.1.1.1 SITES EXPERIMENTAUX

Les expérimentations ont été conduites dans la Vallée du Sourou, Province du Sourou, Région de la Boucle du Mouhoun. La vallée du Sourou est une plaine agricole aménagée de 6.055 hectares, située dans le nord-ouest du Burkina Faso. Les aménagements se répartissent dans cinq sites situés en amont et en aval du fleuve Sourou (affluent du Mouhoun): Di, Niassan, Débè, Gouran, Guièdougou et Sono. La pluviométrie moyenne annuelle de la zone varie entre 700mm et 900mm et la température moyenne des campagnes de production autour de 28,6°C. On y pratique l'agriculture en toute saison grâce un système d'irrigation qui utilise l'eau du fleuve. La vallée du Sourou constitue de nos jours le plus vaste bassin de production d'oignon du Burkina Faso et sa gestion est confiée à l'Autorité de Mise en valeur de la Vallée du Sourou (AMVS).

Ce site a été choisi parce que plusieurs parcelles ont été successivement attaquées par la pourriture basale fusarienne et ont été jugées infestés par les chlamydospores des agents pathogènes. Selon les estimations de l'AMVS environ 800 producteurs repartis sur ces 5 sites ont été touchés par la maladie. L'essai a été mis en place par trois producteurs sur trois sites infestés par la maladie. Il s'agit des sites de Dèbè, de Di et de Gouran. Selon le système de codification de l'AMVS, le site de Dèbè est situé sur le périmètre 460/910 ha, parcelle CP1CS11P24, celui de Gouran sur le secteur C (203 ha), parcelle CP1CS5CT2P01 et le site de Di sur le secteur Sud 2 (2.240 ha), parcelle CS3T1P7. L'essai a été conduit avec une forte implication des agents de l'AMVS.L'article soumis ne doit pas avoir été publié antérieurement, ni être actuellement mis au processus d'évaluation d'une autre revue scientifique.

2.1.1.2 VARIETES ÉTUDIEES

Des échantillons de semences de onze (11) variétés cultivées (= cultivar, cv.) d'oignon, dont trois locales et neuf exotiques, ont été utilisés pour l'étude (Tableau 1). Ces variétés ont été collectées auprès des vendeurs de semences maraîchères exotiques et auprès de deux producteurs semenciers locaux de la Vallée du Sourou. Les variétés locales cv. Ouédraogo et cv. Warma, multipliées à partir du cv. Violet de Galmi, ont été utilisées comme variétés témoins sensibles à la maladie.

Tableau 1. Caractéristiques des variétés d'oignon utilisées pour l'étude

Nom	Lieu de collecte	Identité du fournisseur	Produit de traitement	Caractéristiques	
				Cycle (JAR)	RDTP (T/ha)
Cv. Aptiva	Ouaga	Sahel Farming	Thirame	100-110	20-45
Cv. Belami	Bobo	Technisem	Topsin	105-110	30-40
Cv. Damani	Bobo	Technisem	Topsin	100-110	20-50
Cv. FB01	Bobo	INERA	Calthio C	100-120	25
Cv. Gandiol+	Bobo	Technisem	Topsin	110-115	40-45
Cv. Jambar HF1	Bobo	NAFASO	Thirame	90-100	50-60
Cv. Ouédraogo	Dèbè	Producteur	Calthio C	90-100	20-30
Cv. Warma	Gouran	Producteur	Cathio C	90-100	20-30
Cv. Mercedes HF1	Bobo	LDC SA	Thirame	90-100	60-90
Cv. Noflaye	Bobo	Technisem	Topsin	105-110	25-40
Cv. Safari	Bobo	Technisem	Topsin	100-105	20-50

***Calthio C**: 25% Thirame + 25% de Chlorpyrifos-éthyle; **Topsin:** 70,4% de Thiophanate-méthyle; **JAR**: Jours après repiquage; **RDTP**: Rendement potentiel*

2.1.1.3 PETIT MATERIEL DE TERRAIN

Le matériel et les équipements habituels de chaque producteur ont été utilisés pour la conduite des opérations culturales.

2.1.2 METHODES

2.1.2.1 ANALYSE DE LA MYCOFLORE DES SEMENCES UTILISEES

Cette activité préalable a été réalisée au laboratoire pour apprécier la qualité sanitaire de semences car les espèces de Fusarium sont aussi transmissibles par les semences. L'évaluation de la résistance des variétés testées vis-à-vis de ces espèces de Fusarium dans un milieu infesté, nécessite au préalable d'analyser la qualité sanitaire des semences et donc de caractériser la mycoflore déjà présente dans les lots de semences de ces variétés et de procéder éventuellement à une désinfection avant semis. Cette qualité sanitaire a été réalisée conformément à la méthode du Papier Buvard proposée par Mathur et Kongsdal (2003). Selon cette méthode, les graines ont été disposées à équidistances et en cercles concentriques dans des boites de Pétri contenant trois couches de papier Buvard humidifié à l'eau distillée stérile. Vingt-cinq (25) graines ont été utilisées par boite de Pétri. Pour chaque variété, 400 graines ont ainsi été évaluées en 16 répétions. Chaque boite de Pétri content les 25 graines, étant considérée comme une répétition. Les boites ensemencées ont été par la suite incubées à environ 25¨C sous un cycle alternatif de lumière proche ultra-violet et d'obscurité (12 h/12h) pendant sept jours. Au terme du temps d'incubation, les graines ont été individuellement observées sous un stéréo microscope pour identifier les champignons présents sur la base des caractéristiques morphologiques et les descriptions de Mathur et Kongsdal. Pour chaque espèce fongique retrouvée, le nombre de graines infectées par cette espèce a été évalué par comptage dans chaque boite de Pétri. Les fréquences des espèces fongiques dans chaque échantillon de semences et les pourcentages d'infection de chaque échantillon par chaque espèce fongique ont été calculés.

2.1.2.2 INSTALLATION DES PEPINIERES

Le démarrage de l'essai a été effectif par la mise en place des pépinières. Chaque producteur a préparé le lit de semis suivant l'itinéraire technique préconisé par les agents techniques de l'AMVS. Les opérations de préparation du lit de semis ont consisté à aménager des planches. Le semis s'est fait dans des sillons tracés à l'aide d'un bâton sur les planches en lignes espacées de 10 cm avec une profondeur d'environ 1 cm. Les pépinières ont été installées à proximité des parcelles destinées à recevoir les plants.

A côte de chaque pépinière mise en place, une planche comportant 11 sillons a été aménagée. Dans chaque sillon de la planche, 200 graines de chaque variété ont été semées suivant les mêmes conditions pour évaluer de manière précise le taux d'émergence de chaque variété en milieu infesté.

2.1.2.3 PREPARATION DU SOL, REPIQUAGE ET ENTRETIEN

La préparation du sol a consisté à un labour suivi d'un billonnage. Il s'agit de la pratique culturale courante de la Vallée du Sourou. La taille des billons a été de 5 m de long sur 20 cm de large. Les espaces entre les billons (10 cm) constituent aussi les rigoles pour l'eau d'irrigation. Le repiquage a consisté à fixer légèrement les jeunes plants issus des pépinières, aux deux flans des billons préalablement confectionnés. Ainsi on obtient deux lignes par billon. La distance entre les pieds sur une même ligne a été de 10 cm.

Pour faciliter le suivi et la collecte des données, les dates de repiquage ont été légèrement différées chez les producteurs testeurs de telle sorte que la différence d'âge des plants au repiquage entre les parcelles des producteurs testeurs n'excède pas 3 jours. Aucun traitement phytosanitaire n'a été effectué sur les parcelles après le repiquage.

Deux sarclo-binages manuels ont été réalisés sur les parcelles expérimentales afin d'éliminer les mauvaises herbes. La fertilisation des parcelles expérimentales a été réalisée par apport de fertilisants minéraux conformément aux pratiques locales préconisées par l'AMVS.

2.1.2.4 DISPOSITIF EXPERIMENTAL ET PLAN DE MASSE

Chez chaque producteur, l'essai a été mis en place selon un dispositif en bloc de Fisher complètement randomisé à dix (10) traitements répétés trois fois, chaque variété constituant un traitement. Les parcelles élémentaires ont été constituées de 3 billons de 5 m de long comportant deux (2) lignes d'oignon repiqués aux flans de chaque billon (soit 6 lignes). Les différentes parcelles élémentaires ont été matérialisées avant le repiquage avec des piquets portant des étiquettes où sont marqués les noms des variétés. Des carrés de rendement de 1 m2 ont été matérialisés au hasard dans chaque parcelle élémentaire avant même le repiquage en prévision de l'évaluation du rendement.

2.1.2.5 SUIVI ET COLLECTE DES DONNEES

Un suivi régulier a été effectué sur chaque parcelle expérimentale afin de collecter les données sur l'évolution des plantes et des éventuelles infections. Les évaluations ont porté sur l'émergence des plantules en pépinière, l'évaluation de l'incidence de la maladie de la pourriture fusarienne et les paramètres de croissance de chaque variété (hauteur des plantes, nombre moyen de feuilles, diamètre moyen du bulbe, taux de montaison prématuré et rendement).

- Evaluation du taux d'émergence des plantules

L'évaluation du niveau d'émergence de chaque variété a été effectuée 15 jours après semis. Ella a consisté à compter le nombre de plantules levées et ne présentant pas d'anomalie quelconque sur chaque sillon. Le résultat a été exprimé en pourcentage du nombre de plantules normales sur le nombre de graines semées.

- Evaluation de l'incidence de la maladie de la pourriture basale fusarienne

L'évaluation du niveau d'attaque des variétés par la maladie a été effectuée à la récolte (120 JAR). Elle a consisté à dénombrer sur chaque parcelle élémentaire, le nombre de pieds attaqués par la maladie (pourriture des parties basales). L'incidence I (%) a été calculée par la formule suivante:

$$\mathbf{I}(\%) = \frac{\mathbf{n}}{\mathbf{N}} * \mathbf{100}$$

Avec:

I (%): incidence de la maladie;
n: nombre total de pieds attaqués;
N: nombre total de pieds du carré.

- Evaluation des paramètres de croissance

La hauteur des plantes, le nombre de feuilles formées, le diamètre des bulbes ont été évalués par mensuration à partir de 10 pieds pris au hasard au niveau de chaque producteur.

- Evaluation du taux de montaison prématuré

Le taux de montaison prématuré, défini comme le nombre de pieds qui montent en fleurs dès la première année de production, a été évalué pour chaque variété. Sur chaque parcelle élémentaire, le nombre de pieds portant des fleurs a été dénombré puis le taux de montaison évalué en pourcentage du nombre total de pieds de la parcelle élémentaire. Le taux de montaison affecte négativement les rendements car les pieds qui montent en fleur perdent leurs bulbes.

- Evaluation du rendement

La mesure du poids des bulbes sains récoltés dans chaque carré de rendement à la fin de la culture a permis d'estimer les rendements de chaque variété.

2.1.2.6 ANALYSE DES DONNEES

Les données collectées ont été traitées avec le logiciel Microsoft Excel. Une analyse de variance à un facteur a été réalisée et les moyennes comparées avec le test de comparaison multiple de Student-Newman-Keuls au seuil de 5 % à l'aide du logiciel IBM SPSS version 23.

2.2 ESSAI REALISE AU LABORATOIRE

2.2.1 MATERIEL

2.2.1.1 PETIT MATERIEL DE LABORATOIRE

Les travaux en laboratoire ont été réalisés à la clinique des plantes de l'Institut du Développement Rural, Bobo-Dioulasso, qui dispose de tout le petit matériel nécessaire pour les analyses des semences isolements/purification d'agents pathogènes fongiques et les tests d'inoculations artificielles.

2.2.1.2 BULBES D'OIGNON UTILISES ET LEUR DESINFECTION

Après la récolte de l'essai au champ, dix lots d'environ 30 bulbes (un lot par variété) fermes, bien calibrés et ne présentant aucune malformation/décoloration ont été constitués par un tri auprès des trois producteurs ayant réalisé l'essai et ramenés au laboratoire pour les essais d'inoculation. Deux cent (200) bulbes ont été utilisés pour les tests d'inoculation artificielle au laboratoire (soit 20 bulbes par variété). Les bulbes ont été désinfectés par trempage dans une solution d'hypochlorite de sodium (1%) pendant 15 minutes suivi de trois rinçages à l'eau distillée stérile pendant 20 minutes à chaque rinçage. Après désinfection, les bulbes ont été séchés puis pesés. A l'aide d'un emporte-pièce, des puits de 6 mm de diamètre et 15 mm de profondeur ont été réalisés dans la partie médiane de chaque bulbe pour recevoir l'inoculum.



Fig. 1. Séchage des bulbes sous hotte à flux laminaire

2.2.1.3 ESPECES FONGIQUES UTILISEES POUR L'INOCULATION ARTIFICIELLE

Deux isolats fongiques, l'isolat FO1-016 de *F. Oxysporum* et FS1-016 de *F. solani,* obtenus à partir d'échantillons de plantes malades prélevées pendant le déroulement de l'essai dans la Vallée du Sourou ont été utilisés. Leur isolement a été réalisé selon les techniques standards sur un milieu de culture PDA.

2.2.2 METHODES

2.2.2.1 PREPARATION DE L'INOCULUM ET INOCULATION DES BULBES

Pour l'inoculation des bulbes, des suspensions conidiennes ont été préparées. Les isolats ont été repiqués dans des boîtes de Pétri contenant un milieu Synthetic Nutrient-poor Agar (SNA). Cinq ml d'eau miliQ contenant 0,05% de Tween 20 ont été versées dans chaque boîte de Pétri. Le mycélium et les conidies ont été soigneusement grattés avec une lame stérile. La suspension ainsi obtenue a été filtrée et agitée. La concentration en conidies a été estimée avec la cellule de comptage de Fuch-Rosenthal puis ajustée à 106 conidies/ml. L'inoculation a consisté à déposer 0,5 ml de la suspension conidienne dans les puits préalablement réalisés sur chaque bulbe. Après inoculation, les puits ont été refermés avec du scotch. Les bulbes témoins ont reçu 0,5 ml d'eau distillée stérile en lieu et place de la suspension conidienne. Les bulbes ont ensuite été disposés dans des bacs en aluminium puis mis en incubation à 28°C dans une étuve pendant 21 jours.

2.2.2.2 DISPOSITIF EXPERIMENTAL

Les isolats fongiques ont été testés sur les dix variétés selon un dispositif split plot à deux facteurs. Le facteur principal a été les variétés d'oignon et le facteur secondaire les isolats fongiques en présence de deux traitements témoins. Un traitement témoin utilisant de l'eau distillée comme inoculum et un autre traitement témoin constitué de bulbes blessés mais non inoculés. Au total 40 traitements ont été réalisés en 5 répétitions (un bulbe étant considéré comme une répétition).

2.2.2.3 COLLECTE ET ANALYSE DES DONNEES

Au terme du temps d'inoculation les bulbes ont été retirés de l'étuve, puis observés pour constater le développement ou non de pourritures. Au besoin, les bulbes ont été éclatés longitudinalement pour observer le sens de progression des pourritures. Les parties pourries des bulbes ont ensuite été retirées par un lavage puis les morceaux restants ont été pesés à nouveau.

L'intensité de pourriture (IP%) a été calculée par la formule suivante:

$$IP(\%)=\frac{(Mav-Map)}{Pav}*100$$

IP (%): Intensité de pourriture;
Mav: Masse du bulbe avant inoculation;
Map: Masse du bulbe après retrait des parties pourrie.

Les moyennes obtenues pour chaque traitement ont été calculées. Ces moyennes ont été comparées en utilisant le test de comparaison multiple de Student-Newman-Keuls au seuil de 5 % avec le logiciel IBM SPSS version 23.



Fig. 2. Aspect des bulbes après inoculation de F. solani selon les trois modes

3 RESULTATS

3.1 ESSAI AU CHAMP

3.1.1 QUALITE SANITAIRE DES SEMENCES DES VARIETES UTILISEES

Les résultats de l'analyse de la mycoflore des semences des différentes variétés sont consignés dans les tableaux 2 et 3. Dix (10) espèces fongiques appartenant à sept (07) genres fongiques ont été identifiées dans les onze (11) échantillons de semences à des fréquences allant de 2/11 à 10/11 (Tableau 2). Les deux espèces fongiques les plus fréquemment rencontrées ont été Aspergillus niger et *Rhizopus sp*. avec chacune une fréquence de 10/11. *Fusarium solani* et *F. oxysporum* ont été rencontrées dans les lots de semences à des fréquences respectives de 6/11 et 4/11 (Tableau 2).

Les taux d'infection des semences par ces différentes espèces fongiques ont varié de 0 à 82% en fonction des variétés. Les taux d'infection les plus élevés ont été ceux causés par les espèces de *Aspergillus*. Les taux d'infection des semences par *F. solani* ont varié de 0 à 12,5 % et ceux par *F. oxysporum* de 0 à 11,5 en fonction des variétés. Parmi les onze variétés testées, la variété FB01 a été la plus infectée par tous les champignons tandis que les variétés Gandiol+ et cv. Mercedes ont été les moins infectées (Tableau 2).

Tableau 2. ***Fréquences des espèces fongiques identifiées dans les 11 échantillons analysés***

Espèces fongiques	Fréquences des échantillons infectés
Aspergillus flavus Link ex Fries	07/11 (63,63%)
A. niger Van Tieghem	10/11 (90,90%)
Cladosporium sp. Link.	02/11 (18,18%)
Curvularia lunata (Wakk.) Boejin	03/11 (27,27%)
Exserohilum rostratum (Drechsler)	02/11 (18,18%)
Fusarium moniliforme Sheldon	05/11 (45,45%)
F. oxysporum Schlecht. emend.	06/11 (54,54%)
F. solani (Mart.) Appel & Wollenw	04/11 (36,36%)
Penicillium sp. Link.	07/11 (63,63%)
Rhizopus sp. Ehrenb.	10/11 (90,90%)

Tableau 3. ***Taux d'infection des semences par les espèces fongiques identifiées***

Espèces fongiques		Apt	Bel	Dam	FB01	Gan+
Aspergillus flavus Link ex Fries		$11,5^{bc}$	2^{b}	30^{e}	48^{d}	0
A. niger Van Tieghem		$17,5^{c}$	$2,5^{b}$	18^{d}	$35,5^{c}$	0
Cladosporium sp. Link.		$0, 0^{a}$	0^{a}	0^{a}	1^{a}	0
Curvularia lunata (Wakk.) Boejin		0^{a}	0^{a}	0^{a}	2^{a}	0
Exserohilum rostratum (Drechsler)		0^{a}	0^{a}	0^{a}	$0,5^{a}$	0
Fusarium moniliforme Sheldon		7^{b}	0^{a}	5^{b}	24	0
F. oxysporum Schlecht. emend.		0^{a}	0^{a}	$5,5^{b}$	$11,5^{b}$	0
F. solani (Mart.) Appel & Wollenw		0^{a}	0^{a}	$12,5^{c}$	$8,5^{b}$	0
Penicillium sp. Link.		0^{a}	2^{b}	1^{ab}	11^{b}	0
Rhizopus sp. Ehrenb.		$1,5^{a}$	$5,5^{c}$	$35,5^{f}$	82^{e}	0,5
Stat.	**F.**	**56,3**	**7,8**	**127**	**143**	**2,1**
	P.	**0,00**	**0,00**	**0,00**	**0,00**	**0,20**

Espèces fongiques		Jam	Oué	War	Mer	Nof	Saf
Aspergillus flavus Link ex Fries		0	$57,5^{e}$	$69,5^{d}$	0	0	$2,5^{b}$
A. niger Van Tieghem		1	$60,5^{e}$	$77,5^{e}$	1,5	1	$1,5^{ab}$
Cladosporium sp. Link.		0	0^{a}	$2,5^{ab}$	0	0	0^{a}
Curvularia lunata (Wakk.) Boejin		0	1^{a}	4^{ab}	0	0	0^{a}
Exserohilum rostratum (Drechsler)		0,5	0^{a}	0^{a}	0	0	0^{a}
Fusarium moniliforme Sheldon		0	$5,5^{c}$	8^{bc}	0	0	0^{a}
F. oxysporum Schlecht. emend.		0,5	$3,5^{ab}$	1^{a}	0	0,5	0^{a}
F. solani (Mart.) Appel & Wollenw		0	2^{ab}	5^{b}	0	0	0^{a}
Penicillium sp. Link.		1	$7,5^{c}$	$3,5^{ab}$	0	0	1^{a}
Rhizopus sp. Ehrenb.		0	17^{d}	$14,5^{c}$	1	1	$3,5^{b}$
Stat.	**F.**	**1,4**	**123,2**	**335,2**	**4,4**	**1,2**	**27,3**
	P.	**0,33**	**0,00**	**0,00**	**0,21**	**0,31**	**0,00**

Apt*: cv. Aptiva;* ***Bel****: cv. Belami;* ***Dam****: cv. Damani;* ***FB01****: cv. Farako-bâ 01;* ***Gan+****: cv. Gandiol+*
Jam*: cv. Jambar;* ***Oué****: cv. Ouédraogo;* ***War****: cv. Warma;* ***Mer****: cv. Mercedes;* ***Nof****: cv. Noflaye;* ***Saf****: cv. Safari;*

Les chiffres dans une même colonne, affectés de la (des) même (s) lettre (s) alphabétique (s) ne diffèrent pas significativement au seuil de 5% (Test de Student-Newman-Keuls).

3.1.2 TAUX D'EMERGENCE DES PLANTULES EN MILIEU INFESTE

La figure 1 présente les taux d'émergence des plantules des 11 variétés sur le terrain paysan. Aucune variété n'a enregistré 100% d'émergence. Les taux d'émergence ont varié de 3,5 à 78,8 %. Le plus fort taux d'émergence a été enregistré avec la variété Noflaye et le plus faible avec la variété FB01 de la Station expérimentale de l'INERA à Farako-bâ (Figure 1). Comparativement aux autres variétés, celles produites localement (cv. Ouédraogo, cv. Warma et cv. FB01) ont présenté les plus faibles taux d'émergence. Le nombre de plantules obtenu avec la variété Cv. FB01 a été très faible et donc, cette variété n'a pas été repiquée.

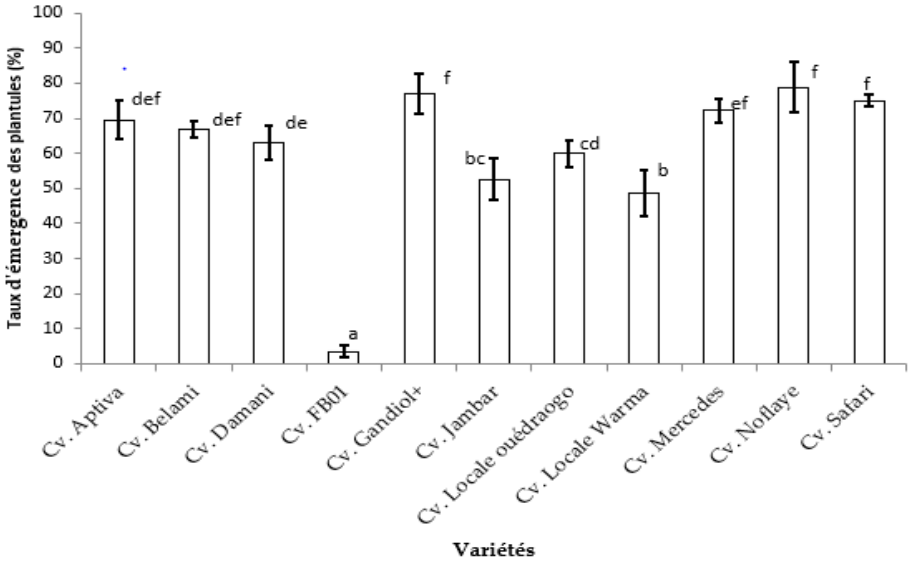


Fig. 3. Taux d'émergence des plantules en fonction des variétés

Les barres marquées de la (des) même (s) lettre (s) alphabétique (s) ne diffèrent pas significativement au seuil de 5% (Test de Student-Newman-Keuls).

3.1.3 INCIDENCE DE LA POURRITURE BASALE FUSARIENNE

Les résultats de l'évaluation de l'attaque (incidence) des différentes variétés par la pourriture basale fusarienne, réalisée 120 jours après repiquage, sont présentés dans le tableau 4. Les niveaux d'incidence enregistrés varient de 0 à 18,4%. L'analyse statistique indique des différences significatives entre les variétés.

Sur le site de Dèbè, les incidences ont varié selon la variété de 0 (Cv. Noflaye) à 18,4% (Cv. Mercedes). Les variétés locales ont présenté des incidences respectives de 13,7% pour cv. Ouédraogo et 15,8% pour cv. Warma. Les variétés Cv. Noflaye et Cv. Gandiol+ se sont distinguées significativement des autres variétés.

Au niveau du site de Di, elles ont varié de 0 (Cv. Noflaye à 16,7 % (Cv. Mercedes). Les Variétés locales témoin ont présenté des incidences respectives de 11,4% pour cv. Ouédraogo et 12,6% pour cv. Warma. La variétés Cv. Noflaye s'est distinguée significativement des autres variétés.

Sur le site de Gouran, les incidences ont varié de 0 (Cv. Noflaye) à 14,5% (Cv. Mercedes). Les variétés locales sensibles ont présenté des incidences respectives de 9,7% pour cv. Ouédraogo et 11,0% pour cv. Warma. La variétés Cv. Noflaye s'est distinguée significativement des autres variétés.

En général, la variété Noflaye n'a présenté aucun pied attaqué et la variété Mercedes a enregistré les plus fortes incidences quel que soit le site.

La lecture du tableau indique que les tendances ont été identiques sur les trois sites. Mais les incidences les plus fortes ont été observées sur le site de Dèbè (Tableau 4). Quatre catégories de variétés peuvent se dégager du tableau 4 selon les moyennes effectuées pour chaque variété. Des variétés à incidence moyenne inférieures à 5% (cv. Noflaye, cv. Gandiol+ et cv. Belami) d'autres à incidence intermédiaire comprise entre 5 et 10% (cv. Jambar, cv. Aptiva, cv. Safari) d'autres à incidence comprise entre 10 et 15% (cv. Ouédraogo, cv. Warma, cv. Damani) et la dernière avec une incidence moyenne supérieure à 15% (cv. Mercedes).

Tableau 4. Incidence de la pourriture basale des dis variétés en fonction des localités

Variétés	Incidence (%)			
	Dèbè	Di	Gouran	Moy./var
Cv. Aptiva	7,8^{bc}	4,6^{b}	5,1^{cd}	**5,8^{b}**
Cv. Belami	7,3^{bc}	3,2^{b}	3,4^{bc}	**4,6^{b}**
Cv. Damani	13,4^{cd}	10,3^{c}	9,2^{ef}	**11,0^{c}**
Cv. Gandiol+	0,6^{a}	2,6^{b}	1,5^{ab}	**1,6^{ab}**
Cv. Jambar	5,7^{ab}	3,2^{b}	7,2^{de}	**5,4^{b}**
Cv. Ouédraogo	13,7^{cd}	11,4^{c}	9,7^{ef}	**11,6^{c}**
Cv. Warma	15,8^{d}	12,6^{c}	11,0^{f}	**13,1^{c}**
Cv. Mercedes	18,4^{d}	16,7^{d}	14,5^{g}	**16,5^{d}**
Cv. Noflaye	0,0^{a}	0,0^{a}	0,0^{a}	**0,0^{a}**
Cv. Safari	8,7^{bc}	4,3^{b}	5,2^{cd}	**6,1^{b}**
Valeur de F	**15,139**	**46,165**	**25,103**	**22,406**
Valeur de P	**0,000**	**0,000**	**0,000**	**0,000**

Les chiffres dans une même colonne, affectés de la (des) même (s) lettre (s) alphabétique (s) ne diffèrent pas significativement au seuil de 5% (Test de Student-Newman-Keuls)

3.1.4 PARAMETRES DE CROISSANCE

Le tableau 5 présente les moyennes des principaux paramètres de croissance évalués. En fonction des variétés, la hauteur moyenne des plantes a varié de 40,3 cm pour la variété Aptiva à 58,0 cm pour cv. Gandiol+. Au niveau du nombre moyen de feuilles par pied, la variété Aptiva a présenté également la plus faible moyenne de 8,2 contre 15,5 pour la variété Gandiol+. Au niveau du diamètre moyen des bulbes formés, la variété Aptiva a encore présenté la plus faible moyenne de 7,1 contre 9,1 cm pour la variété Mercedes. Les taux de montaison prématurée, c'est-à-dire la proportion de pieds montés en fleur, ont varié de 0% pour les variétés Mercedes et cv. Jambar, à 29,3% pour la variété locale Warma. Les variétés Gandiol+ et cv. Noflaye ont présenté des taux de montaison prématurés faibles respectivement de 5,7% pour cv. Gandiol+ et 5,8% pour la variété Noflaye. En considérant les rendements obtenus, la variété Mercedes arrive en tête avec un rendement moyen obtenu de 45,9 T/ha. Elle est suivie par les variétés Noflaye et cv. Gandiol+ avec des rendements moyens respectifs de 38T/ha et 37,9 T/ha. Les variétés locales ont présenté les plus faibles rendements de 16,5 T/ha pour cv. Warma et 18,5 T/ha pour cv. Ouédraogo (Tableau 5).

Tableau 5. Paramètres de croissance des différentes variétés

Variétés	Paramètres de croissance				
	HMP (cm)	NMF	DMB (cm)	TMP (%)	RDT (T/ha)
Cv. Aptiva	40,3^{a}	8,2^{a}	7,1^{a}	26^{e}	21,9^{b}
Cv. Belami	43,4^{a}	7,7^{a}	7,9^{b}	19^{d}	25,5^{c}
Cv. Damani	43,4^{a}	8,7^{a}	7,1^{a}	28^{e}	20,4^{ab}
Cv. Gandiol+	58,0^{c}	15,5^{e}	7,9^{b}	6^{b}	37,9^{e}
Cv. Jambar	48,0^{b}	10,5^{b}	8,5^{b}	0^{a}	30,7^{d}
Cv. Ouédraogo	40,9^{a}	8,7^{a}	7,0^{a}	21^{d}	18,5^{ab}
Cv. Warma	41,9^{a}	8,9^{a}	6,9^{a}	29^{e}	16,5^{a}
Cv. Mercedes	56,8^{c}	12,0^{c}	9,1^{c}	0^{a}	45,9^{f}
Cv. Noflaye	57,9^{c}	13,4^{d}	8,3^{b}	6^{b}	38,0^{e}
Cv. Safari	47,3^{b}	9,1^{a}	7,9^{b}	11^{c}	28,5^{cd}
Valeur de F	**57,262**	**41,979**	**16,483**	**61,621**	**71,527**
Valeur de P	**0,000**	**0,000**	**0,000**	**0,000**	**0,000**

***HMP**: Hauteur moyenne des plantes; **NMF:** Nombre moyen de feuilles par pieds; **DMB**: Diamètre moyen du bulbe; **TMP**: Taux de montaison prématurée; **RDT**: Rendement moyen.*

Les chiffres dans une même colonne, affectés de la (des) même (s) lettre (s) alphabétique (s) ne diffèrent pas significativement au seuil de 5% (Test de Student-Newman-Keuls)

3.2 ESSAI AU LABORATOIRE

3.2.1 INOCULATIONS ARTIFICIELLES

Les résultats des inoculations artificielles effectuées avec les isolats de F. oxysporum et F. solani sont présentés dans le tableau 6. Il ressort des résultats que les deux isolats ont occasionné des pourritures sur les bulbes à des intensités allant de 18,7% à 86,6% pour F. solani et 24,7 à 89,2% pour F. oxysporum selon les variétés (Tableau 6). Quel que soit l'isolat utilisé, la variété Noflaye a présenté les plus faibles intensités de pourriture, suivie de cv. Gandiol+. Les plus fortes intensités de pourriture ont été observées avec la variété Mercedes quel que soit l'isolat fongique. Les variétés témoins non inoculées n'ont présenté aucune pourriture. En dehors des deux variétés locales, l'isolat de F. oxysporum a engendré plus de pourriture des bulbes que celui de F. solani (Tableau 6).

Tableau 6. Intensités de pourriture des bulbes selon les traitements effectués

Variétés	Intensités de pourriture molle aqueuse (%)			
	TNI	**EDT**	**IFS**	**IFO**
Aptiva	$0,0^{a}$	$0,0^{a}$	$37,9^{a}$	$44,1^{ab}$
Belami	$0,0^{a}$	$0,0^{a}$	$23,7^{a}$	$56,8^{b}$
Damani	$0,0^{a}$	$0,0^{a}$	$51,3^{ab}$	$60,3^{b}$
Gandiol+	$0,0^{a}$	$0,0^{a}$	$21,5^{a}$	$28,7^{a}$
Jambar	$0,0^{a}$	$4,55^{b}$	$76,8^{bc}$	$86,8^{c}$
Locale Ouédraogo	$0,0^{a}$	$0,0^{a}$	$38,8^{a}$	$29,1^{a}$
Locale Warma	$0,0^{a}$	$0,0^{a}$	$49,1^{ab}$	$34,6^{a}$
Mercedes	$0,0^{a}$	$6,91^{b}$	$86,6^{c}$	$89,2^{c}$
Noflaye	$0,0^{a}$	$0,0^{a}$	$18,7^{a}$	$24,7^{a}$
Safari	$0,0^{a}$	$0,0^{a}$	$41,8^{a}$	$61,5^{b}$
Valeur de F	-	**7,430**	**7,491**	**23,002**
Valeur de P	-	**0,000**	**0,000**	**0,000**

***TNI**: Témoin non inoculé; **EDT**: Eau distillée+ Tween; **IFS**: Inoculation avec F. solani; **IFO**: Inoculation avec F. oxysporum*

Les chiffres dans une même colonne, affectés de la (des) même (s) lettre (s) alphabétique (s) ne diffèrent pas significativement au seuil de 5% (Test de Student-Newman-Keuls)

4 DISCUSSION

La pouriture basale fusarienne de l'oignon entraine de graves conséquences sur la stabilité sociale des producteurs d'oignon. Elle engendre une importante baisse de motivation dans la production de l'oignon, un abandon de certains sites de production toutes choses qui affectent négativement l'économie locale de populations.

Trouver une solution dans le court terme à cette maladie, pourrait permettre aux producteurs d'oignon de rester dans la production, d'assurer leur survie et de maintenir la sécurité économique des plaines irriguées du Burkina Faso.

L'objectif général de la présente étude a été d'évaluer le comportement des variétés disponibles vis-à-vis de la maladie. La (es) variété (s) jugée (s) résistante (s) pourra (ont) être proposée (s) aux producteurs en attendant la mise au point d'autres méthodes de contrôle et d'éradication de la maladie.

L'analyse sanitaire des semences des différentes variétés a indiqué qu'elles étaient majoritairement infectées par *Aspergillus niger* et que les semences localement produites étaient les plus infectées par les champignons. Ce résultat confirme les résultats de plusieurs auteurs qui ont effectué l'analyse des semences d'oignon produites sous les tropiques et qui ont indiqué que *A. niger* constituait toujours le champignon dominant [16], [17], [18]. Dans le cadre des activités de diagnostic effectuées sur des semences d'oignon utilisées au Burkina Faso, ce même résultat a été obtenu [19]. *A. niger* est connu comme agent causal de fontes de semis de l'oignon [8]. Sa forte présence sur certaines variétés pourrait alors affecter leurs taux d'émergence. Du reste, cela a été par la

suite confirmé par les résultats du test d'émergence où les variétés produites localement (cv. FB01, cv. Ouédraogo et cv. Warma) qui avaient présenté de forts taux d'infection par *A. niger* ont également présenté les taux d'émergence les plus faibles.

F. oxysporum et *F. solani* ont été rencontrées sur 4 variétés à des pourcentages non négligeables. Responsables aussi de fontes de semis, la présence de ces deux espèces fongiques sur les semences constitue un supplément d'inoculum pour l'infection car ils sont transmissibles de la semence aux plantules pour causer la pourriture basale fusarienne [20], [8], [21]. L'analyse des semences a révélé une très faible infection (en nombre d'espèces présentes comme en taux d'infection de chaque espèce) des variétés Noflaye, cv. Mercedes et cv. Gandiol+. Ce résultat présente une situation intéressante car en cas d'infection par la pourriture basale, cela confirmera la présence et le rôle de l'inoculum tellurique de *F. solani* et/ou *F. oxysporum* dans les sites étudiés. Le niveau assez haut de la pourriture basale fusarienne observée sur cv. Mercedes a par la suite confirmé cette hypothèse.

Alternaria porri n'a été retrouvée dans aucun des lots de semences des échantillons analysés. Concernant ce champignon, référence [22] indiquent qu'il est essentiellement transmis par les débris restés au sol et ne peut infecter des semences que lorsqu'une parcelle de production semencière est très fortement attaquée. Des cas d'attaques des variétés par *A. porri* indiqueraient clairement que l'inoculum ne provient pas des semences.

Les résultats de l'essai indiquent qu'en dehors de la variété Noflaye dont aucune plante infectée n'a été relevée, les autres variétés ont présenté des niveaux moyens d'incidence de la pourriture basale fusarienne allant de 1,6 à 16,5%. Cette gamme d'incidence est conforme aux résultats de l'enquête terrain réalisée dans les exploitations des producteurs [3]. Le résultat indique clairement la présence de l'inoculum de la maladie de la pourriture basale fusarienne dans les sols des sites étudiés puisque que les semences de cv. Gandiol+ et de cv. Mercedes n'étaient pas infectées par *F. oxysporum* et *F. solani* et que ces deux espèces ont bien été observées sur les plantes présentant les symptômes. La production de chlamydospores par ces espèces de Fusarium leur permet de survivre sous cette forme dans le sol et d'être à l'origine des infections futures [4]. Les variétés ont présenté des niveaux de résistance contrastés aux champignons. Les variétés Noflaye et Gandiol+ ont présenté de très faibles incidences à la pourriture basale fusarienne comparativement aux variétés locales sensibles pendant que la variété Mercedes a été plus sensible que les variétés locales aussi bien selon les résultats du champ que ceux obtenus au laboratoire. Ce qui indique que dans les conditions de cette étude, les variétés Noflaye et Gandiol+ ont été résistantes à la maladie et la variété Mercedes a été très sensible.

D'après les paramètres de croissance, les variétés Noflaye et Gandiol+ se distinguent encore des autres variétés en termes de rendements, de taux de montaison, de production de feuilles, confirmant ainsi leur performance agronomique élevée comparée aux autres variétés.

La présente étude a permis de confirmer que les variétés produites localement sont caractérisées par de faibles performances agronomiques comme l'ont souligné [23]. Le non-respect des normes de production ou l'époque de production peuvent être à la base de cette situation. La variété Mercedes est en cours d'introduction au Burkina Faso par la firme LDC. Bien que procurant des rendements très élevés, cette variété, originaire d'Espagne, s'est révélée très sensible à la pourriture basale fusarienne. Cette étude indique donc qu'elle n'est pas appropriée pour la production dans les conditions du Burkina Faso où la maladie est présente dans toutes les plaines. Sélectionnées et commercialisées par la firme Technisem (Dakar), les variétés Noflaye et Gandiol+ sont largement utilisées au Sénégal. Selon la fiche technique proposée par cette firme elles sont résistantes à la maladie des racines roses mais des informations sur leurs résistances aux autres problèmes parasitaires ne sont pas disponibles. Sur le plan de l'acceptabilité sociale, ces deux variétés sont très appréciées par les producteurs et les populations [24]. Elles sont peu utilisées au Burkina Faso et les résultats de cette étude pourraient constituer des arguments en faveur de leur adoption par les producteurs. Elles peuvent ainsi faire l'objet d'études complémentaires en vue de leur prise en compte dans un programme de lutte intégrée au Burkina Faso car la pourriture basale fusarienne constitue la principale maladie fongique qui cause les plus importants dégâts sur l'oignon et que la maladie des racines roses est présente dans le pays [3].

5 CONCLUSION

Le criblage des variétés d'oignon pour leur comportement vis-à-vis de la pourriture basale fusarienne a permis d'identifier les variétés Noflaye et Gandiol+ comme potentiellement résistantes ou tolérantes à la maladie et la Variété Mercedes comme très sensible.

Au niveau des paramètres de croissance les variétés Noflaye et Gandiol+ ont été agronomiquement plus performantes que les autres variétés en dehors de la variété Mercedes qui a obtenu un rendement plus élevé dû à la taille de ses bulbes.

Ces deux variétés peuvent donc être produites avec efficience sur des parcelles infestées par les agents pathogènes de la maladie de la pourriture basale.

Dans la perspective de les proposer aux producteurs d'oignon du Burkina Faso, des investigations sur leur résistance/tolérance à la maladie des taches pourpres, leur conservabilité et sur leurs qualités organoleptiques sont nécessaires.

REMERCIEMENTS

Les auteurs voudraient adresser leurs sincères remerciements au personnel du Laboratoire des Systèmes Naturels, Agrosystèmes et de l'Ingénierie de l'Environnement (Sy.N.A.I.E) pour leur grande contribution dans la réalisation des activités. Ils sont également reconnaissants envers le Programme PRD de l'ARES-Belgique pour le financement des activités du projet PRD-ProDuIRe (Bobo-Dioulasso, Burkina Faso).

REFERENCES

[1] Tarpaga, W.V. Contribution à l'étude de la montaison prématurée des variétés tropicales d'oignon (Allium cepa L.): cas du Violet de Galmi, cultivé au Nord du Burkina Faso. Thèse de Doctorat, Université de Ouagadougou, Burkina Faso, 2012.

[2] Bambio Z. François, *Oignon: la culture maraichère la plus rentable au Burina Faso,* 2022 [online] Available: https://www.investirauburkina.net/agriculture-et-elevage/oignon-la-culture-maraichere-la-plus-rentable-au-burkina-faso.html (22/08/2022).

[3] Dabiré T. G. Diagnostic, caractérisation et contrôle des maladies fongiques de l'oignon (Allium cepa L.) dans les agrosystèmes maraîchers du Burina Faso. Thèse de Doctorat, Université Catholique de Louvain, Belgique, 2017.

[4] Schwartz, H.F. and Mohan, K.S., *Basal rot of onion*. In: The American Phytopahological Society, 2è ed. Schwartz F.H. and Mohan Krishna S., Compendium of Onion and Garlic Diseases, 2008.

[5] Traoré O., Wonni I., Boro F., Somtoré E., Zombré C. T., Dianda O. Z., Wicker E., Ilboudo P., Ouedraogo L. S. & Somda I., «Evaluation of the 19 varieties and accessions of tomato against bacterial wilt in Bobo-Dioulasso, Burkina Faso», *Int. J. Biol. Chem. Sci.,* vol. 14, no. 8, pp. 2870-2879, 2013.

[6] Son D., Zerbo K.B.F., Bonzi S., Legreve A., Somda I. & Schiffers B., «Assessment of Tomato (*Solanum lycopersicum* L.) Producers Exposure Level to Pesticides, in Kouka and Toussiana (Burkina Faso), *International Journal of Environnemental Research. And Public Health,* vol. 15, no. 2, 204, 2018.

[7] Besmer R.A., Sawadogo W.M., Dabiré T.G., Kambiré F.C., Bokonon-Ganta A.H., Somda I. & Verheggen F.J., «Susceptibility of fall armyworm *Spodoptera frugiperda* (JE Smith) to microbial and botanical bioinsecticides and control failure likelihood estimation»,. *Biotechnol. Agron. Soc. Environ, vol.* 26, no. 3, pp. 136-143, 2022.

[8] Özer, N. and Köycü N.D., *Seed-borne fungal diseases of onion and their control*. In: Mukerji K.G. (ed.). Disease Management of Fruits and Vegetables, Vol. 1, Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, The Netherlands, pp. 281-306, 2004.

[9] Koike, S.T., Gladders, P. and Paulus, O.A., *Vegetable diseases. A color Handbook*. Academic Press. 448 p., 2007.

[10] Conn, E.K., Lutton, J.S. and Rosenberger, S.A., *Onion Disease Guide. A pratical guide for seedmen, growers and agricultural advisors*. Seminis grow forward, 69 p., 2012.

[11] McCallum, J*., Onion*. In: C. Kole (Ed.), Springer-Verlag, Genome Mapping and Molecular Breeding in Plants, Vegetables. Berlin Heidelberg, 5, pp. 332-347, 2007.

[12] Van der Meer, Q.P., 1993. *L'oignon*. In: OCDE Editions, Paris, Méthodes traditionnelles de sélection des plantes: un aperçu historique destiné à servir de référence pour l'évaluation du rôle de la biotechnologie moderne, pp.187-196, 1993.

[13] Doré, C., et Varoquaux, F., *Histoire et amélioration de cinquante plantes cultivées,* Editions INERA. Collection Savoir faire, 812 p., 2006.

[14] Messiaen, C.M., Blancard, D., Rouxel, F. et Lafon, R., *Les maladies des plantes maraîchères,* 3ème édition. Du labo au terrain. Institut National de la Recherche Agronomique (INRA), 552 p., 1991.

[15] Dagna, A.M., Les effets de la réappropriation de la culture du << Violet de Galmi<<, par les producteurs d'oignon de la région de TAHOUA-NIGER, sur la dynamique du territoire local, l'organisation sociale et économique. Thèse de doctorat, Développement rural. Université de Toulouse-Le Mirail, France. 281 p.

[16] N.J. Hayden and R.B. Maude, «The role of seedborne *Aspergillus niger* in transmission of black mould of onion. *Plant Pathology*», vol. 41, pp. 573–581, 1992.

[17] S.A. F. Nagerabi and R. M. Abdalla 2004, «Survey of seed borne fungi of Sudanese cultivars of onion, with new records», *Phytoparasitica,* vol. 32 no 4, pp. 413-416, 2004.

[18] S. Dumbré, D. Guldekar, R. S. Potdukhe, «Survey of seed-borne fungi of onion (Allium cepa L.) from various locations of Maharashtra». *Journal of Soil Crop,* vol. 21, pp. 221-224, 2011.

[19] Dabiré, T.G., Bonzi, S., Somda, I. and Legrève, A., «Identification of seed-borne fungi of onion (*Allium cepa* L.) in Burkina Faso», *International Journal of Innovation and Scientific Research, vol.* 25, no. 2, pp. 562-575.

[20] A. El Zawahry, H.M. El Aref, N.G. Ahmed, A.A. Aly, «Protein patterns of certain isolates of *Fusarium oxysporum* and *F. moniliforme* and their relation to virulence», *Asian Journal of Agricultural science,* vol. 31, pp. 59-78, 2000.

[21] D. Zlata, T. Jelena, N. Stevan, M. Jelica, A. Mijana, R.Svjetlana, «Fusarium rot of onion and possible use of bioproduct», Proceedings of Natural Science, vol. 114, pp. 135-148, 2008.

[22] K. Shehu, H.A. Suberu, M.D. Magaji, «Amelioration of Purple Blotch Disease in Onion (*Allium cepa* L.) Seedlings with Organic Soil Amendments », *Nigerian's Journal of Basic Applied Science,* vol. 16, no 2, pp. 203-206, 2008.

[23] Tarpaga, W.V., Rouamba, A., et Tamini, Z., «Effects of the production season and the size of onion bulbs (*Allium cepa* L.) on their storage life at room temperature and humidity in Burkina Faso. *Agriculture and Biology Journal of North America,* vol. 2, no. 7, pp. 1072-1078, 2011.

[24] Kane A., Effets des fongicides (Basamid, Cryptonol, Enzone) et des endomycorhizes sur la croissance et le développement de deux variétés d'oignon (Allium cepa L.) cultivées sur un sol infesté par Pyrenochaeta terrestris au Nord-Ouest du Sénégal, Thèse de Doctorat, Université Cheick Anta Diop, Dakar, Sénégal, 1997.

International Journal of Innovation and Applied Studies
ISSN 2028-9324 Vol. 39 No. 2 Apr. 2023, pp. 631-642
© 2023 Innovative Space of Scientific Research Journals
http://www.ijias.issr-journals.org/

Système de pointage des agents par badge électronique RFID à la direction des recettes du Lualaba

[Agent clocking system by RFID electronic badge at the Lualaba revenue direction]

Elam KYUNGU LUKOMBA[1], Bertin UMBA NKULU[1], Grâce MWANGAL KAPEND[1], Placide MWEPU MALANGO[1], Vivien MUMBA KYANKASU[1], and Penouël HEMEDY KAHOLA[2]

[1]Département Informatique, Institut Supérieur de Statistique de Lubumbashi, Lubumbashi, RD Congo

[2]Département Informatique, Institut Supérieur Technique de Lubumbashi, Lubumbashi, RD Congo

Copyright © 2023 ISSR Journals. This is an open access article distributed under the ***Creative Commons Attribution License***, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

ABSTRACT: Currently, the clocking of agents in public companies in the DRC and in particular in the province of Lualaba remains one of the areas that require a lot of attention from managers because the manual clocking that is done to date in Lualaba revenue department, does not allow to maximize the productivity of the company given that the agents who constitute the main workforce, come to the service always in delays sometimes exaggerated for lack of a mechanism of control of the time of arrival of the agents at the service following a clocking in which is done on a sheet where all the agents personally complete the time of arrival at the service and the time of departure, sometimes by filling in the wrong information. Then, exits from the company's facilities are not controlled, an agent can leave the workplace as many times without a valid reason and for an unacceptable period, which causes several agents to abandon their posts during working hours. because the existing system cannot accurately determine when an agent comes into the office and when an agent leaves the office. The existing system does not know how to manage the cases of absence of agents either, because certain agents can sign the presence on behalf of the other absent agents, which leads the company to pay even the absent ones, which causes a problem of payroll management which takes into account the number of days worked, handicapping the productivity of the organization given that human resources constitute the basic workforce of this department. The use of RFID electronic badge clocking nevertheless remains an effective solution for solving the problems of agent clocking management.

KEYWORDS: Clocking, attendance, payroll management, delay, absence.

RESUME: Actuellement, le pointage des agents dans les entreprises publiques en RDC et en particulier dans la province du Lualaba reste un des domaines qui nécessitent beaucoup d'attention de la part des gestionnaires car le pointage manuel qui se fait jusqu'à ce jour à la direction des recettes du Lualaba, ne permet pas de maximiser la productivité de l'entreprise étant donné que les agents qui constituent la main d'œuvre principale, se présentent au service toujours en retards parfois exagérés par manque d'un mécanisme de contrôle de l'heure d'arriver des agents au service suite à un pointage qui se fait sur une fiche où tous les agents complètent personnellement l'heure d'arrivée au service et l'heure de sortie, parfois en remplissant les fausses informations. Ensuite, les sorties des installations de l'entreprise ne sont pas contrôlées, un agent peut sortir autant de fois du lieu de travail sans motif valable et pour une durée non acceptable, ce qui cause l'abandon de poste de plusieurs agents pendant les heures de service, étant donné que le système existant ne sait pas déterminer avec exactitude l'heure à laquelle un agent se pointe au bureau et l'heure à laquelle un agent quitte le bureau. Le système existant ne sait pas non plus gérer les cas d'absence des agents, car certains agents peuvent signer la présence pour le compte des autres agents absents, ce qui conduit l'entreprise à payer même les absents, ce qui occasionne un problème de gestion de paie qui tient en compte le nombre des jours prestés, en handicapant la productivité de l'organisation étant donné que les ressources humaines constituent la main d'œuvre de base de cette direction. Le recours au pointage par badge électronique RFID reste néanmoins une solution efficace pour la résolution des problèmes de la gestion de pointage des agents.

MOTS-CLEFS: Pointage, présence, gestion de paie, retard, absence.

Corresponding Author: Elam KYUNGU LUKOMBA

1 INTRODUCTION

La plupart des entreprises publique en République démocratique du Congo sont buttées à plusieurs difficultés de gestion du personnel, vu le nombre élevé des agents et le système de gestion qui du reste est encore manuel.

En effet, dans toute entreprise ou organisation, les responsables cherchent toujours à atteindre les objectifs qu'ils se sont fixés. Pour cela, ils utilisent différents moyens pour surmonter les difficultés jugées nuisibles à la bonne marche des activités dans l'entreprise. Parmi les moyens que les responsables peuvent utiliser, on peut citer l'informatique. Ceci met toute entreprise ou organisation à l'abri des difficultés liées à l'accomplissement des tâches répétitives et fastidieuses.

Le recours à une technologie par laquelle la DRLU pourra gérer d'une manière efficace la présence des agents sur le lieu de travail en déterminant l'heure exacte d'arrivée et de sortie, ce qui permettra aux responsables d'appliquer les sanctions positives et négatifs à chaque agent, serait un moyen efficace pour accroître la productivité de cette dernière.

La présente étude a pour objet de présenter le pointage électronique par badge RFID, comme un outil fiable pour la gestion du personnel, capable de résoudre les problèmes de pointage des agents, de l'élaboration des rapports individuels et collectifs des présences des agents issus des documents manuels qui est un casse-tête pour le service du personnel qui doit vérifier autant de fois les documents manuels ainsi occasionnant une perte de temps.

C'est pourquoi, notre problématique tourne autour des questions suivantes: **« Comment *réorganiser la gestion de pointage ? Quels moyens mettre à la disposition de la direction des recettes du Lualaba afin de résoudre les problèmes évoqués ci-haut ? »***

Au vu des préoccupations soulevées, nous pensons que le recours au pointage électronique par badge RFID est un moyen efficace pour résoudre les problèmes liés à la gestion du personnel.

Dans les lignes qui suivent, nous allons nous pencher sur la présentation de la direction des recettes du Lualaba, du système de pointage électronique par badge RFID, des moyens de mise en œuvre d'un tel système ainsi que l'apport de ce dernier dans la gestion du personnel.

2 METHODOLOGIE

L'adoption d'une démarche méthodologique est fondamentale. Les méthodes inductive et analytique sont au centre de notre réflexion. Cela permet l'orientation méthodique de la recherche à travers la collecte des données, de l'analyse et de la présentation des résultats.

3 PRESENTATION DE LA DIRECTION DES RECETTES DU LUALABA (DRLU)

La Direction des Recettes du Lualaba a été créée par l'arrêté provincial n°20/15002/CS/LBA du 04 décembre 2015, portant création de la Direction de Recettes du Lualaba DRLU en sigle, ayant pour mission et prérogative de maximiser les recettes au profit de la province.

Actuellement les services de la Direction des Recettes du Lualaba utilisent un système manuel de pointage de tous les agents de son administration à l'aide d'un répertoire manuel reprenant les noms des employés selon qu'ils sont à la direction, à la division urbaine ou encore aux succursales. De ce fait chaque agent à son arrivée, doit signer à côté de son nom, en précisant l'heure de son arrivée au service, l'heure de la reprise après et l'heure de sa sortie du service.

Ce système de pointage manuel présente beaucoup de faiblesses étant donné que certains agents signent la présence pour les autres agents absents ou en retards en falsifiant leurs signatures, certains autres falsifient l'heure d'arrivée, ce qui cause plusieurs cas d'absences non justifiées, de retards, des abandons de postes, avec comme conséquence le manque de productivité des agents dans leurs services.

Il est à noter que le pointage constitue une étape importante dans une entreprise car cette dernière permet de calculer le salaire des agents à la fin de chaque mois, tout en fournissant aux décideurs la possibilité d'appliquer des sanctions positives ou négatives selon le rapport individuel de chaque agent.

4 SYSTEME DE POINTAGE ELECTRONIQUE

Le système de pointage électronique a pour objectif d'accroitre la productivité des agents en fournissant la précision et l'exactitude des informations en rapport avec le pointage en temps réel, afin de réduire le taux de falsification et d'incohérence des informations en rapport avec la ponctualité des agents.

4.1 TECHNOLOGIE RFID ET BADGE RFID

L'abréviation RFID signifie « Radio Frequency Identification », en français, « Identification par Radio fréquence ». Cette technologie permet d'identifier un objet, suivre son acheminement et de connaitre sa position dans un environnement interne en temps réel grâce à une étiquette émettant des ondes radio, attachée ou incorporée à l'objet (étiquette RFID). La technologie RFID permet la lecture des étiquettes même sans ligne de vue directe et peut traverser de fines couches de matériaux (peinture, emballage, neige, etc.) [1].

La radio-identification est une technologie d'identification relativement moderne qui a été développée récemment. Cependant, la première application RFID fut utilisée pendant la Seconde Guerre mondiale lorsque Watson et Watt avaient développé une application dans le domaine militaire permettant de vérifier l'appartenance « amie » ou « ennemie » des avions arrivant dans l'espace aérien britannique et cela en 1935. Ce système dit IFF (Identify: Friend or Foe) reste le principe de base utilisé de nos jours pour le contrôle du trafic aérien [4].

La technologie RFID est utilisée pour suivre, identifier et localiser un objet au moyen d'un support tel qu'un badge RFID, qui est constitué d'une puce et d'une antenne. Le badge RFID utilise la technologie de radio-identification compatible avec des environnements sévères. Les badges RFID ont pour principale application de mettre en œuvre les contrôles d'accès à usage professionnel.

Les lecteurs RFID d'aujourd'hui sont composés de systèmes d'antenne intelligents, d'unités numériques dédiées au traitement du signal et de systèmes embarqués aux côtés de middleware et de composants réseaux. Ces composants permettent une intégration facile de lecteurs RFID dans les réseaux de données conformes aux protocoles de transfert de données normalisées [3].

Les lecteurs RFID sont des dispositifs qui effectuent l'interrogatoire d'étiquettes RFID. Dans un système RFID, le lecteur détecte le tag en utilisant des techniques de traitement du signal, de démodulation pour extraire des données à partir du signal du tag. Une étiquette passive RFID ne peut pas générer un signal sans que le lecteur n'envoie d'abord un signal d'interrogation au tag [4]. Par conséquent, le lecteur et les étiquettes sont dans une relation maître-esclave dans lequel le lecteur agit comme un maître tandis que les étiquettes fonctionnent comme des esclaves. Néanmoins, les lecteurs RFID eux-mêmes sont également dans une position esclave avec le logiciel qui gère l'application appelée middleware et qui traite les données de la RFID [3].

4.2 FONCTIONNEMENT DU SYSTEME RFID

L'identification par radiofréquence (RFID) est une technique de capture de données sans fil qui utilise les ondes RF pour l'identification automatique des objets. Ces ondes RF transmettent les données depuis le dispositif porteur de données, appelé Etiquette RFID, et l'interrogateur, communément appelé Lecteur RFID [3].

Par ailleurs la technologie RFID permet d'identifier un objet ou une personne et d'en connaître les caractéristiques à distance selon la capacité du micro antenne intégré dans l'étiquette émettant des ondes radio. Les composants du système sont:

4.2.1 L'ÉTIQUETTE (TAG)

C'est un dispositif récepteur, que l'on place sur des éléments (objet métallique, plastique…). Ils sont munis d'une puce contenant les informations et d'une antenne pour permettre les échanges d'informations. La figure ci – dessous, montre une étiquette à radiofréquence qui se compose d'une puce et d'une antenne.

Le type RO est caractérisé par une mémoire qui ne peut qu'être lue. On peut les assimiler à des codes bars de par sa mémoire statique. Ainsi cette dernière ne pouvant pas être altérée, ce type est fréquemment programmé avec une quantité de données limitées et statiques pour y stocker un numéro de série ou d'identification par exemple [2].

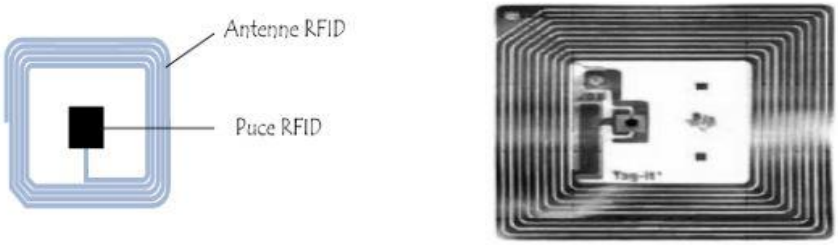


Fig. 1. Etiquette à radiofréquence

4.2.2 LE LECTEUR

Le lecteur/enregistreur est constitué d'un circuit qui émet une énergie électromagnétique à travers une antenne, qui reçoit et décode les informations envoyées par l'étiquette et les envoie au dispositif de collecte des données. Le lecteur RFID est l'élément responsable de la lecture des étiquettes radiofréquence et de la transmission des informations qu'elles contiennent.

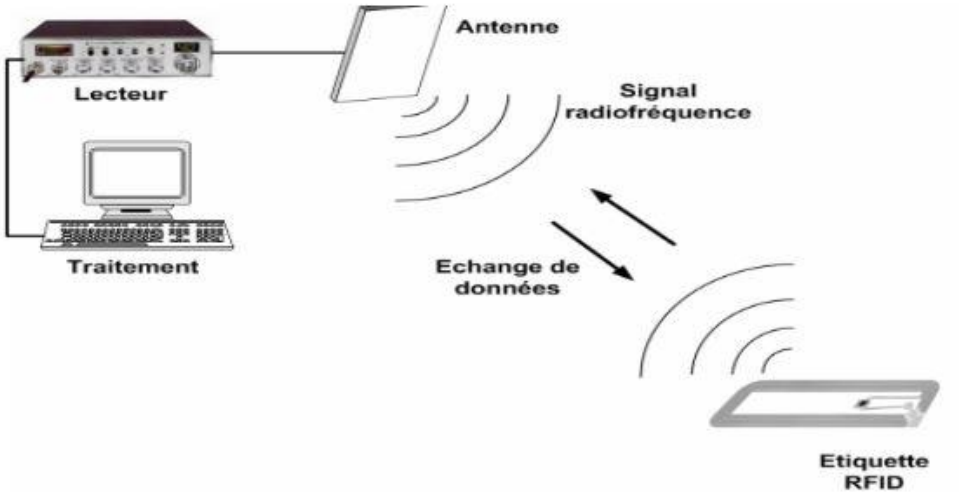


Fig. 2. Principe de Fonctionnement RFID

Il faudra noter que La communication entre le lecteur et l'étiquette s'effectue via les antennes qui équipent l'un et l'autre, ces éléments étant responsables du rayonnement radiofréquence. C'est pour cela le choix des caractéristiques du lecteur/étiquette (type de fréquence, type de tague, type de couplage) doit absolument être compatibles entre eux et aussi avec le choix de l'utilisation pour avoir un bon résultat.

La conception des antennes nécessite dans un premier lieu de déterminer les propriétés de l'antenne du Tag en fonction de l'application visée. La famille des systèmes RFID comprend des systèmes BF, HF et UHF. Notre intérêt portant sur l'HF, on sait que leurs transpondeurs utilisent des antennes magnétiques, ils sont constitués d'une bobine inductive (d'inductance L) qui joue le rôle d'antenne, d'une puce électronique réalisant les opérations de communication et d'une capacité C pour faire résonner le circuit LC à la fréquence de travail [5].

5 MISE EN PLACE DU SYSTEME DE POINTAGE ELECTRONIQUE

Notre système fonctionnera de la manière suivante:

Lorsque l'agent se pointe à l'entrée du lieu de travail, il pointe son entrée avec sa carte RFID via le lecteur RFID, ce dernier vérifie dans le système si l'agent existe bel et bien. Si oui, le système enregistre les informations se trouvant sur la carte en précisant le mouvement « Entrée » et l'heure à laquelle l'agent s'est pointé au lieu de travail; dans le cas contraire, le système demande à l'agent de contacter l'administrateur pour être ajouté dans la base des données afin de pointer sa présence. A la fin de la journée, l'agent doit pointer sa sortie et le système se chargera de préciser le mouvement « Sortie » et l'heure à laquelle l'agent a pointé sa sortie. A la fin de la journée, le système met à jour automatiquement le pointage des agents.

A la fin de chaque mois, le système affiche le rapport de pointage individuel pour chaque agent afin de permettra au service du personnel et celui des finances d'établir le listing de paiement des agents, conformément au rapport de prestation mensuelle. Le système est aussi en mesure de produire la liste de tous les agents disponibles dans la base des données et d'afficher le rapport global mensuel de pointage afin d'éviter les omissions des noms sur le listing de paie et en vue de permettre aux décideurs d'appliquer certaines sanctions positives ou négative sur la ponctualité des agents.

5.1 IDENTIFICATION DES ACTEURS DU SYSTEME

Un acteur représente l'abstraction d'un rôle joué par une entité externe (utilisateurs, dispositif matériel ou autre système) qui interagit directement avec le système étudié [6].

Une même entité externe concrète peut jouer successivement différents rôles par rapport au système étudié, et par conséquent être modélisée par plusieurs acteurs. Réciproquement, le même rôle peut être joué simultanément par plusieurs entités externes concrètes, qui seront alors modélisées par le même acteur [7].

Les acteurs qui interagissent avec le système sont les suivants:

- Agent: C'est une personne qui pointe son entrée et sa sortie à l'aide de sa carte RFID
- Lecteur RIFD: C'est un dispositif qui permet de lire les données d'une carte RFID pour enregistrer le mouvement de l'agent
- Admin sys: C'est la personne chargée d'ajouter un agent dans le système, de modifier les informations de l'agent dans le système
- Service personnel: c'est le service chargé d'attribuer un badge à un agent et consulter les rapports de pointage

5.2 DIAGRAMME DE CAS D'UTILISATION

Les cas d'utilisation constituent un moyen de recueillir et de décrire les besoins des acteurs du système. Ils peuvent être aussi utilisés ensuite comme moyen d'organisation du développement du logiciel, notamment pour la structuration et le déroulement des tests du logiciel [8].

Un cas d'utilisation permet de décrire l'interaction entre les acteurs (utilisateurs du cas) et le système. La description de l'interaction est réalisée suivant le point de vue de l'utilisateur.

La représentation d'un cas d'utilisation met en jeu trois concepts: l'acteur, le cas d'utilisation et l'interaction entre l'acteur et le cas d'utilisation.

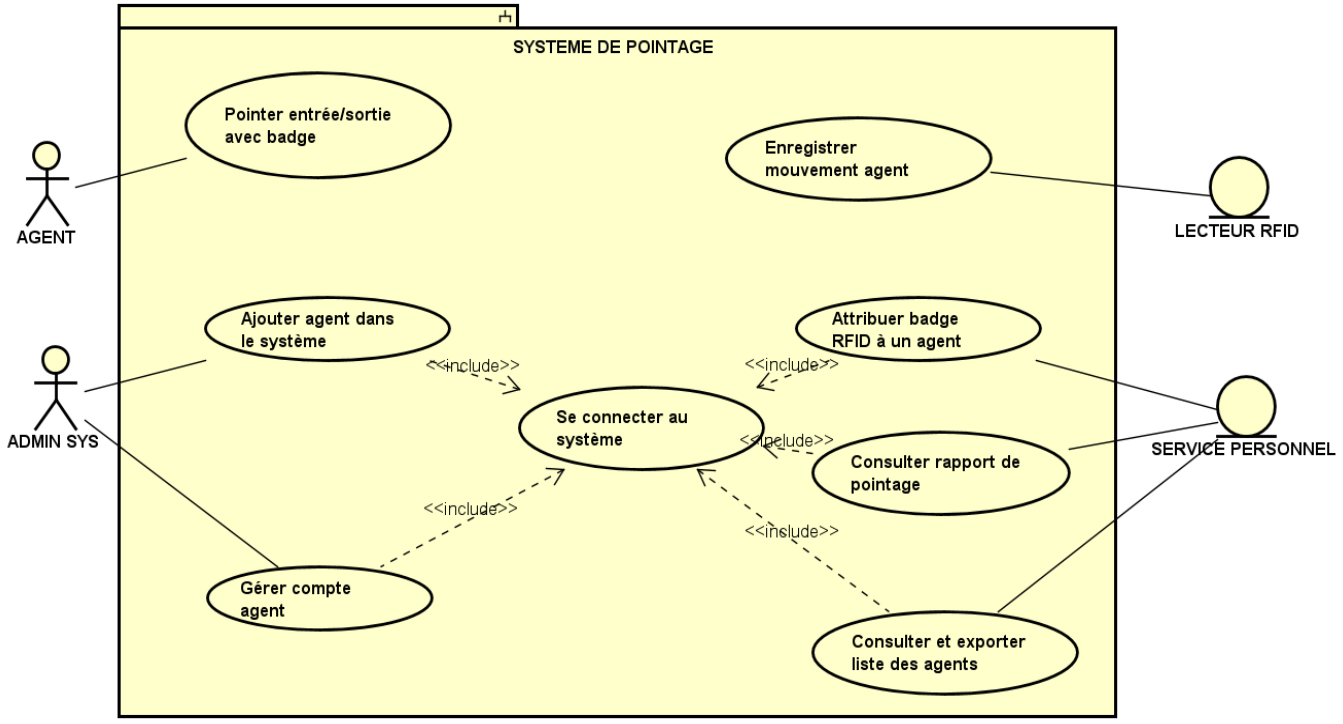


Fig. 3. Diagramme des cas d'utilisation

5.3 FONCTIONNEMENT DU SYSTEME

Ce système de pointage électronique fonctionne d'une manière autonome une fois le badge de l'agent est mis devant le lecteur RFID, ce dernier détecte l'ID unique de l'agent, il le transmet directement vers la base de données et le système enregistre le mouvement (Entrée ou Sortie) ainsi que l'heure du mouvement, puis prélève automatiquement la présence de l'agent et le système met à jour automatiquement les informations dans la base des données.

Ce système de gestion des agents est développé suivant l'architecture client – serveur. Le client étant le terminal qui accède au système via un ordinateur, une tablette, un smartphone et le serveur représente l'ordinateur central sur lequel le système est logé. Ainsi donc pour accéder au système de gestion des agents, l'utilisateur se connecte à l'aide d'un navigateur web installé sur son terminal.

Pour réaliser notre système de gestion des agents, nous avons utilisé les outils ci-dessous hormis la technologie RFID développée ci-haut avec le lecteur RFID qui permettra la lecture des cartes RFID.

Pour la mise en place de l'application, nous avons opté pour le PHP pour le développement côté serveur et HTML, CSS et JavaScript pour le développement du côté client. Le PHP, pour Hypertext Preprocessor, désigne un langage informatique, ou un langage de script, utilisé principalement pour la conception des sites web dynamiques. Il s'agit d'un langage de programmation sous licence libre qui peut donc être utilisé par n'importe quel programmeur de façon totalement gratuite.

Créé au début des années 1990 par le Canadien Rasmus Lerdorf, le langage PHP est souvent associé au serveur de base de données MySQL et au serveur Apache. Avec le système d'exploitation Linux ou Windows, il fait partie intégrante de la suite de logiciels libres LAMP et WAMP…

WAMP est un acronyme signifiant « Windows", « Apache », « MySQL » et « PHP ». Afin de pouvoir exécuter des scripts PHP localement nous faisons recours au Logiciel WAMP Serveur.



Fig. 4. Type des systèmes d'une entreprise

En ce qui concerne la gestion des données, nous avons opté pour le MySQL qui est un Système de Gestion de Bases de Données (SGBD) fonctionnant sous Linux et Windows. Les Systèmes de Gestion de Bases de Données tels que MySQL permettent de manipuler facilement et avec beaucoup de souplesse un très important volume de données. Toutefois, aussi robuste soit MySQL, il peut être intéressant de récupérer l'ensemble des données que contient notre base de données, pour faire une sauvegarde (backup) ou bien tout simplement pour passer à une autre base de données (exportation). MySQL offre un certain nombre d'outils permettant d'exporter ses bases vers d'autres SGBD ou bien de les importer.

L'usage du SGBD a pour but d'offrir à l'utilisateur une interaction avec la base de données sous forme d'un dialogue afin de rechercher et sélectionner les données, cette interaction est réalisée grâce au langage de manipulation (LMD).

En termes d'intégrité de données, plus la masse d'informations enregistrées dans une base de données est grande, plus le risque que les données enregistrées soient erronées par rapport à la réalité est grand. Pour diminuer ce risque, le SGBD doit offrir à l'utilisateur la possibilité de définir des règles qui permettent de maintenir l'intégrité de la base de données.

Ces règles sont appelées des Contraintes intégrités. Elles correspondent à des propriétés qui devront toujours être vérifiées dans la base de données quelles que soient les valeurs enregistrées. Concernant la sécurité des données, si une base de données est partagée entre plusieurs utilisateurs, il faudra que seules les personnes réellement autorisées y accèdent. Pour cela, le SGBD doit offrir les mécanismes permettant de vérifier les droits d'accès des utilisateurs. Il existe différents niveaux de description de ces données suivant que l'on s'intéresse à la perception de la base de données par l'utilisateur sur les supports physiques, Cet outil permettant la description de données s'appelle le langage de description de données (LDD).

Nous avons fait le choix de MySQL vu, sa rapidité et son intégration facile avec le langage PHP par ses nombreuses fonctions et procédures sont des qualités pertinentes, il dérive directement de SQL (Structured Query Language) qui est un langage de requêtes structurées vers les bases de données exploitant le modèle relationnel. Il en reprend la syntaxe mais n'en conserve pas toute la puissance puisque certaines fonctionnalités de SQL n'apparaissent pas dans MySQL.

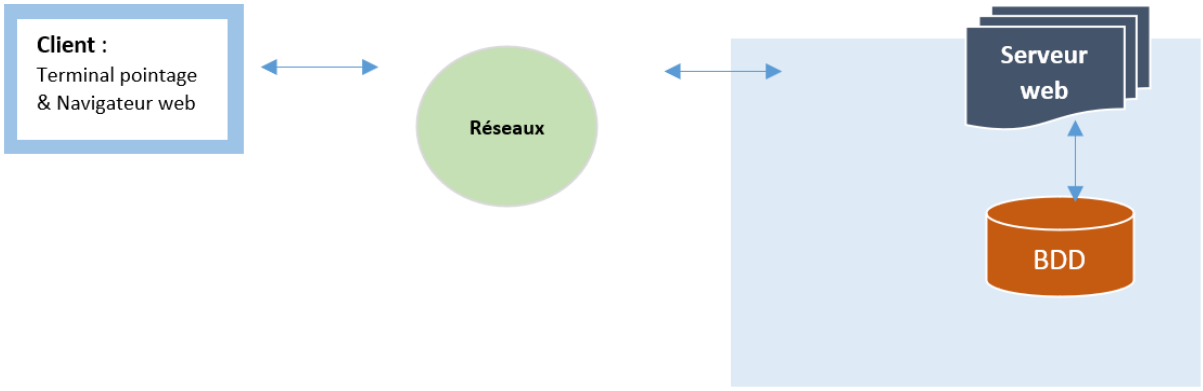


Fig. 5. Flux de données du modèle client serveur

5.4 PRESENTATION DE L'APPLICATION ET DISCUSSIONS

5.4.1 ECRAN PRINCIPAL DE POINTAGE

Cette interface permet d'effectuer le pointage des agents lorsque le lecteur RFID est connecté à l'application afin de lire la carte et de comparer les informations contenues sur cette dernière avec celles de la base des données; contrairement à l'ancien système qui utilisait le support papier pour prélever la présence des agents, en ne garantissant pas la sécurité des données car le support papier peut facilement se mouiller, se déchirer ou se perdre.



Fig. 6. Interface principale de pointage

5.4.2 ECRAN DE POINTAGE MOUVEMENT D'ENTRÉE

Lorsque l'agent se présente au lieu de service, avant d'accéder à son poste de travail, il pointe sa carte au lecteur RFID, ce dernier vérifie si l'agent est enregistré dans la base de données alors, le système enregistre le mouvement d'entrée et précise la date et l'heure à laquelle l'agent a pointé sa présence.

A ce niveau, tout accès des agents à l'entreprise est enregistré automatiquement dans la base de données en précisant l'heure d'arriver au service sans la possibilité de falsifier ces informations; pourtant, dans l'ancien système, c'est l'agent lui-même qui remplissait l'heure d'arrivée avec la possibilité de commettre des erreurs ou de donner des fausses informations avec falsification.

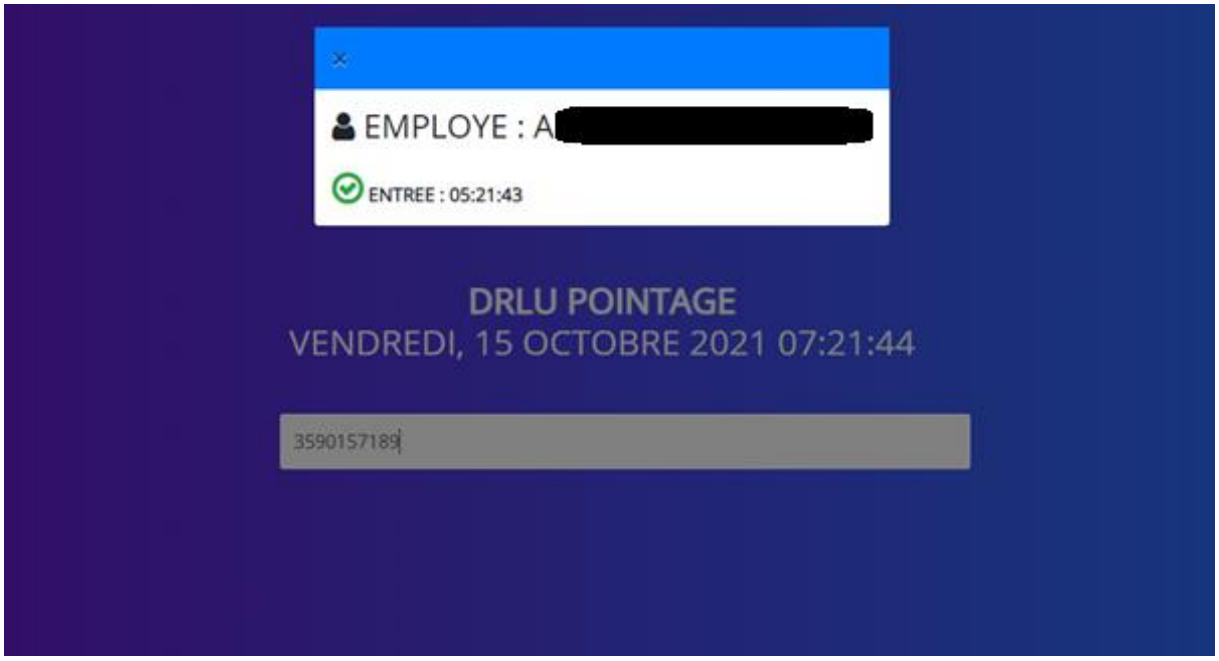


Fig. 7. Interface de pointage mouvement d'entrée

5.4.3 ECRAN DE POINTAGE MOUVEMENT DE SORTIE

A la fin de la journée, l'agent doit marquer sa sortie, dans ce cas le système enregistre l'heure de la sortie de l'agent dans la base de données et met à jour automatiquement le rapport individuel de l'agent.

Ceci permet de resoudre le problème d'abandon de poste car, toute sortie est signalée dans le système; ce qui n'était pas le cas avec l'ancien système où un agent pouvait sortir quand il veut et comme il veut car, les sorties n'étaient pas controlées.

De même, certains agents pouvaient sortir avant l'heure fixée, mais remplissant les fausses informations sur la fiche. Quant à ce nouveau système, l'heure est enregistrée automatiquement dès que l'agent pointe sa sortie sans la possibilité de modifier ou falsifier ces informations.

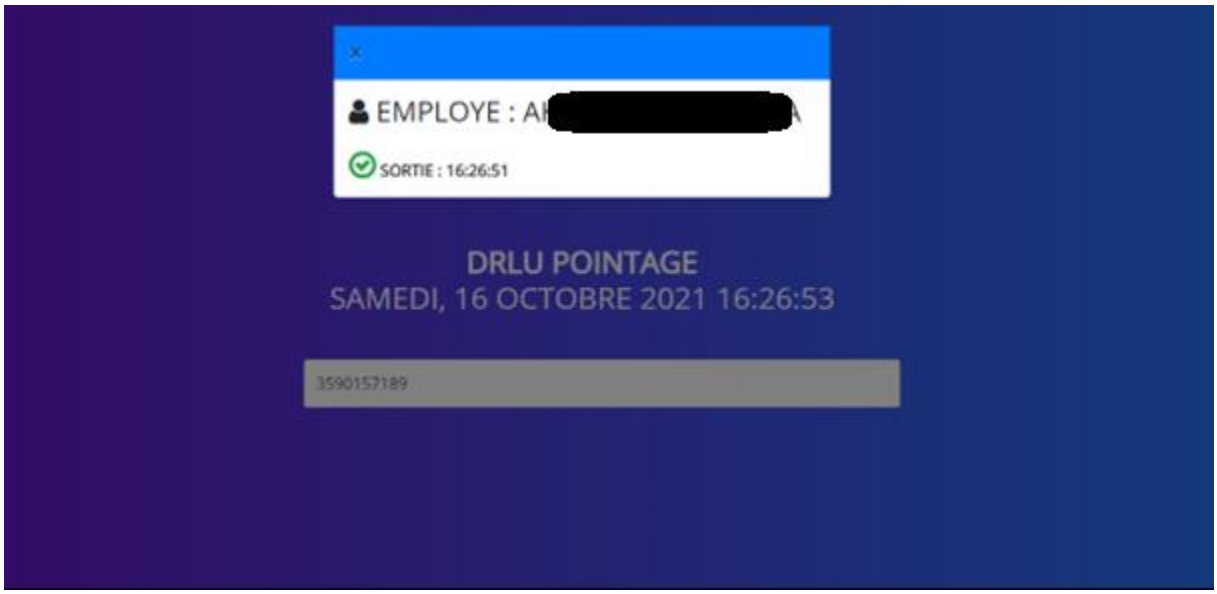


Fig. 8. Interface de pointage mouvement de sortie

5.4.4 ECRAN DE RAPPORT DE POINTAGE INDIVIDUEL

Cette interface permet d'afficher le rapport individuel de pointage de chaque agent en précisant la date, le mouvement (Entrée/Sortie) et l'heure de chaque mouvement.

Ceci permet d'avoir en temps réel l'état de pointage individuel des agents et permettra au service de paie d'avoir l'exactitude du nombre des jours prestés par l'agent; contrairement à l'ancien système où il fallait collecter toutes les listes pour vérifier l'état de pointage de chaque agent à la fin du mois, ce qui créait des erreurs matérielles avec la possibilité de falsifier certaines informations en rapport avec le pointage d'un agent.

Ce système permet aussi de voir clairement la ponctualité de chaque agent au bout d'une période déterminée afin d'appliquer une sanction positive ou négative selon la régularité de ce dernier.

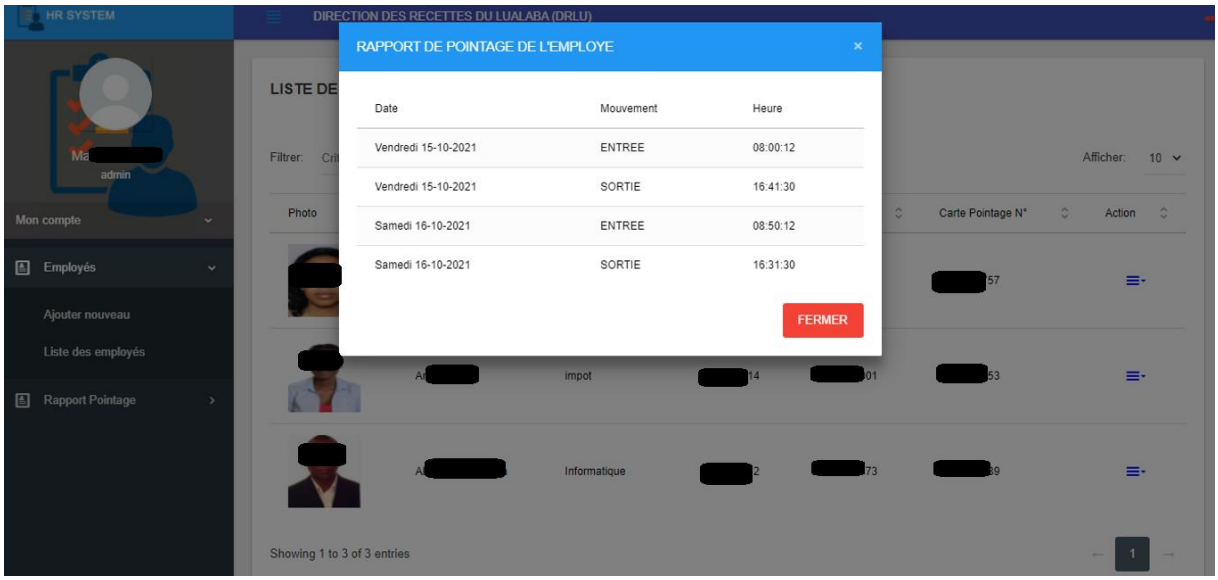


Fig. 9. Interface rapport de pointage individuel

5.4.5 ECRAN DU RÉPERTOIRE GLOBAL DES EMPLOYÉS

Cette interface affiche les informations détaillées de tous les agents disponibles dans la base des données avec la possibilité d'exporter ce fichier en Excel ou en PDF pour y appliquer certains traitements spécifiques.

Ce nouveau système permettra à l'entreprise de disposer d'une base des données actualisée de tous les agents en temps réel et rendra facile la recherche des informations spécifiques par les opérations de tri ou de filtrage; ce qui était impossible à réaliser avec l'ancien système.

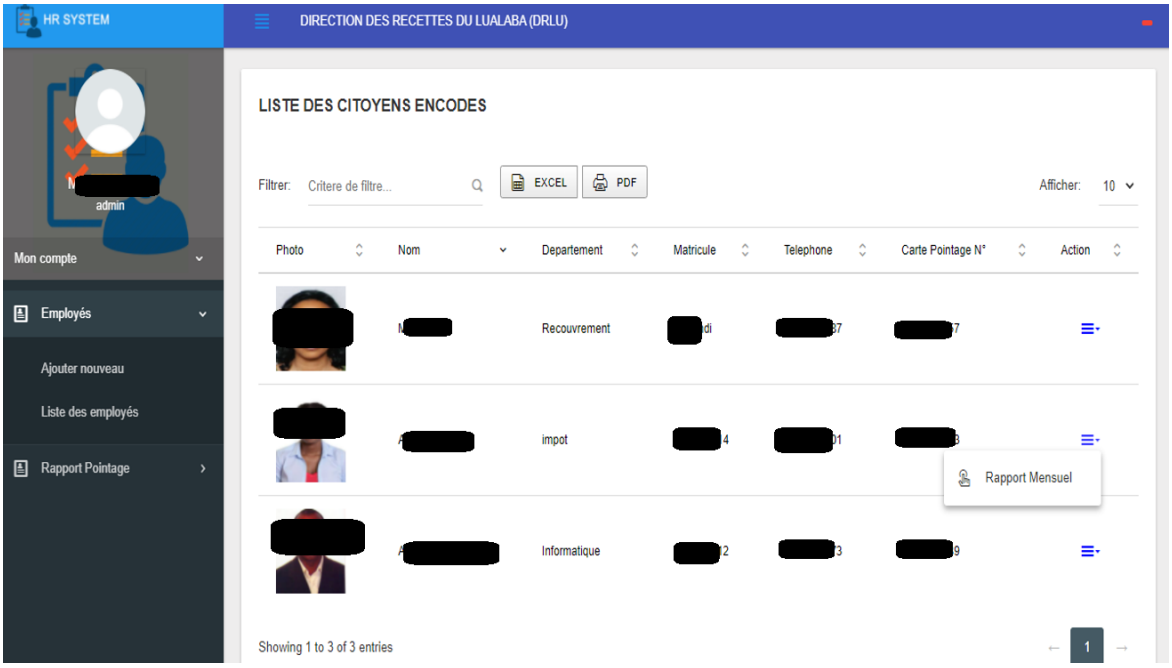


Fig. 10. Interface répertoire global des employés

5.4.6 ECRAN D'AJOUT D'UN EMPLOYÉ ET ATTRIBUTION DE LA CARTE RFID

Au cas où un agent n'est pas enregistré dans le nouveau système, il n'aura pas non plus une carte RFID, car cette dernière n'est octroyée qu'à l'issue de l'enregistrement. Ainsi, ces interfaces nous permettrons de swapper une carte en vue de l'octroyer à un nouvel agent qui sera enregistré dans le système. L'ajout d'un agent dans le nouveau système relève de la compétence du service du personnel qui devra fournir toutes les informations nécessaires repris sur le dossier d'un agent.

Ce nouveau système permettra de faire un contrôle physique des agents dans la mesure où, l'obtention d'un badge électronique se fera en présentiel; ce qui permettra de détecter les agents fictifs. Ce système nous offrira aussi une base des données actualisée des tous les agents de l'entreprise.

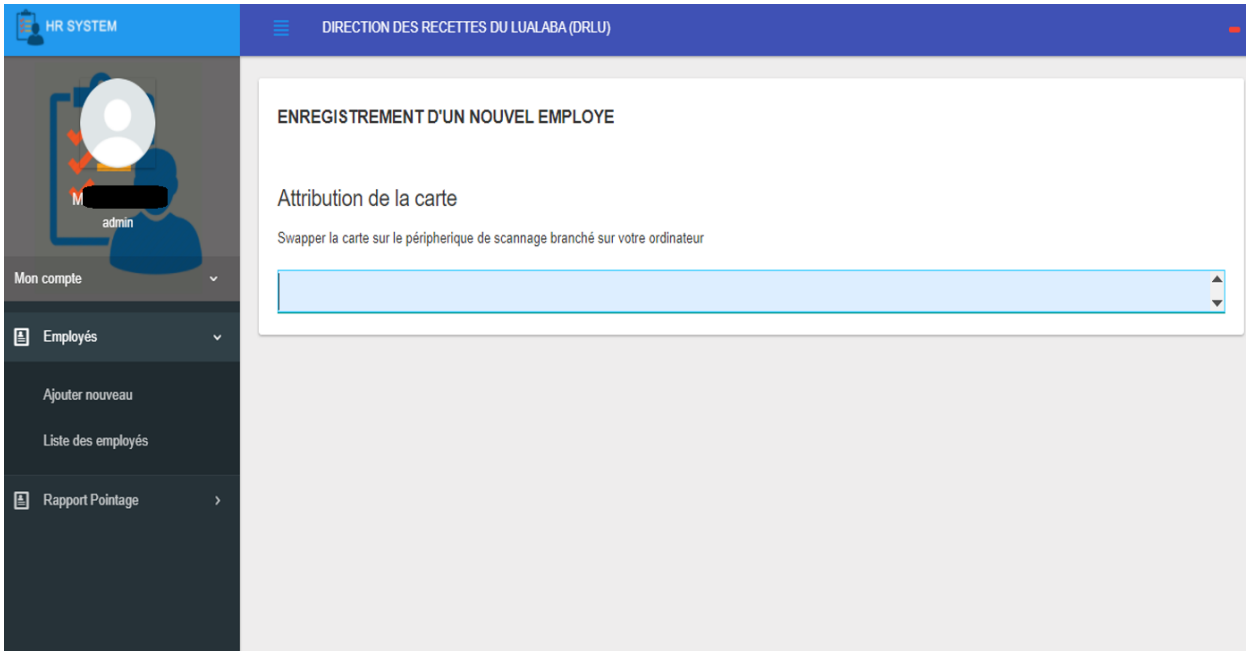


Fig. 11. Interface attribution de la carte RFID

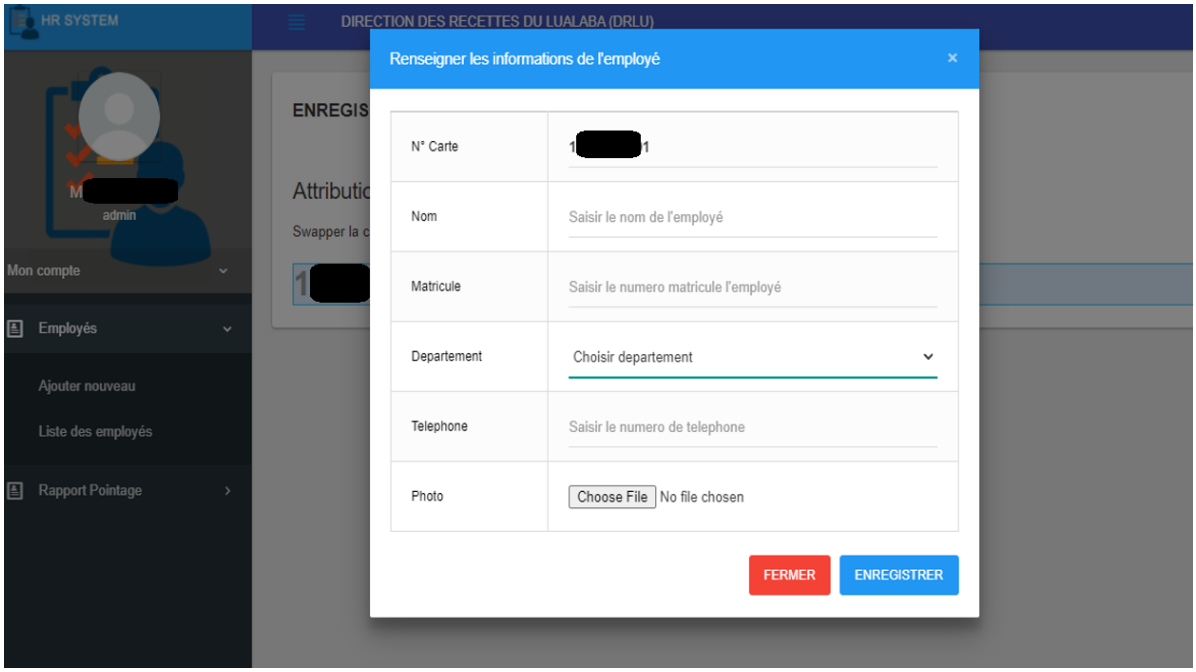


Fig. 12. Interface d'ajout d'un employé

5.4.7 ECRAN REPRENANT LE RAPPORT GLOBAL MENSUEL DE POINTAGE

Cette interface affiche le rapport global mensuel de pointage de tous les agents en précisant la date, le mouvement et l'heure de chaque mouvement.

L'ancien système n'était pas en mesure de produire en temps réel le rapport mensuel de pointage de tous les agents; ce qui rendait difficile la tâche de gestion de pointage des agents.

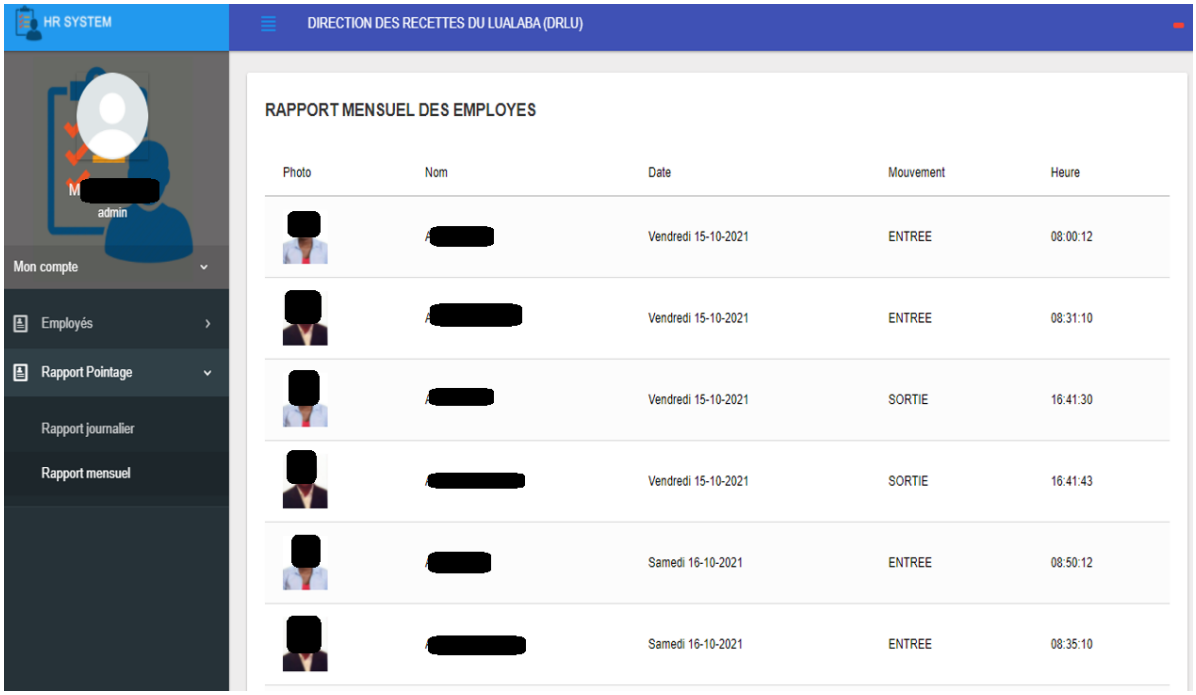


Fig. 13. Interface rapport global mensuel de pointage

6 CONCLUSION

Au terme de cette étude qui a porté sur le pointage électronique des agents de la direction des recettes du Lualaba à l'aide de la technologie RFID, comme un outil fiable pour la gestion du personnel, capable de résoudre les problèmes de pointage des agents, de l'élaboration des rapports individuels et collectifs des présences des agents, nous pouvons maintenant dire que nous avons trouvé des éléments de réponse à toutes nos questions de recherche soulevées ci-haut.

En partant du constat que les nouvelles technologies de l'information et de la communication, sont en pleine croissance et qu'elles ont des impacts considérables dans le secteur économique des entreprises publiques dont notamment, la DRLU et tant d'autres régies financières en sont les plus concernées. Nous nous sommes intéressés au processus d'intégration du numérique dans la gestion des ressources humaines de la DRLU, d'où, notre problématique a gravité autour de deux préoccupations dont l'une sur la réorganisation du système de pointage à la DRLU et l'autre sur les moyens à mettre en œuvre pour réorganiser le système existant en vue de résoudre les problèmes y afférents.

En outre, cet objet de recherche est pertinent en raison de la réalité en mutation perpétuelle des NTIC: plus les entreprises publiques ne disposent des systèmes de gestion numériques, plus le processus d'intégration devient complexe. Ces entreprises désirent donc savoir comment les utiliser de façon efficace pour atteindre les objectifs: mieux gérer les ressources humaines, connaitre la performance des agents et poser des actions positives y relatif, accroitre les recettes de la province, entre autres.

Après une analyse rigoureuse du système de pointage existant, nous avons mis en place un nouveau système à l'aide de la technologie RFID associé à une application web réalisée pour faciliter la manipulation des informations contenues sur les cartes RFID et pour permettre au responsable du personnel de disposer en temps réel les informations journalières et mensuelles du pointage de tous les agents afin de rendre la prise de décision optimale, rigoureuse, concise et rapide grâce à l'avènement des nouvelles technologies de l'information et de la communication.

D'où, le but de cette recherche était d'aboutir à une solution informatique, qui est le système proposé, afin résoudre les problèmes liés au processus de pointage des agents relevés à la direction des recettes du Lualaba et, de disposer d'un système qui pourra se généraliser dans toutes les entreprises publiques de la province du Lualaba en particulier et de toute la République Démocratique du Congo en générale, qui connaissent les problèmes similaires.

REFERENCES

[1] S. Lahiri, RFID Sourcebook. Pearson P T R, 2011.
[2] Jean-Ferdinand Susini Hervé Chabanne, Pascal Urien, RFID et l'internet des choses, Hermes Science Publications, 2010.
[3] Nemai Chandra Karmakar, Handbook of Smart Antennas for RFID Systems, John Wiley Sons, 2010.
[4] Klaus Finkenzeller, RFID Handbook: Fundamentals and Applications in Contactless Smart Cards, Radio Frequency Identification and Near-Field Communication, John Wiley Sons, 2010.
[5] Anthony Ghiotto, Conception d'antennes de tags rfid uhf, application à la réalisation par jet de matière, 2008.
[6] Pascal Roque, UML2 par la pratique: étude de cas et exercices corrigés, éd. Eyrolles, 2006.
[7] Pascal Roque, UML 2 en action: De l'analyse des besoins à la conception, éd. Eyrolles, 2007.
[8] Joseph Gabay et David Gabay, UML 2: Analyse et Conception, éd. Dunod, Paris, 2008.

International Journal of Innovation and Applied Studies
ISSN 2028-9324 Vol. 39 No. 2 Apr. 2023, pp. 643-654
© 2023 Innovative Space of Scientific Research Journals
http://www.ijias.issr-journals.org/

Apport des NTICs dans la culture maraîchère dans la ville de Lubumbashi

[Contribution of NICTs in market gardening in the city of Lubumbashi]

Elam KYUNGU LUKOMBA[1], Bertin UMBA NKULU[1], Penouël HEMEDY KAHOLA[2], Grâce MWANGAL KAPEND[1], and Placide MWEPU MALANGO[1]

[1]Département Informatique, Institut Supérieur de Statistique de Lubumbashi, Lubumbashi, RD Congo

[2]Département Informatique, Institut Supérieur Technique de Lubumbashi, Lubumbashi, RD Congo

Copyright © 2023 ISSR Journals. This is an open access article distributed under the ***Creative Commons Attribution License***, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

ABSTRACT: Currently, the DRC wants to be an important place in agriculture, it has set up several support structures for farmers, more particularly in the province of Haut-Katanga. Despite all these efforts, this agriculture is still facing several difficulties related to global warming which has disrupted the usual short rainy season, which forces vegetable gardeners to re-examine the traditional irrigation system taking into account the requirements of each culture. It is in this context that our study will focus on the automation of the irrigation system in the context of market gardening.

KEYWORDS: Irrigation, agriculture, arduino, NodeMCU ESP32.

RESUME: Actuellement, la RDC se veut une place importante dans l'agriculture, elle a mise en place plusieurs structures d'accompagnement pour les agriculteurs, plus particulièrement dans la province du Haut-Katanga. Malgré tous ces efforts consentis, cette agriculture est toujours confrontée à plusieurs difficultés liées au réchauffement climatique qui a perturbé le court habituel de la période pluvieuse, ce qui oblige aux agriculteurs des potagers de réexaminer le système traditionnel d'irrigation en tenant compte des exigences de chaque culture. C'est dans ce contexte que notre étude portera sur l'automatisation du système d'irrigation dans le cadre d'une culture maraîchère.

MOTS-CLEFS: Irrigation, agriculture, arduino, NodeMCU ESP32.

1 INTRODUCTION

La République Démocratique du Congo, de par l'importance de son potentiel de développement et de sa population à plus de 70 % rurale, les activités agricoles occupent une place de choix dans l'économie Congolaise, et participe à hauteur de 45.7 % au Produit Intérieur Brut (PIB). Actuellement, le principal contributeur au PIB est la production minière; cependant, l'agriculture joue un rôle important dans l'économie nationale puisqu'elle emploie actuellement 80 % de la main d'œuvre [1].

Avec un système national de production agricole du type extensif, il est caractérisé par une faible productivité et repose sur une agriculture de subsistance pratiquée par de petites exploitations familiales sur une superficie moyenne de 1 à 2 hectares en culture pluviale, et de 0,5 à 1 hectare en culture irriguée.

La production agricole est tributaire des conditions agro-environnementales dans lesquelles croissent les différentes spéculations. Les paramètres climatiques (les pluies, la température et le taux d'humidité), influencent soit positivement soit négativement la production agricole.

Dans la ville de Lubumbashi en particulier, nous avons constaté que la plupart de maraîchers éprouvent d'énormes difficultés dans l'arrosage, étant donné la carence en eau qui les oblige à transporter de l'eau à des longues distantes, ce qui crée une imprécision dans

Corresponding Author: Elam KYUNGU LUKOMBA

l'arrosage en respectant la quantité d'eau pour chaque culture d'autant plus que la fatigue et la routine en sont les facteurs résultants de ce travail manuel.

C'est pourquoi, notre problématique tourne autour des questions suivantes: **« Que faire pour améliorer les conditions d'arrosage dans la culture maraîchère *? Quels moyens mettre à la disposition des maraîchers de la ville de Lubumbashi afin d'accroître la productivité ? »***

Au vu des préoccupations soulevées, nous pensons que la mise en place d'un système d'irrigation intelligent serait une solution efficace et durable pouvant résoudre les problèmes évoqués ci-haut.

Dans les lignes qui suivent, nous allons plus nous focalisés sur le système d'irrigation intelligent en se basant sur les mesures de la température, l'humidité, le niveau d'eau et la lumière du soleil.

2 METHODOLOGIE

L'adoption d'une démarche méthodologique est fondamentale. Les méthodes inductive et analytique sont au centre de notre réflexion. Cela permet l'orientation méthodique de la recherche à travers la collecte des données, de l'analyse et de la présentation des résultats.

3 GENERALITES SUR LE SYSTEME D'IRRIGATION

La sécurité informatique est un ensemble des moyens mis en œuvre pour diminuer sensiblement les vulnérabilités d'un système face aux menaces existantes. La sécurité informatique se charge de s'assurer que les ressources matérielles et/ou logicielles d'un système d'information sont uniquement utilisées dans un contexte bien décrit et par des personnes autorisées.

De tout temps, les sociétés humaines ont déployé des efforts pour détourner de multiples manières l'eau nécessaire à leur culture et irriguer leurs champs. Certaines méthodes se contentent de mobiliser les eaux de crues des rivières ou les eaux de pluie.

Jusqu'à présent l'irrigation reste le seul moyen d'augmenter les rendements et de les régulariser dans bien des régions du monde. En effet, selon les espèces et variétés cultivées, selon les terres, et selon les techniques utilisées, l'irrigation peut permettre d'obtenir de deux à cinq fois plus de production (et même dix en zone aride) [2].

L'irrigation étant un processus qui consiste à fournir l'eau douce aux plantes à intervalles de temps réguliers selon la culture visée, nous dirons, que ce soit une irrigation de surface, une irrigation souterraine, ou par un système de goute à goute, tous ces systèmes contribuent à apporter de l'eau aux plantes.

L'irrigation nécessite de l'eau en quantité et surtout en qualité. Ainsi avant l'installation de tout système d'irrigation la ressource en eau doit être évaluée afin de s'assurer de sa disponibilité. La disponibilité de l'eau conditionne la superficie à irriguer. En effet, l'évaluation de la ressource en eau doit porter sur: La description du climat et des précipitations pendant l'année, les ressources d'eau de surface et d'eau souterraine disponibles, la distance entre la source d'eau et les champs à irriguer, la variabilité des ressources en eau (variations en profondeur et quantité) [3].

Une question est de trouver de l'eau mais une autre est de s'assurer de son transport jusqu'à la parcelle à irriguer. Les moyens de transport diffèrent selon le type d'irrigation mais ont un seul but: celui de faire parvenir l'eau prélevée de la source aux cultures et de façon efficace. Il s'agit en premier lieu des réseaux primaires d'amenée qui sont soit en canaux fermés soit à ciel ouvert munis de vannes. Le diamètre du canal dépend du débit recherché et de la longueur du circuit [4].

4 SYSTEME D'IRRIGATION TRADITIONNEL

Le système d'irrigation appliqué actuellement dans la culture maraîchère dans la ville de Lubumbashi est manuel, l'homme est au centre de l'arrosage; ceci nous a conduit à observer ce qui suit:

- Ce système d'irrigation consiste à arroser les plantes à l'aide des arrosoirs, ce qui rend l'arrosage pénible car, l'homme doit arroser les plantes en soulevant un arrosoir de 15kg parfois pour chaque surface exigée, et cela selon les conditions requises pour chaque culture, en faisant plusieurs courses.
- Avec ce système d'irrigation, on ne parvient pas à détecter le taux d'humidité des plantes, et la quantité d'eau nécessaire.
- Ce système ne permet pas à toutes les plantes de recevoir la quantité nécessaire pour la croissance, et parfois, la quantité est exagérée; ce qui cause la mauvaise croissance de certaines plantes et qui réduit sensiblement la productivité de la culture visée.



Fig. 1. Irrigation traditionnel

5 CONCEPTION DU NOUVEAU SYSTEME

5.1 CHOIX D'OUTILS D'IMPLEMENTATION

Il existe plusieurs technologies permettant de réaliser une irrigation intelligente. Quant à notre, nous avons opté pour les technologies suivantes: LORA, WIFI, ZIGBEE, SIGFOX.

- **Lora**: est une technologie radio transmission qui signifie « Long Rang ». C'est une technologie de réseau sans fil à longue portée permettant la communication à bas débit d'objets connectés
- **Wifi**: est une technologie permettant de transmettre des données numériques sans fil et ce, de la manière la plus fiable qui soit grâce aux ondes radio. Cette technologie permet de partager une connexion entre un nombre infini d'utilisateurs
- **Zigbee**: est une technologie de réseau sans fil à bas débit et à courte portée, qui utilise les ondes hertziennes pour transporter les messages entre deux ou plusieurs entités; il opère sur une bande de fréquence de 2.4 Ghz et sur 16 canaux, permet d'obtenir des débits pouvant atteindre 250 Kbits avec une portée de 100m
- **Sigfox**: est une technologie LPWAN qui fournit une connectivité bas débit à travers son propre réseau cellulaire basé sur la technologie radio Ultra Narrow Band (UNB). Le device peut envoyer entre 0 et 140 messages par jour et le payload de chaque message ne peut pas dépasser 12 octets

  Les microcontrôleurs sont des microprocesseurs

- **La beagleboard:** est une carte électronique de type ordinateur à carte unique de faible puissance. Il s'agit d'un matériel libre produit par le Texas Instruments en collaboration avec Digit Key. Apparue avant la Raspberry pi, le beaglebone black est la toute dernière carte vendue
- **Raspberry pi:** est un nano-ordinateur mono carte à processeur ARM conçu par des professeurs du département informatique de l'université de Cambridge. Il permet l'exécution de plusieurs variantes du système d'exploitation libre GNU/Linux et des logiciels compatibles. Il fonctionne également avec Microsoft Windows. Un processeur Quad Core Broadcom 2837 ARMv8 64 bit avec une cadence de 1,2 GHz
- **Arduino:** est une C'est une plateforme open source d'électronique programmée qui est basée sur une simple carte à microcontrôleur (µC de la famille AVR), et un logiciel, véritable environnement de développement intégré EDI, pour écrire, compiler et téléverser le programme vers la carte à microcontrôleur. C'st une carte programmable développée autour d'une puce AtMega328. Il existe plusieurs modèles d'Arduino

Il y a plusieurs méthodes qu'on peut utiliser pour afficher les résultats des mesures. Dans notre cas, nous avons opté pour l'internet des objets (IOT). Après le choix de l'internet des objets pour afficher les résultats, la dernière étape est de choisir un site permettant l'affichage des résultats en temps réel et nous avons opté pour le site "ThingSpeak". Le site ThingSpeak est une entreprise qui propose différents services exclusivement destinés à la construction d'applications IoT.

La plate-forme d'IOT permet de:

- Collecter les données en temps réel (fréquence supérieure ou égale à 15 secondes)
- Visualiser les données collectées sous forme de graphes
- Créer des plugins et des applications pour collaborer avec des web services, des réseaux sociaux et d'autres APIs

Ensuite, il sera question de créer un projet qui permettra d'envoyer les informations de nos Capteurs vers ThingSpeak, en suivant les étapes suivantes:

- S'inscrire - créer un Channel
- Créer cinq "Fields" dans le Channel
- Récupérer la clé de mise à jour (API Key; Write KEY)

5.2 PRESENTATION DE L'ARCHITECTURE DU NOUVEAU SYSTEME

Ce système est divisé en trois parties, la première partie c'est les capteurs qui reçoivent les phénomènes physiques (température, humidité, la lumière du soleil), la deuxième partie c'est l'unité de traitement des données (Arduino UNO) et la dernière partie est l'unité de transmission des données (NodeMCU ESP32).

5.2.1 FONCTIONNEMENT DU SYSTEME D'IRRIGATION

Notre système sert à améliorer le taux de production du potager en faisant la récolte d'informations des paramètres de terrain agricole tel que le degré de température, l'ensoleillement, en outre le taux d'humidité du sol, afin de les comparer à des valeurs fixées au préalable.

Le système gère trois blocs, un bloc d'acquisition d'informations dont on a mis en place un réseau de capteurs constitué d'un capteur de température et d'humidité de sol, capteur de niveau d'eau et un capteur de luminosité, qui sont connectés à une carte Arduino Uno. Ces capteurs de mesures se chargent de la récolte d'informations des paramètres de terrain agricole qui sont transmis par la suite via le module NodeMCU ESP32 émetteur (transmission sans fil) vers le cloud computing. Le dernier est le bloc ayant comme objectif d'envoyer les données vers une plate-forme ThingSpeak, Il collecte les données en temps réel, il permet la visualisation des données collectées sous forme de graphique, et collabore avec des services Web.

On ajoute sur terrain un écran LCD pour l'affichage des valeurs paramétriques de notre système.

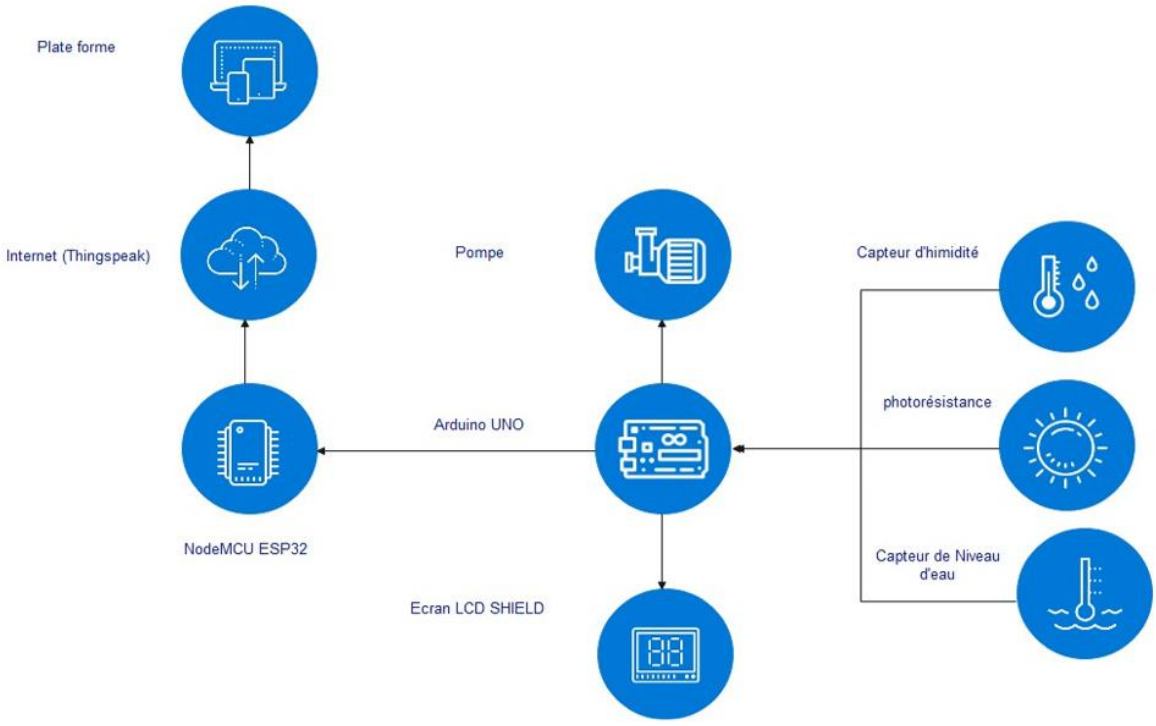


Fig. 2. Fonctionnement du système d'irrigation

5.2.2 PRESENTATION DE LA PARTIE PHYSIQUE

5.2.2.1 LE MICROCONTROLEUR ARDUINO

Un microcontrôleur est un système qui ressemble à un ordinateur: il a une mémoire, un processeur, des interfaces avec le monde extérieur. Les microcontrôleurs ont des performances réduites, mais sont de faible taille et consomment peu d'énergie, les rendant indispensables dans toute solution d'électronique embarquée (voiture, porte de garage, robots,…). La carte Arduino n'est pas le microcontrôleur le plus puissant, mais son architecture a été publiée en open-source, et toute sa philosophie s'appuie sur le monde du libre, au sens large.

NodeMCU ESP32**:** Ce microcontrôleur dispose d'interfaces WiFi et Bluetooth idéales pour les objets connectés. Des connecteurs latéraux mâles et femelles permettent d'enficher le module sur une plaque de montage rapide. L'interface sans fil Wifi permet la création de point d'accès sans fil, l'hébergement d'un serveur, la connexion à internet et le partage des données par exemple.

Le module se programme directement à partir de l'IDE Arduino (installation d'une extension nécessaire) et nécessite un cordon micro (non inclus). Son implantation le rend compatible avec les plaques de connexions rapides.

Ecran LCD Keypad: L'afficheur LCD est devenu indispensable dans les systèmes techniques qui nécessitent l'affichage des paramètres de fonctionnement. Cet Afficheur permet d'afficher des lettres, des chiffres et quelques caractères spéciaux. L'afficheur LCD alphanumérique présente une solution facile d'emploi et bon marché de doter notre projet d'une interface indépendante du PC.

Vu de l'extérieur, les écrans LCD alphanumériques sont essentiellement caractérisés par leur taille. Pour notre étude nous utiliserons le modèle LCD Keypad Shield ayant 2 lignes et 16 colonnes d'affichage.

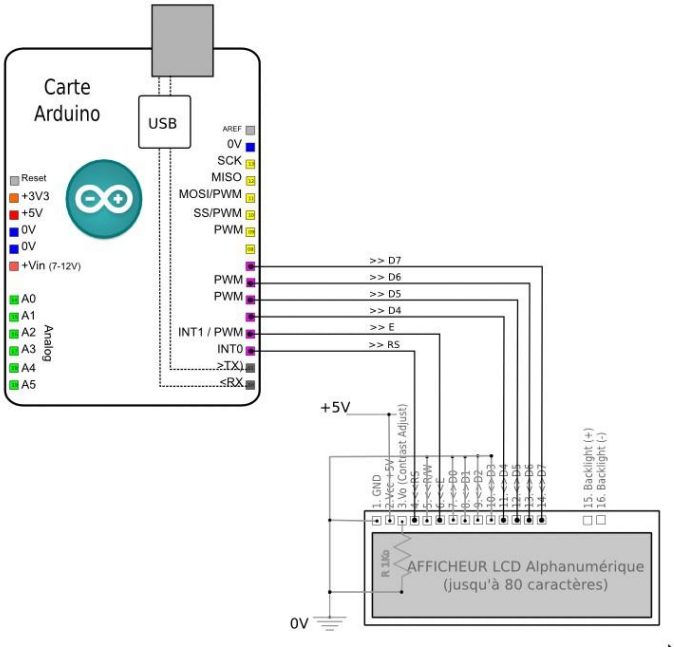


Fig. 3. Schéma Arduino et LCD Keypad

5.2.2.2 LES CAPTEURS

Le capteur de niveau d'eau (ST045): Est un capteur d'eau analogique, ce capteur travaille sur le principe de mesure de la taille des traces de gouttelettes d'eau à travers la ligne avec une série de fils parallèles exposés à la quantité d'eau pour simuler la deuxième plasticité basée sur les valeurs analogiques de sortie du capteur troisième, puissance, faible consommation, haute sensibilité, directement connecté à un microprocesseur ou à d'autres circuits logiques.

Ce module didactique délivre une tension analogique en fonction du niveau d'eau grâce à ses pistes imprimées. Le capteur délivre "700" lorsque le niveau est au maximum et "450" lorsque le niveau est au plus bas.

Le capteur de niveau d'eau fonctionne grâce à une série de traces de cuivre exposées, reliées à la terre, entrelacées de traces de détection. Ces traces fonctionnent comme une résistance variable. La présence d'eau sur le capteur entraine un court-circuit entre ces traces ce qui permet de détecter sa présence. Il convertit le niveau d'eau en sortie analogique directement exploitable par un microcontrôleur. La valeur du signal dépend du niveau d'immersion du capteur.

Le capteur de niveau d'eau possède 3 broches:

- GND la masse reliée à la masse de l'Arduino
- Vcc l'alimentation reliée au 5V de l'Arduino (fonctionne avec une alimentation comprise entre 2 et 5V)
- La sortie analogique S, reliée à une broche analogique de l'Arduino

Capteur Humidité et Température DHT 22: Ce capteur d'humidité et de température est très rependu dans le contrôle de climatisation, il est constitué d'un capteur de température à base de NTC et d'un capteur d'humidité résistif, un microcontrôleur s'occupe de faire les mesures, les convertir et de les transmettre.

Le capteur de température et d'humidité DHT22 (ou RHT03) communique avec un microcontrôleur via un port série. Le capteur est calibré et ne nécessite pas de composants supplémentaires pour pouvoir être utilisé. Il utilise un capteur d'humidité capacitif et une thermistance pour mesurer la température et l'humidité de l'air et la transmet d'une manière numérique sur un bus série, il se contacte facilement au microcontrôleur grâce à un signal numérique sur un seul fil Les données sont actualisées toutes les deux secondes.

- Alimentation: 3,3 à 6 Vcc
- Consommation maxi: 1,5 mA
- Consommation au repos: 50 µA
- Plage de mesure
  - Température: -40 à +80 °C
  - Humidité: 0 à 100 % RH
- Précision
  - Température: ± 0,5 °C
  - Humidité: ± 2 %

Capteur de luminosité: Un capteur de luminosité (ou photorésistance) est un composant électronique, dont la résistivité varie suivant le niveau de luminosité.

La photorésistance LDR est montée dans un pont diviseur. Dans l'obscurité, sa résistance est très élevée. Pratiquement toute la tension Vcc (3,3v) se retrouve à ses bornes. Le potentiomètre sert à régler la tension envoyée sur l'entrée inverseuse du comparateur LM393.

Lorsque la LDR est dans l'obscurité, la tension sur l'entrée **+** est supérieure à celle présente sur l'entrée **–**. La tension de sortie du comparateur vaut alors +3,3v. C'est cette tension qui est présente sur D0. La LED D2 reçoit sur son anode une tension de 3,3v et sur sa cathode la même tension de 3,3v. Il n'y a aucune différence de tension à ses bornes, elle est donc éteinte.

A la lumière, la résistance de la LRD est très faible. L'entrée **+** est pratiquement à la masse. La tension sur l'entrée **+** est inférieure à celle présente sur l'entrée **–**. La tension de sortie du comparateur vaut alors 0v. C'est cette tension qui est présente sur D0. La LED D2 reçoit sur son anode une tension de 3,3v (via une résistance de limitation) et sur sa cathode une tension de 0v, C'est comme si la cathode était reliée à la masse du montage. Un courant circule dans la LED, limité par la résistance en série avec la LED.

5.2.2.3 ACTIONNEUR

Un actionneur est un dispositif qui transforme l'énergie qui lui est fournie en un phénomène physique définissant un travail, modifiant le comportement ou l'état d'un système, entre autres:

- Lumière à partir d'un courant électrique (diode électroluminescente, lampe…)
- Sons à partir d'un courant électrique (vibreur, avertisseur sonore…)
- Champ magnétique à partir d'un courant électrique (électro aimant)
- Rayonnement infrarouge à partir d'un courant électrique (diode émissive infrarouge)
- Chaleur à partir d'un courant électrique (résistance chauffante)
- Mouvement à partir d'un courant électrique (moteur électrique)

5.2.2.4 POMPE IMMERGEE

Une pompe immergée est une petite pompe utilisée pour déplacer l'eau ou tout autre liquide. Cette pompe submersible est placée dans le liquide, où un tuyau de 7,5 mm peut être placée sur la sortie et connectée pour propulser l'eau jusqu'à 1 mètre.

La topographie et la longueur du champ ont un effet sur l'uniformité de distribution de l'eau [5].

Le fluide est aspiré axialement, sous l'effet de la rotation d'une roue, munie d'ailettes ou d'aubes, dans le corps de la pompe où il est accéléré radialement dans l'aube avant d'être refoulé. L'arbre est mis en mouvement grâce à un moteur électrique.

C'est dans les années 50 que l'irrigation par aspersion se généralise avec l'introduction d'ailes mobiles d'arrosage équipées d'arroseurs rotatifs à moyenne pression et de moyenne portée [6].

5.2.3 PRESENTATION DE LA PARTIE LOGICIELLE

5.2.3.1 ARDUINO IDE

Arduino Integrated Development Environment (IDE), L'environnement de développement intégré Arduino est une application multiplateforme qui est écrite dans des fonctions de C et C ++. Il est utilisé pour écrire et télécharger des programmes sur des cartes compatibles Arduino, mais aussi, avec l'aide de cœurs tiers, d'autres cartes de développement de fournisseurs.

L'IDE Arduino permet:

- D'éditer un programme: des croquis (*sketch* en Anglais), *les programmes sont écrits en langage C*
- De compiler ce programme dans le langage « machine » de l'Arduino, la compilation est une traduction du langage C vers le langage du microcontrôleur
- La console donne des informations sur le déroulement de la compilation et affiche les messages d'erreur
- De téléverser le programme dans la mémoire de l'Arduino, le téléversement (upload) se passe via le port USB de l'ordinateur un fois dans la mémoire de l'Arduino, le logiciel s'appelle un microgiciel
- La console donne des informations sur le déroulement du téléversement et affiche les messages d'erreur
- De communiquer avec la carte Arduino grâce au terminal (ou moniteur série). Pendant le fonctionnement du programme en mémoire sur l'Arduino, il peut communiquer avec l'ordinateur tant que la connexion est active (câble USB,…)

5.2.3.2 THINGSPEAK

ThingSpeak est une plate-forme fournissant divers services exclusivement ciblés pour la construction d'applications IOT. Il offre les capacités de collecte de données en temps réel, la visualisation des données collectées sous forme de tableaux, la possibilité de créer des plugins et des applications pour collaborer avec des services Web, des réseaux sociaux et d'autres API. Nous examinerons chacun de ces éléments en détail.

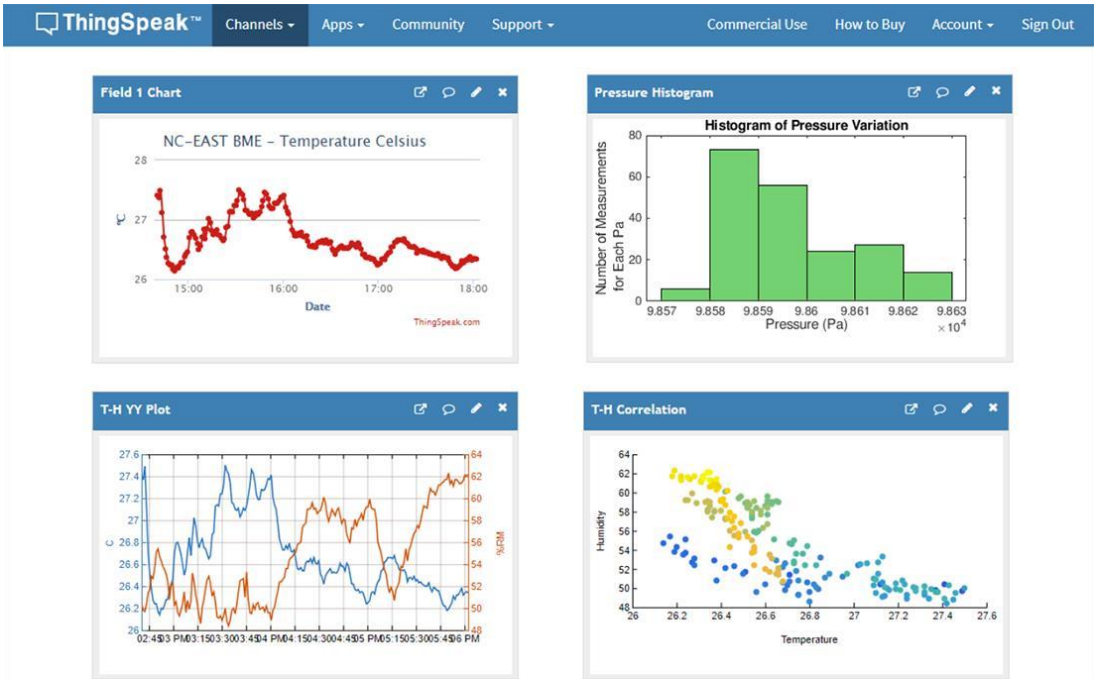


Fig. 4. Interface de la plateforme ThingSpeak

5.2.3.3 NAVIGATEUR WEB

Un navigateur web est un logiciel conçu pour consulter et afficher le World Wide Web. Techniquement, c'est au minimum un client HTTP. Il existe de nombreux navigateurs web, pour toutes sortes de matériels (ordinateur personnel, tablette tactile, téléphones mobiles, etc.) et pour différents systèmes d'exploitation (GNU/Linux, Windows, Mac OS, iOS et Android).

6 IMPLEMENTATION DE LA SOLUTION

Pour implémenter la nouvelle solution, nous avons besoin des matériels adéquats (cités précédemment) pour réaliser notre maquette et la faire fonctionner évidemment après avoir embarqué les programmes dans les deux cartes Arduino Uno et NodeMCU ESP32. Les capteurs collectent des données atmosphériques sur le terrain agricole, ces données seront envoyées au microcontrôleur Arduino Uno puis, la carte Arduino va envoyer les données vers la carte NodeMCU ESP32, la carte ESP32 à son tour, va envoyer les données sur la plate-forme ThingSpeak afin de prendre les mesures nécessaires comme déclencher l'actionneur (pompe).

Voici les différentes étapes à observer dans la réalisation du système:

- Monter les modules;
- Créer un compte sur ThingSpeak.com;
- Utilisation du logiciel Fritzing pour dessiner le schéma électronique;
- Ecrire le code d'Arduino qui permet d'envoyer les données des capteurs à travers l'IOT aux chaines de ThingSpeak;
- Afficher les données des capteurs des graphes sur ThingSpeak

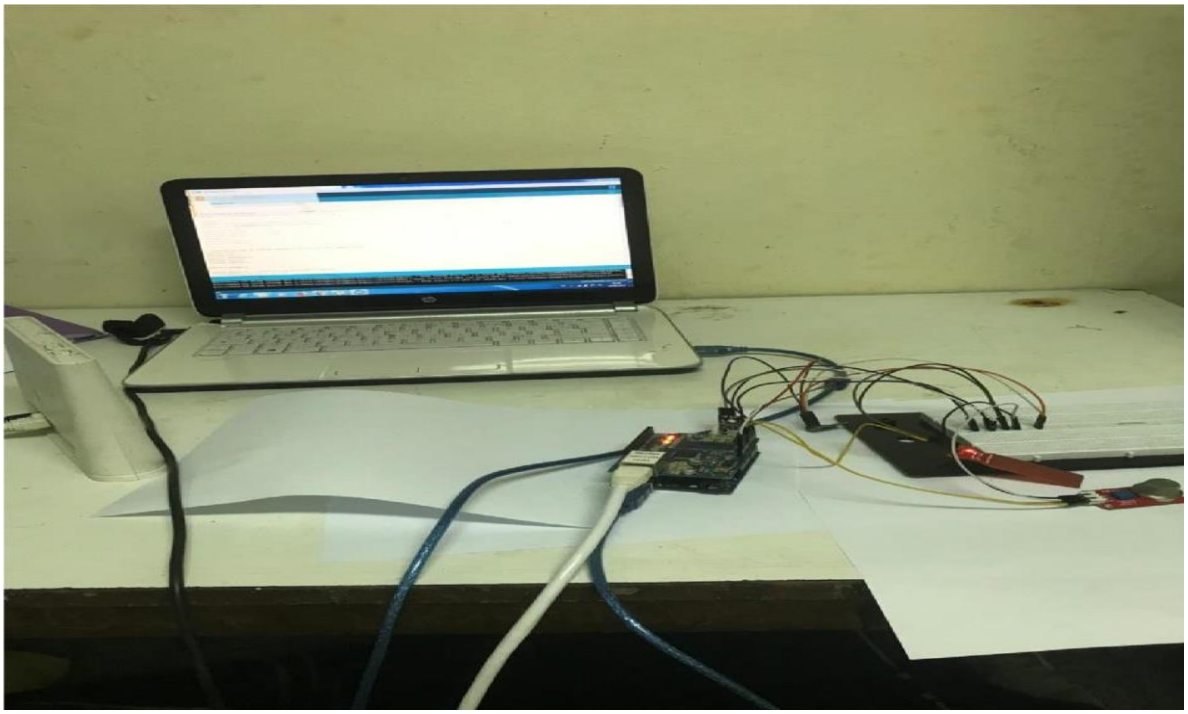


Fig. 5. Interface Arduino-PC par câble USB

Le programme de gestion des données permet d'afficher toutes les valeurs en temps réel de chaque capteur utilisé chaque deux secondes sur une fenêtre du moniteur sérié.

Voir sur la figure suivante la variation des paramètres de notre milieu suivant deux instants différents.

```
Humidite: 67.80 % Temperature: 27.60 *C 81.68 *F Indice de temperature: 29.67 *C 85.40 *F
teneur en gaz 132
humidite du sol 270
quantite de lumiere: 3154 lux
```

```
quantité de la lumière=93.00 %
Read sensors' values...
Temp=28.00 *C
Humidity=66.60 %
gaz=101.00 %
tenneur en eau=6.00 %
quantité de la lumière=95.00 %
```

Fig. 6. Variation des paramètres suivant deux instants différents sur le port série

- **Affichage des résultats sur les pages web**

Dans notre étude, nous avons réalisé un programme permettant de créer une page web pour la surveillance en temps réelle de nos paramètres environnementaux. Pour accéder à cette page web l'utilisateur doit avoir une adresse IP statique dans le sous-réseau créer par le modem route. Notre adresse IP est 192.168.8.4.

Voir sur la figure suivante la variation des paramètres de notre milieu entre deux instants différents.

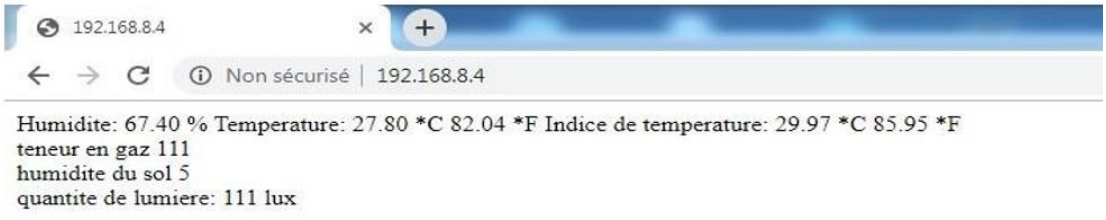


Fig. 7. Variation des paramètres suivant deux instants différents sur une page web

- **Affichage des résultats sur la ThingSpeak**

Après le choix de l'internet des objets pour afficher les résultats, on a choisi le site "**ThingSpeak**" pour afficher les résultats en temps réel. Le site ThingSpeak est une entreprise qui propose différents services exclusivement destinés à la construction d'applications IoT. Voir l'interface de ma chaine privée créer sur ThingSpeak

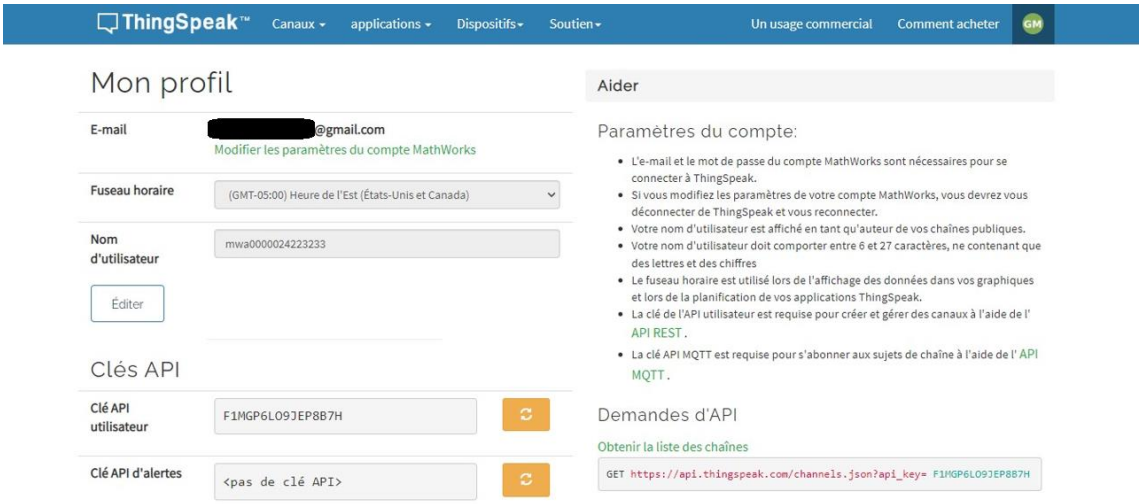


Fig. 8. Interface de ma chaine privée créer sur ThingSpeak

La figure ci-dessous montre le serveur ThingSpeak avec les algorithmes de traitement des données, on peut suivre les valeurs des capteurs sous forme de graphes, cette plateforme d'IoT compatibles avec plusieurs microcontrôleurs et processeurs.



Fig. 9. Interface de visionneur sur plateforme de ThingSpeak du DHT22



Fig. 10. Interface de visionneur sur plateforme de ThingSpeak du Capteur de niveau d'eau



Fig. 11. Interface de visionneur sur plateforme de ThingSpeak du BH1750

7 CONCLUSION

Au terme de cette étude qui a porté sur l'implémentation d'un système d'irrigation intelligent, capable de résoudre les problèmes d'arrosage auxquels sont confrontés les maraîchers de la ville de Lubumbashi, qui trouveront un outil indispensable dans l'accroissement de la productivité dans ce domaine agricole.

En partant du constat que les nouvelles technologies de l'information et de la communication, sont en pleine croissance et qu'elles ont des impacts considérables dans le secteur agricole des pays en voie de développement dont notamment, la RDC**.** Nous nous sommes intéressés au processus d'intégration du numérique dans l'irrigation, d'où, notre problématique a gravité autour de deux préoccupations dont l'une sur l'amélioration de conditions d'arrosage dans la culture maraîchère et l'autre sur les moyens à mettre à la disposition des maraîchers de la ville de Lubumbashi afin d'accroître la productivité.

Après une analyse rigoureuse du système d'irrigation existant, nous avons mis en place un nouveau système dont toutes les valeurs de capteurs sont envoyées à ThingSpeak.com qui fournit un très bon outil pour les projets Arduino basés sur IoT, grâce au site ThingSpeak,

nous pouvons surveiller nos données sur Internet à partir de n'importe quel endroit en utilisant la nouvelle technologie Arduino sur la base de son matériel et son logiciel Open Source, ce système est connecté à Internet en utilisant un module NodeMCU ESP32.

D'où, le nouveau système d'irrigation proposé permettra aux agriculteurs d'augmenter le rendement de l'agriculture et à s'occuper efficacement de la production alimentaire, car il leur sera toujours utile pour obtenir une alimentation précise de la température ambiante et de l'humidité du sol et d'autres paramètres avec plus de précision dans les résultats; ce qui résout les problèmes relevés.

REFERENCES

[1] FAO, Govt. DR Congo, WFP, Sécurité alimentaire, niveau de production agricole et Animale, Évaluation de la Campagne Agricole 2017-2018 et Bilan Alimentaire du Pays, Rapport Août 2018.
[2] Plauchu, Economies de l'environnement, 2004.
[3] SMITH M., MUNOZ G., ALVAREZ J. S., Technique d'irrigation pour les agriculteurs à petite échelle: Pratiques clés pour les praticiens de la RRC/FAO, 2014.
[4] CALCET c., ARRUFAT A., MAZOLLIER C, Maîtriser son irrigation en maraîchage biologique, Circuits courts biG en languesdoc Roussiller-sud & Bio, 2016.
[5] NADON S., BERGERON D., BOIVIN C., VALLEE J., Création et validation d'un Feuillet technique sur la performance de système d'irrigation par aspersion et goutte à goutte en champ, 2016.
[6] ZELLA L., SMADHI D., Evolution de l'irrigation, 2007.

International Journal of Innovation and Applied Studies
ISSN 2028-9324 Vol. 39 No. 2 Apr. 2023, pp. 655-666
© 2023 Innovative Space of Scientific Research Journals
http://www.ijias.issr-journals.org/

Short-term effect of calcined phosphate rock on soil macrofauna diversity and abundance in lixisol in a semi-arid area of Burkina Faso

Boubacar Traore[1-2], Mamoudou Traore[1], Sibiri Birba[1], Hassan Bismarck Nacro[2], Papa Saliou Sarr[3], and Badiori Ouattara[1]

[1]Département Gestion des Ressources Naturelles et Systèmes de Production, Centre National de la Recherche Scientifique et Technologique, Institut de l'Environnement et de Recherches Agricoles (CNRST, INERA), 01 BP 476 Ouagadougou 01, Burkina Faso

[2]Laboratoire d'étude et de recherche sur la fertilité du sol, Université Polytechnique de Bobo-Dioulasso, 01 BP 1091 Bobo-Dioulasso, Burkina Faso, Burkina Faso

[3]Crop, Livestock and Environment Division, Japan International Research Center for Agricultural Sciences, Tsukuba, Japan

Copyright © 2023 ISSR Journals. This is an open access article distributed under the ***Creative Commons Attribution License***, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

ABSTRACT: Soil fauna significantly influences soil properties. Organic and inorganic fertilization in agriculture, including the amendment with phosphate rock, may affect its presence in soils. This study evaluated the effect of calcined phosphate rock associated with organic matter on the abundance and diversity of soil macrofauna in semi-arid areas of Burkina Faso. Nine treatments were replicated four times each and applied in a complete randomized block design in sorghum and cowpea fields. These treatments were: absolute control (Control) without fertilizer, control with organic matter only (OM), Burkina Phosphate Rock (BPR) with 23 P $ha^{-1,}$ calcined phosphate rock (CPR with 23 P kg ha^{-1}), Triple super phosphate (TSP), complex fertilizer (NPK), CPR ½ +TSP ½, CPR ¾ +TSP ¼, CPR ¼ +TSP ¾ Urea provided N, and KCl supplied K in the BPR and TSP treatments. P was supplied by Triple Super Phosphate (TSP) in the TSP treatment. K and P were supplied by the complex fertilizer NPK in NPK treatment. Results showed that BPR and CPR did not significantly (P>0.05) improve soil fauna abundance and diversity after two years. Four orders, Coleoptera, Haplotaxida, Hymenoptera, and Isoptera, were largely dominant (more than 50 %) in all treatments, crops, and years. The population diversity of soil macrofauna rises from 0.98 (2021) to 1.49 (2022) in the sorghum field and from 1.16 (2021) to 1.63 (2022) in the cowpea field. Soil macrofauna numbers rise from 24.64 ind/m^2 (2021) to 39.59 Ind/m^2 (2022) in the cowpea field. Our findings suggest that cultivated soil fauna can be managed more appropriately with fertilizers from phosphate rock by combining organic matter application and cereal-legume associations.

KEYWORDS: Sorghum, cowpea, calcined phosphate, soil macrofauna, Burkina Faso.

1 INTRODUCTION

Most soils in Burkina Faso are of lixisol type, with more than 40% high in iron and manganese sesquioxides [1]. Soil acidity explains the unavailability of phosphorus in many sub-Saharan African croplands as soluble phosphorus, regardless of the source, reacts very strongly with iron (Fe) and aluminum (Al) to form insoluble Fe and Al phosphates in acid soils [2]. In addition to these limitations in soil properties, the smallholder farming system in sub-Sahara Africa suffers from exporting crop residues for domestic uses, which further decreases soil fertility, causes low investments, and causes weak integration between livestock and crop production. In sub-Saharan Africa in general and Burkina Faso in particular, several constraints limit the use of mineral fertilizers to increase soil productivity and crop production. Among these are soaring fertilizer prices, low availability in the market, low value-cost ratio (VCR), and low profitability [3].

Also, the high use of chemical fertilizers and pesticides is known to harm soil biodiversity [4]. Many studies demonstrated that fertilizer management without chemical pollution increases the biodiversity of beneficial organisms, restores the sustainable use of degraded lands, and ensures a healthy ecosystem and maximal crop productivity ([5]; [6]). The composition, abundance, diversity, and species richness of soil macro-fauna communities are affected by land use, agricultural activities, and fertilizer forms [7]. Management practices (e.g., crop rotation, tillage, organic resource use, and application of agrochemicals such as pesticides, herbicides, and inorganic fertilizers) can cause positive or negative changes in species composition, community structure, and population size [8]. Some of the adverse effects of management practices reported in many studies may be a decline in soil macrofauna populations' the abundance and or biomass and the elimination or reduction of species playing a pivotal role in ecosystem processes [9]. Tropical soils under annual cropping are often depleted in macrofaunal communities regarding biomass and species diversity, possibly owing to declines in soil organic matter quantity and quality [9]. To reduce the negative effect of chemical fertilizers and build a sustainable production system, using organic materials and biodegradable resources combined with

Corresponding Author: Boubacar Traore

chemical fertilizers, including using phosphate rocks has been suggested. However, Burkina phosphate rocks have low agronomic effectiveness, low phosphorus solubility and availability, and high silicate content [10].

Recently, some technologies, including phosphate rock acidulation, phospho-composting, association with chemical fertilizers, and calcination ([11], [12]), have suggested improving the effectiveness of Burkina phosphate rock by increasing the level of the soluble P fraction and reducing the content in silica. These fertilizer types have proven their effectiveness in increasing soil P content and improving crop yields ([11], [13]). However, only some studies have focused on their effect on the structure and composition of soil organisms, especially the soil macrofauna. It is well known that the direct application of raw Burkina phosphate rock (BPR) combined with organic matter improves soil earthworm activity, mainly due to the promotion of nutrient cycling and soil nutrients. Duponnois et al. [14] reported that the root biomass of *Acacia seyal* was significantly enhanced with *Macrotermes* + rock phosphate application. The increase was linked to the contribution of phosphate rock, which may give the plants and soil organisms more nutrients. These authors showed that soil amendment with phosphate rock and termite mounds promotes the development of some microbial communities. Maintaining a significant and diverse biological activity in ecosystems, especially in agricultural soils, is essential for sustainable crop production. Since phosphate rock positively associates with soil macrofauna, it would be interesting to study the changes in soil fauna diversity using the new fertilize types produced using Burkina phosphate rock. We conducted this study to evaluate the effect of calcined phosphate rock associated with organic matter on soil macrofauna abundance, diversity, and crop production in semi-arid soil cultivation. We hypothesize that soil fauna diversity and abundance will change in the short-term following the application of calcined phosphate rock and organic matter. We also prospect that calcined phosphate rock does not harm soil macrofauna activity in lixisols.

2 MATERIALS AND METHODS

2.1 STUDY AREA

The field experiment was conducted at the Environmental and Agricultural Research and Training Center (CREAF) in Kamboinsé (latitude 12° 28N, longitude 1° 32W with an elevation of approximately 296 m from sea level) in the central region of Burkina Faso. According to Ibrahim [15], the climate of Kamboinsé is a North Sudanese type and is set between 600 mm and 900 mm isohyets. The area is characterized by a dry season of seven (7) months from November to May and a rainy season of five (5) months (June to October). The annual rainfall was 749.9 mm in 2021 and 1114.7 mm in 2022. During the cultivation periods in 2021 and 2022 (June to September), climatic data were collected and shown in Fig. 1. The soil in the study site is classified as leached tropical lixisol underlain on deep sandy materials and inherited low humus pseudogley hydromorphic soils associated with lithosol on ferruginous cuirass [16]. The soil has low contents of organic matter (< 1%), nitrogen (≈ 0.7 g kg^{-1}), and available phosphorus (≈ 15 mg kg^{-1}), with low water retention capacity [17].

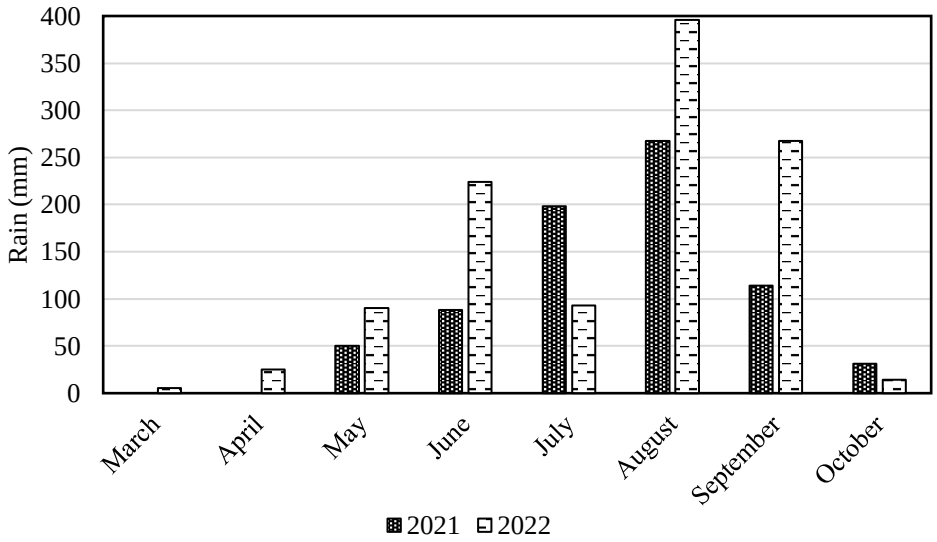


Fig. 1. Rainfall at the study site in 2021 and 2022 cropping seasons

2.2 EXPERIMENTAL DESIGN AND CROPS CULTIVATION

The experimental design was a randomized fisher block with four replications. The plot dimensions were 5 m x 4 m-. Seven (07) treatments were compared to absolute control (Control) and control with organic matter (OM) only. The seven treatments consisted of Burkina Phosphate Rock (BPR) with 23 P kg $ha^{-1,}$ calcined phosphate rock (CPR with 23 P kg ha^{-1}), Triple Super Phosphate (TSP), complex

fertilizer (NPK), CPR ½ +TSP ½, CPR ¾ +TSP ¼, CPR ¼ +TSP ¾. Urea provided N, K was supplied by KCl for BPR and TSP treatments, and P was supplied by Triple Super Phosphate (TSP) in the TSP treatment and by NPK. K and P were supplied by the complex fertilizer NPK in the NPK treatment. Similar amounts of N (60 kg ha^{-1}), P (23 kg ha^{-1}), and K (14 kg ha^{-1}) were applied in all treatments, excluding the two controls. Composted cow manure provided organic matter (2.5 t ha^{-1}) in all treatments except the absolute control. Improved seed varieties of sorghum (Kapelga) and cowpea (Komcallé) were sown, and the plant spacing for both crops was 80 cm × 40 cm in all plots. During the second cultivation season, the same plots and treatments were maintained in the same place. After crop harvest, stalks were removed from the plots to retain the integrity of the applied treatments in preparation for the subsequent seasons. Soil and fertilizers used properties are shown in Table 1. The soil used for this experimentation has a low content of organic matter (<1%) and CEC (<10 meq 100 g^{-1}), according to [18].

Table 1. Chemical characterization of organic matter, phosphate rock, calcined phosphate, and the upper soil layers (0-10 and 10-20 cm)

Parameters	P_2O_5	K_2O	C	N	C/N	pH (H_2O)
			%			
Soil (0-10 cm)	0.05	0.12	0.57	0.02	28.50	7.23
Soil (0-20 cm)	0.02	0.11	0.49	0.02	24.50	7.16
Calcined phosphate	23.20	7.56	-	-	-	14.00
Phosphate rock	28.30	0.22	0.39	-	-	7.40
Compost	0.810	0.87	23.59	0.87	27.11	7.54

2.3 SAMPLING

Soil fauna inventory was carried out using the Tropical Soil Biology and Fertility (TSBF) method recommended by [19] at 60 days after sowing for sorghum and 30 days after sowing for cowpea during raining season in each plot. We collected one soil monolith from 7: 00 to 11: 00 am in each micro plot using a metal frame of 25 cm x 25 cm x 30 cm to assess the soil macrofauna. The metal frame was inserted to a depth of 0-20 cm, and all macroinvertebrates visible to the naked eye at this depth were removed, fixed in 70° alcohol, and brought to the laboratory for identification. Depending on the treatment, a binocular microscope with an identification key was used to identify the macrofaunal order, family, genus, and species. This identification allows for determining soil fauna parameters such as abundance and diversity.

The abundance of macrofauna was expressed by the average number of individuals collected per plot and density. Two indices were used to assess macrofauna diversity. The first index is the Shannon-Weaver index (H'), which considers the number of taxa encountered. H' value is given by the following equation [20]:

$$H' = -\sum_{i=1}^{s} \mathrm{Pi} \times \log 2\ (\mathrm{Pi})$$

where P is the probability of encountering a taxon *i* on a plot which is calculated as follows: $Pi = \frac{ni}{N}$, and *ni* is the number of individuals for species *i* and *N* is the total number of species.

H' is zero when only one of the groups is present. Its value is maximal when all have the same abundance [21]. The second index, Equitability (E) or regularity, measures the fair distribution of taxa and allows comparing stands with different numbers of taxa to observe the balance of the macrofauna population. Its value is given by the following formula [22]:

$$\mathrm{E} = \frac{\mathrm{H}'}{\log 2\ (\mathrm{s})}$$

Where (s) is the total number of taxa encountered on the plot. The Equitability (E) tends to 0 when a taxon dominates and is equal to 1 when all taxa have the same abundance [21].

2.4 DATA ANALYSIS

Soil fauna data was entered into Excel spreadsheets and subjected to analysis of variance (ANOVA) using GENSTAT statistical software (GENSTAT 11.1 2009). When the p-value was significant (p< 0,05), mean differences were compared using the Newman-Keuls comparison test. Graphs were made using GraphPad software or excel.

3 RESULTS

3.1 ABUNDANCE AND COMPOSITION OF SOIL MACROFAUNA ORDER PER TREATMENT AND CROPS

In the sorghum field, the average density was higher under phosphate rock application (63.1 ± 41.8 number/m^2) in the first year and under calcined phosphate rock in the second year (40 ± 9.07 number/m^2). The average macrofauna density in the cowpea field was abundant under the organic matter treatment (43.43 ± 14.17 number/m^2) in the first year and under calcined phosphate rock in the second year (62.86 ± 15.5 number/m^2). However, no significant difference was observed among all treatments. Generally, for some treatments, the soil macrofauna density increased in 2022 compared to 2021 for both crop fields. Significant differences were found among abundance means of 2021 and 2022 in the cowpea field ($P < 0.05$), contrasting with the sorghum field. Furthermore, the average macrofauna abundance in the cowpea plots increased from 24.64 number/m^2 in 2021 to 38.59 number/m^2 in 2022 compared to sorghum plots (Table 2).

Tables 3, 4, 5, and 6 show that the four macrofauna orders, Coleoptera, Haplotaxida, Hymenoptera, and Isoptera, dominated the two crops during the two-year survey in all treatments. The number of families and species of Coleoptera and Haplotaxida increased during the second year. The observed families of the Coleoptera order comprised the Carabidae, Scarabaedae, and Tenebrionidae in the first year and Anthicidae, Carabidae, Chrysomelidae, Pselaphidae, Scarabaeidae, Staphylinidae, Tenebrionidae, and Trogositidae in the second year in the cowpea field. In the sorghum field, the Coleoptera order was composed of the Carabidae, Coccinellidae, Elateridae, Scarabaeidae, and Tenebrionidae order in the first year, and Carabidae, Geotrupidae, Lucanidae, Scarabaeidae, Staphylinidae, and Trogidae in the second year. The macrofauna families of the Haplotaxida order found in the cowpea field were Lumbricidae, Octochaetidae for the first year, and Acanthodrilidae Lombricidae, Lumbricidae, Octochaetidae in the second year. The Hymenoptera order contained the Formicidae family only for crops and year. However, the sorghum field which also contained the Sphididae family in the first year. Termitidae was the only family of the Isoptera order present in both crops during the two years. These dominant four orders (Coleoptera, Haplotaxida, Hymenoptera, and Isoptera) represented more than 50 % of soil macrofauna n the study area. Soil macrofauna for 2021 in the sorghum field was dominated by the Isoptera, especially in the treatments it was found. However, in the same treatment (BPR, CPR, CPR ¾ +TSP ¼), Isoptera decreased or was absent in 2022. The cowpea soil in 2021 and 2022 was inhabited by a higher number of dominant orders in the NPK treatment, with 408 individuals/m^2 and 928 individuals/m^2, respectively. In the first year, the calcined phosphate rock treatment showed the highest macrofauna number (576 individuals/m^2) in the sorghum field. In the second year, the highest number was found in the NPK treatment (528 number/m^2). Nine (09) orders and fourteen (14) families were found in the cowpea field in 2021 (Table 3), and ten (10) orders and twenty-six (26) families were found in the same field in the second year (Table 4). Eleven (11) orders and twenty-one (21) families were found in the sorghum field in the first year (Table 5). Compared to the cowpea field, this number decreases during the second year. Indeed, eleven orders (11) and nineteen families were found in the sorghum field for the second year (Table 6).

Table 2. Abundance of macrofauna (number/m²) according to treatments, crops and years

Treatments		Sorghum 2021	Sorghum 2022	Cowpea 2021	Cowpea 2022
Control		23 ± 8.86	30 ± 3.8	17.00 ± 3.53	27.64 ± 5.74
OM		18.18 ± 4.46	29.54 ± 5.9	43.43 ± 14.17	42.67 ± 12.5
BPR		63.1 ± 41.8	28.31 ± 6.81	23.43 ± 4.31	24 ± 4.13
CPR		38.4 ± 16.9	40 ± 9.07	23.00 ± 6.49	62.86 ± 15.5
CPR ¾ +TSP ¼		48 ± 22.3	34.91 ± 8.02	17.78 ± 6.9	28.80 ± 3.2
CPR ½ +TSP ½		37.7 ± 19.4	32 ± 5.56	21.14 ± 6.25	28 ± 5.9
CPR¼ +TSP ¾		17 ± 1.8	25.41 ± 5.8	19.43 ± 6.14	61.54 ± 18.55
TSP		32 ± 8.52	34.46 ± 10	18.13 ± 3.78	34.46 ± 9.03
NPK		21.33 ± 8.81	29.33 ± 5.52	40.80 ± 10.08	44.19 ± 10.05
Treatments	**Probability**	0.66	0.95	0.16	0.24
Year	**Mean**	29.27	30.83	24.64	38.59
	Probability	**0.53**		**0.002**	

OM: Organic Matter, CPR: calcinated phosphate rock, BPR: Burkina Phosphate rock, TSP and NPK are soluble fertilizers, Number/m²: Individuals number per meter square

Table 3. Soil Macrofauna abundance (number/ m²) identified in cowpea field (2021)

Orders	Family	Control	OM	BPR	CPR	CPR ¾ +TSP ¼	CPR ½ +TSP ½	CPR¼ +TSP ¾	TSP	NPK	% Total
Araneae	Agelinidae						8	16			1
	Hahaniidae	16									1
	Nemisiidae									16	1
Coleoptera	Carabidae	80	72	56	104	8	32	48	72	8	21
	Scarabaedae	8		80		40	8	16	24	32	9
	Tenebrionidae			32		16	8		8		3
Diplopoda	Iulidae						8				0
Haplotaxida	Lumbricidae			16			8		40	48	5
	Octochaetidae	8	120	48	40		16	136	64	64	21
Hymenoptera	Formicidae	8		32	16	96	176	24	16	88	20
Isoptera	Termitidae		112		16			8	16	88	10
Orthoptera	Tetrigidae			8							0
Polidesmida	Paradoxosomatidae						8	16	24		
Webspinners	Embiidinae	16		40			24		8	64	7
Total		136	304	312	176	160	296	264	272	408	100
Total (%)		6	13	13	8	7	13	11	12	18	

OM: Organic Matter, CPR: calcinated phosphate rock, BPR: Burkina Phosphate rock, TSP and NPK are soluble fertilizers, se: standard error of mean.

Table 4. Soil Macrofauna abundance (number/m²) identified in cowpea field (2022)

Orders	Family	Control	OM	BPR	CPR	CPR ¾ +TSP ¼	CPR ½ +TSP ½	CPR¼ +TSP ¾	TSP	NPK	% Total
Acariens	Tetranychidae				32				16		1
Arachnida	Anyphaenidae			48			16			32	2
	Dysderidae						32				1
	Lycosidae					16				16	1
Coleoptera	Anthicidae		16				16				1
	Carabidae		64	64	112	64	48	32	16	16	8
	Chrysomelidae			16	16					64	2
	Pselaphidae						16		16	16	1
	Scarabaeidae	16	16		16	16	32		16	16	2
	Staphylinidae	16	80	16		16	16		32	16	4
	Tenebrionidae			16							0
	Trogositidae	80									1
Diplopoda	Iulidae							16	16		1
Haplotaxida	Acanthodrilidae			16		48			32		2
	Lombricidae					48					1
	Lumbricidae								112	112	4
	Octochaetidae	48	288	160	352	128	224	416	128	208	36
Hemiptera	Alydidae							16			0
	Aphididae	16									0
	Redriviidae				16						0
Hymenoptera	Formicidae	64	16	48	336	176	64	224	16	368	24
Isoptera	Termitidae	32	32			64	80	80	48	48	7
Lepidoptera	Lymantridae							16			0
	Noctuidae	32									1
	Papilionidae						16				0
Orthoptera	Gryllotalpidae									16	0
Total species		304	512	384	880	576	560	800	448	928	100
Total (%)		6	9	7	16	11	10	15	8	17	

OM: Organic Matter, CPR: calcinated phosphate rock, BPR: Burkina Phosphate rock, TSP and NPK are soluble fertilizers, se: standard error of mean.

Table 5. Soil Macrofauna abundance (number/m²) identified in sorghum field (2021)

Orders	Family	Control	OM	BPR	CPR	CPR ¾ +TSP ¼	CPR ½ +TSP ½	CPR¼ +TSP ¾	TSP	NPK	% Total
Araneae	Araneidae		8								0
	Segestriidae									8	0
Coleoptera	Carabidae	32			32			16		96	7
	Coccinellidae	8									0
	Elateridae			16							1
	Scarabaeidae	48	40	32	32					32	7
	Tenebrionidae			8					8		1
Dermaptera	Labiduridae				16						1
Diplopoda	Blaniulidae								16		1
	Iulidae				8						0
Haplotaxida	Acanthodrilidae	80	48	16			16			16	7
	Enchytraeidae		32								1
	Lumbricidae		16	96	8	40		8			6
	Octochaetidae	40	56		120	128	24	80	72	24	21
Hymenoptera	Formicidae	16			16	48	160	16	32		11
	Sphididae					16					1
Isoptera	Termitidae	112		80	320	248	64		64		34
Polidesmida	Polydesmidae				24						1
Salofuge	Salofugae							16			1
Trombidiformes	Trombidiidae	16									1
Webspinners	Embiidinae			8							0
Total species		352	200	256	576	480	264	136	192	176	100
Total (%)		13	8	10	22	18	10	5	7	7	

OM: Organic Matter, CPR: calcinated phosphate rock, BPR: Burkina Phosphate rock, TSP and NPK are soluble fertilizers, se: standard error of mean.

Table 6. Soil Macrofauna abundance (number/m²) identified in sorghum field (2022)

Orders	Family	Control	OM	BPR	CPR	CPR ¾ +TSP ¼	CPR ½ +TSP ½	CPR¼ +TSP ¾	TSP	NPK	% Total
Acariens	Tetranychidae			16			16				1
Arachnida	Anyphaenidae	16								32	1
Chilopoda	Geophilidae	16							16		1
Coleoptera	Carabidae	16	16				16	32	64	16	4
	Geotrupidae		16			16		16			1
	Lucanidae									16	0
	Scarabaeidae	16				32	32	48	16		4
	Staphylinidae		16	32		16		16			2
	Trogidae							16			0
Dermaptera	Forficulidae			16							0
Diplopoda	Iulidae		16	16	48			16			3
Diptera	Muscidae						16				0
	Simulidae		16								0
Haplotaxida	Acanthodrilidae	48						16	16		2
	Lumbricidae	48	48	112	80	32	144	80	16	112	18
	Octochaetidae	192	192	112	160	272	160	144	288	192	45
Hemiptera	Aphididae	16									0
Hymenoptera	Formicidae	32	64	64		16			32	16	6
Isoptera	Termitidae	80			32		64	48		144	10
Total		480	384	368	320	384	448	432	448	528	100
Total (%)		13	10	10	8	10	12	11	12	14	

OM: Organic Matter, CPR: calcinated phosphate rock, BPR: Burkina Phosphate rock, TSP and NPK are soluble fertilizers, se: standard error of mean.

3.2 CHANGES IN SOIL MACROFAUNA DIVERSITY AND EQUITABILITY PER TREATMENT, CROPS AND YEAR

Table 7 shows soil macrofauna diversity and equitability per treatment, crop, and year. We found that during the first year of experimentation, macrofauna diversity was highest under the Control treatment (1.81) in the sorghum field and with CPR ½ +TSP ½ (1.78) in the cowpea field. The highest equitability value was found under the same Control treatment for sorghum. As for cowpea, all the CPR-TSP combinations gave the highest equitability index (0.89). During the second year, the highest diversity means in the sorghum field was found under the NPK treatment (1.94) and CPR ½ +TSP ½ treatment (2.53) in the cowpea field. The highest equitability in the sorghum field was found under CPR¼+TSP ¾ (0.93) and TSP treatment (1.73) in the cowpea field. There was no difference (P>0.05) among equitability and diversity soil macrofauna following fertilizer treatments for both crops in the two years of experimentation. However, there was an increasing trend in the mean macrofauna diversity and equitability for both crops from 2021 to 2022. A significant difference (P<0.05) was also found among soil macrofauna equitability mean following the two years in both crop fields. A high mean was observed for several variables and crops in the second year. Fig. 2 also shows that the highest mean of diversity and equitability of soil macrofauna was found in the cowpea field.

Table 7. Diversity index and equitability of macrofauna according to treatments

Years	Treatments	Diversity (H')		Equitability (E)	
	Crops	Sorghum	Cowpea	Sorghum	Cowpea
2021	Control	1.81	0.84	0.91	0.69
	OM	1.12	0.62	0.66	0.49
	BPR	0.38	1.36	0.22	0.69
	CPR	1.44	0.86	0.75	0.72
	CPR ¾ +TSP ¼	0.98	1.31	0.66	0.89
	CPR ½ +TSP ½	0.92	1.78	0.58	0.89
	CPR¼+TSP ¾	0.85	1.60	0.70	0.89
	TSP	0.46	1.43	0.46	0.69
	NPK	0.94	0.86	0.68	0.65
	Probability	**0.13**	**0.42**	**0.52**	**0.89**
2022	Control	1.84	1.09	0.91	0.74
	OM	1.34	0.58	0.84	0.30
	BPR	1.88	1.49	0.89	0.74
	CPR	0.69	1.11	0.44	0.51
	CPR ¾ +TSP ¼	1.09	2.04	0.65	0.88
	CPR ½ +TSP ½	1.52	2.53	0.90	1.38
	CPR¼+TSP ¾	1.87	1.32	0.93	0.65
	TSP	1.36	2.28	0.81	1.73
	NPK	1.94	2.22	0.91	0.93
	Probability	**0.56**	**0.08**	**0.12**	**0.15**
Years	2021	0.98	1.16	0.62	0.72
	2022	1.49	1.63	0.81	0.87
	Probability	**0.003**	**0.29**	0.03	**0.03**
	Significativity	**S**	**NS**	S	**S**

OM: Organic Matter, CPR: calcinated phosphate rock, BPR: Burkina Phosphate rock, TSP and NPK are soluble fertilizers,

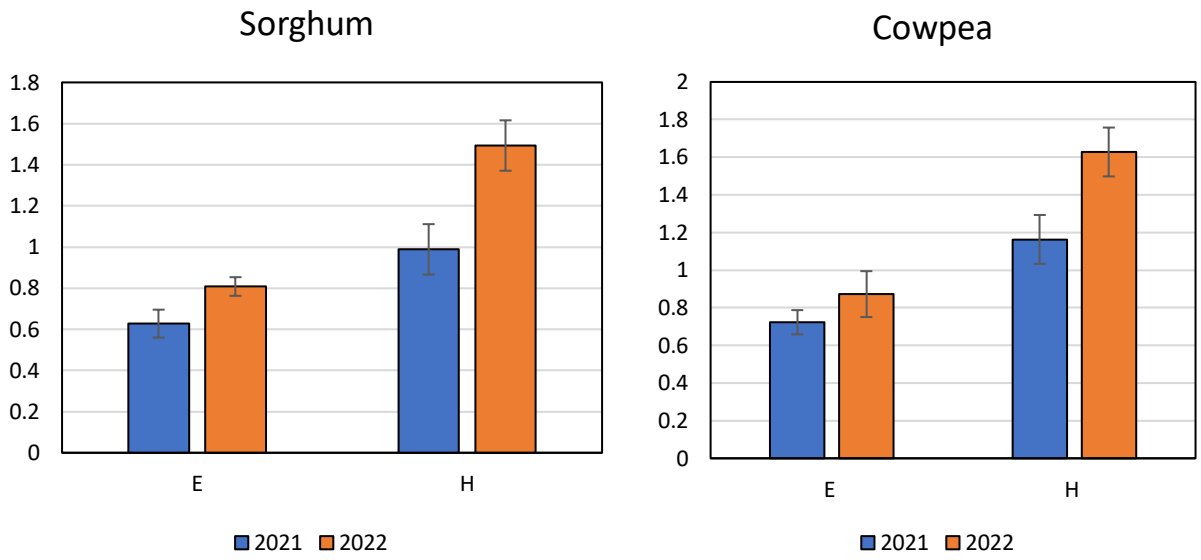


Fig. 2. Equitability (E) and diversity (H) according to crop fields

Error bars are standar error of means

3.3 Soil Organic Carbon Content As Affected By Crops, Treatments And Cropping Years

Soil total carbon content differed across treatments in the two years of experimentation. In the first year, a higher mean of total carbon was found in the cowpea field. In the second year, the total carbon was higher in the sorghum field than in the cowpea field. Nevertheless, in both fields, total carbon decreased in the cowpea field, but there was a rise in the sorghum field. A significant difference was also found (*P<0.05*) among the two fields in their total carbon content after crop harvest.

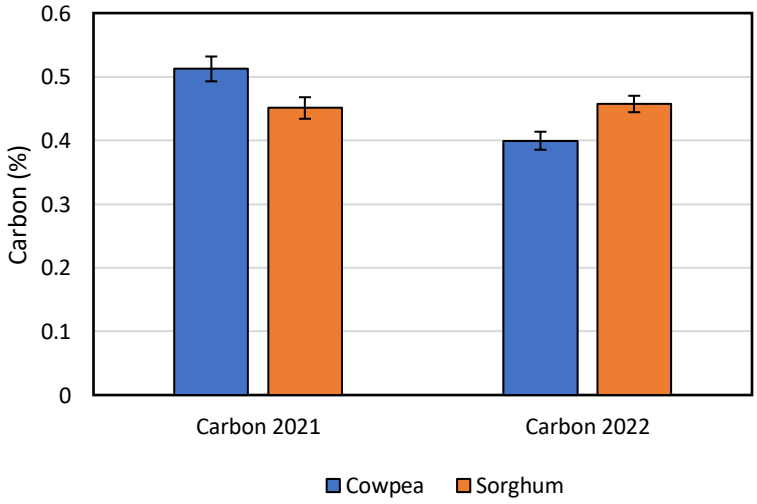


Fig. 3. Changes in soil carbon following years and crops

Error bars are standar error of means

Except for the sorghum field (Fig. 5) in the first year, the higher mean of soil carbon was observed under the organic matter (OM) and calcined phosphate rock (CPR) treatments. For both fields and crops (Fig.4 and Fig. 5), there was a significant (*P<0.05*) difference among the total carbon mean of plots after crop harvest. Also, we found a decreasing trend in the total soil carbon mean when chemical fertilizers were mixed with calcined phosphate rock in both plots.

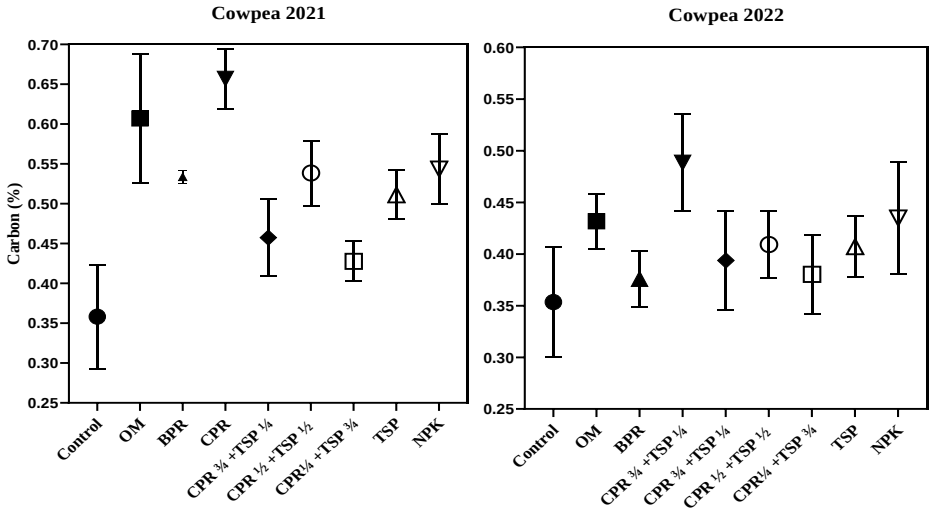


Fig. 4. Changes in total carbon among following treatments in cowpea field

Error bars are standard error of means. OM: Organic Matter, CPR: calcinated phosphate rock, BPR: Burkina Phosphate rock, TSP and NPK are soluble fertilizers.

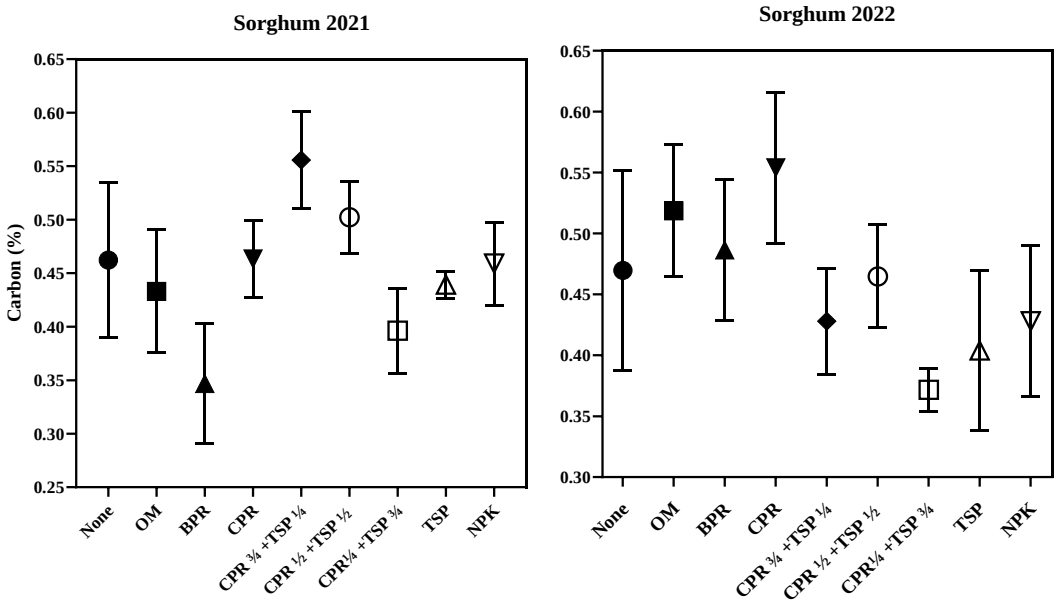


Fig. 5. Changes in total carbon among following treatments in sorghum field

OM: Organic Matter, CPR: calcinated phosphate rock, BPR: Burkina Phosphate rock, TSP and NPK are soluble fertilizers

4 DISCUSSION

4.1 CHANGES IN SOIL MACROFAUNA DENSITY FOLLOWING PHOSPHATE ROCK-BASED FERTILIZER APPLICATION ON SORGHUM AND COWPEA CULTIVATED LAND

Fertilization can increase the populations of certain organisms due to a good food supply [23]. This study evaluated the effect of calcined phosphate rock associated with organic matter on soil macrofauna abundance and diversity in cultivated semi-arid soils in Burkina Faso.

Results showed that ten to eleven (10-11) orders were found in the field area. The four orders, Coleoptera, Haplotaxida, Hymenoptera, and Isoptera, were dominant in all treatments, crops, and years. These orders are the most frequent in arid and semi-arid soils. Many studies carried out in the arid areas of Burkina Faso and other countries showed that these orders are dominant in soil ([8], [21], [24], [25]). Reference [26] reported that these species colonize degraded lands, allowing their rehabilitation.

Soil macrofauna population density and abundance were generally higher under the following treatment: Organic Matter (OM), Burkina phosphate rock (BPR), and calcined phosphate rock (CPR). We hypothesize that the soil macrofauna populations were more likely to inhabit these plots as these inputs provided preferred food sources. [27] mentioned that phosphorus and nitrogen are the preferred food for soil macrofauna, while carbon is the primary energy source. The high macrofauna density in the treatment with organic matter application only was probably due to the absence of chemical fertilizer. Organic soils are the best habitat for macrofauna and other soil organisms [28]. Burkina phosphate rock (BPR) and calcined phosphate rock (CPR) are sustainable sources of phosphorus in the soil due to their gradual dissolution potential compared to chemical fertilizers (TSP, NPK). The progressive phosphate solubilization would explain that the plots with the highest levels of phosphate rock and calcined phosphate rock showed the highest population of macrofauna in the soil. Teles et al. [29] show that using phosphate rocks as a P source can be a better-suited alternative for overcoming the high solubility of chemical fertilizer in the soil. According to these authors, chemical fertilizers like TSP are the most effective in percolating P in the soil profile. Soil macrofauna communities were more likely to inhabit plots amended with organic input, including phosphate rock, as these inputs provided preferred food sources than those amended with chemical fertilizer. This result agreed with [30], who reported that phosphate rock mixed with other organic resources attracts termites.

On the other hand, there is an apparent rise in the population and diversity of soil macrofauna under all applied treatments after two years of cultivation in both fields. The higher rainfall and or the possible storage of soil carbon after the harvest in the first year could explain this increasing tendency during the second year. These results are similar to those of [8], who found that taxonomic abundance and distribution of termites and earthworm species were influenced by climate and soil type, as reflected in their association with rainfall and temperature, texture, and total soil carbon. According to [8], long-term application of manure in combination with fertilizer resulted in higher earthworm diversity and biomass, associated with improved soil aggregation and enhanced carbon and nitrogen stabilization. The phosphate rock and calcined phosphate rock application in this study seems to not be harmful to the soil macrofauna. Reference [31] reported that organic and inorganic fertilizers might have beneficial, neutral, or harmful effects on soil biota. However, combining chemical fertilizers with organic resources has been regarded as a good alternative to using calcined phosphate rock and is a strategy to alleviate the burden of costly fertilizers. However, these results contradict [24], who showed that land cultivation tends to decrease the abundance and diversity of soil macrofauna.

4.2 Changes In Soil Macrofauna Diversity And Equitability Under Phosphate Rock-Based Fertilizer

Results also showed that the highest means of diversity and equitability of soil macrofauna was found in the cowpea field in two years. The soil coverage through cowpea foliage could explain this result. Indeed, cowpea roots are known to release atmospheric nitrogen in the soil [32]. Such a release of nitrogen in soil improves nutrient richness, which benefits soil macrofauna activity. The abundance, diversity, composition, and activity of the soil macrofauna communities can be affected by plant species, plant diversity, and composition, as well as by animal grazing [33]. Similarly, carbon stocks appear higher in cowpea plots than in sorghum plots after the first year. This increase in soil carbon level benefits the soil organisms.

5 Conclusion

This study showed that field application of phosphate rock or calcined phosphate rock did not have a significant positive or negative impact on the abundance and diversity of soil macrofauna. Instead, the macrofauna population comprised many species, families, and orders in each land use type and each site.

Nevertheless, using this phosphate rock-based fertilizer led to an increasing trend of macrofauna abundance in the second year of cultivation for sorghum and cowpea. We also found that good rainfall is necessary to provide and maintain soil macrofauna population density in cultivated land.

Our finding confirmed that in lands cultivated with cereal or leguminous crops, Coleoptera, Haplotaxida, Hymenoptera, and Isoptera dominate macrofauna orders. We also notice that the leguminous association with cereal can lead to maintaining soil biodiversity in fertilizer used systems. Other studies are needed to investigate the relationship between the use in cropping systems of phosphate rock-based fertilizer and soil chemical and microbiological properties in the arid and semi-arid zone of Burkina Faso.

Acknowledgment

This research was partially supported by the Japan Science and Technology Agency (JST) and the Japan International Cooperation Agency (JICA) through the Burkina SATREPS (Science and Technology Research Partnerships) project No JPMJSA1609. We express our sincere gratitude to JICA and JST for funding this research through the SATREPS Project.

REFERENCES

[1] L. Zerbo, « Caractérisation des Sols des Station de Recherche de l'INERA: Kambouinsé. Farako-ba, Saria, Niangoloko», INERA, Ouagadougou, 1995.

[2] R. R. Weil et N. C. Brady, « Phosphorus and Potassium, Chapter 14», *Nat. Prop. Soils,* vol. 19, pp. 643-695, 2017.

[3] R. Chikowo, S. Zingore, S. Snapp, et A. Johnston, « Farm typologies, soil fertility variability and nutrient management in smallholder farming in Sub-Saharan Africa », *Nutr. Cycl. Agroecosystems,* vol. 100, n° 1, pp. 1-18, 2014.

[4] H. N. Pahalvi, L. Rafiya, S. Rashid, B. Nisar, et A. N. Kamili, « Chemical Fertilizers and Their Impact on Soil Health », *Microbiota Biofertilizers Vol 2,* vol. 2, pp. 1-20, 2021, doi: 10.1007/978-3-030-61010-4_1.

[5] O. P. Omotayo et O. O. Babalola, « Resident rhizosphere microbiome's ecological dynamics and conservation: towards achieving the envisioned Sustainable Development Goals, a review », *Int. Soil Water Conserv. Res.,* vol. 9, n° 1, pp. 127-142, 2021.

[6] J. Meng *et al.,* « Biodiversity management of organic orchard enhances both ecological and economic profitability», *PeerJ,* vol. 4, pp. e2137, 2016, doi: https://doi.org/10.7717/peerj.2137/table-1.

[7] N. M. Mary, K. Daniel, M. M. Joseph, W. M. Clet, M. Charles, et M. Muchane, « Land use practices and their implications on soil macro-fauna in Maasai Mara ecosystem », *Int. J. Biodivers. Conserv.,* vol. 4, n° 13, pp 500-5014 oct. 2012, doi: 10.5897/IJBC12.030.

[8] F. O. Ayuke, Soil macrofauna functional groups and their effects on soil structure, as related to agricultural management practices across agroecological zones of Sub-Saharan Africa, Ph.D. thesis. Netherlands: Wageningen University, 2010.

[9] M. H. Beare, M. V. Reddy, G. Tian, et S. C. Srivastava, « Agricultural intensification, soil biodiversity and agroecosystem function in the tropics: the role of decomposer biota», *Appl. Soil Ecol.,* vol. 6, pp. 87-108, 1997, doi: https://doi.org/10.1016/S0929-1393 (96) 00150-3.

[10] I. M. Bikienga, Les phosphates naturels du Burkina Faso: Caractérisation efficacité agronomiques et interêt économique. Editions Techniques et Professionnelles Groupe Horizon, 2011.

[11] M. Fukuda, D. M. Soma, S. Iwasaki, et S. Nakamura, « Site-specific responses of lowland rice to acidulated and calcined phosphate rock fertilizers in the Center-West region of», *PLOS ONE,* vol. 14, n° 2, pp. 1-20, 2021, doi: 10.1371/journal.pone.0250240.

[12] A. Sagnon *et al.,* « Amendment with Burkina Faso phosphate rock-enriched composts alters soil chemical properties and microbial structure, and enhances sorghum agronomic performance », *Sci. Rep.,* vol. 12, n° 1, pp. 1-14, 2022, doi: 10.1038/s41598-022-18318-1.

[13] S. Iwasaki, K. Ikazaki, A. Bougma, et F. Nagumo, « Appropriate Use of Local Phosphate Rock Increases Phosphorus Use Efficiency and Grain Yield of Sorghum and Cowpea in the Sudan Savanna», *Front. Soil Sci.,* vol. 1, n° January, pp. 1-12, 2022, doi: 10.3389/fsoil.2021.709507.

[14] R. Duponnois, M. Paugy, J. Thioulouse, D. Masse, et M. Lepage, « Functional diversity of soil microbial community, rock phosphate dissolution and growth of Acacia seyal as influenced by grass-, litter- and soil-feeding termite nest structure amendments», *Geoderma,* vol. 124, n° 3-4, pp. 349-361, 2005, doi: 10.1016/j.geoderma.2004.05.012.

[15] B. Ibrahim, « Caractérisation des saisons de pluies au Burkina Faso dans un contexte de changement climatique et évaluation des impacts hydrologiques sur le bassin du Nakanbé», PhD Thesis, Université Pierre et Marie Curie-Paris VI, 2012.

[16] B. Kaloga, « Etude de la pédogenèse sur les glacis soudaniens de Haute-Volta«, *Bull ASEQUA,* n° 22, pp. 20-23, 1969.

[17] A. Barro, R. Zougmoré, et M. P. Sedogo, « Évaluation de la faisabilité de trois types de travail du sol : application du modèle Sarra dans le Plateau central au Burkina Faso», *Sécheresse,* vol. 20, n° 4, pp. 338-345, oct. 2009, doi: 10.1684/sec.2009.0202.

[18] FAO, Guidelines for soil description, 4e édithion. Rome, 2006.

[19] J. M. Anderson et J. S. I. Ingram, « Tropical Soil Biology and Fertility: A Handbook of Methods. » Publication of CABI, UK., pp. 68-70, 1993.

[20] S. Frontier, D. Pichod-Viale, L. A., D. Davoult, et C. Luczak, Ecosystèmes: Structure, Fonctionnement, Evolution, 4 ème édithion. Paris, 2004.

[21] M. Traore, S. Birba, et A. Sawadogo, « Etude de la dynamique de la macrofaune du sol en culture d'ognon sous usage de diverses pratiques agricole », *Agron. Afr.,* vol. 28, n° 2, pp 73-83, 2014.

[22] E. C. Pielou, « Species-diversity and pattern-diversity in the study of ecological succession», *J. Theor. Biol.,* vol. 10, n° 2, pp. 370-383, févr. 1966, doi: 10.1016/0022-5193 (66) 90133-0.

[23] N. Ruiz, P. Lavelle, et J. Jiménez, Soil macrofauna field manual: technical level. Rome: FAO et IRD, 2008.

[24] M. Traore, F. Lompo, F. Ayuke, B. Ouattara, K. Ouattara, et M. Sedogo, « Influence des pratiques agricoles sur la macrofaune du sol : Cas de l'enfouissement de la paille et du fumier», *Int. J. Biol. Chem. Sci.,* vol. 6, n° 4, pp 1761-1773, 2012, doi: 10.4314/ijbcs.v6i4.31.

[25] B. B. Somda *et al.,* « Effets de pratiques agroécologiques sur la macrofaune dans les lixisols ferriques en zone Soudano-Sahélienne du Burkina Faso», *Int. J. Innov. Appl. Stud.,* vol. 36, n° July, pp. 734-744, 2022.

[26] O. M. Savadogo, O. K. Ouattara, I.Ouédraogo*.,* « Vegetation improvement and soil biological quality in the Sahel of Burkina Faso», *Int. J. Biol. Chem. Sci.,* vol. 10, n° 3, pp. 1048-1058, déc. 2016, doi: 10.4314/ijbcs.v10i3.12.

[27] T. Bhadauria et K. G. Saxena, « Role of Earthworms in Soil Fertility Maintenance through the Production of Biogenic Structures», *Appl. Environ. Soil Sci.,* vol. 2010, pp. 1-7, 2010, doi: 10.1155/2010/816073.

[28] D. Lobo, Z. Lozano, M. Toro, I. H. Valencia, et J. C. Rey, « Soil biodiversity under different uses and managements in Venezuela», in *Sustainable soil management as a key to preserving soil biodiversity and stopping its degradation,* Internatio., L. B. Reyes-Sánchez, R. Horn, et E. A. C. Costantini, Éd. IUSS, 2022, pp. 240-260.

[29] A. P. B. Teles, M. Rodrigues, et P. S. Pavinato, « Solubility and Efficiency of Rock Phosphate Fertilizers Partially Acidulated with Zeolite and Pillared Clay as Additives », *Agronomy,* vol. 10, n° 7, p. 1-27, juin 2020, doi: 10.3390/agronomy10070918.

[30] J. J. Anyango *et al.,* « The impact of conventional and organic farming on soil biodiversity conservation: A case study on termites in the long-term farming systems comparison trials in Kenya », *BMC Ecol.,* vol. 20, n° 1, pp. 1-14, févr. 2020, doi: 10.1186/s12898-020-00282-x.

[31] S. Wang, H. Y. H. Chen, Y. Tan, H. Fan, et H. Ruan, « Fertilizer regime impacts on abundance and diversity of soil fauna across a poplar plantation chronosequence in coastal Eastern China», *Sci. Rep.,* vol. 6, n° January, pp. 1-10, 2016, doi: 10.1038/srep20816.

[32] A. Raza *et al.,* « Nitrogen Fixation of Legumes: Biology and Physiology», in *The Plant Family Fabaceae,* Singapore: Springer Singapore, 2020, p. 43-74. doi: 10.1007/978-981-15-4752-2_3.

[33] A. R. Maharning, A. A. S. Mills, et S. M. Adl, « Soil community changes during secondary succession to naturalized grasslands», vol. 41, pp. 137-147, 2009, doi: 10.1016/j.apsoil.2008.11.003.

International Journal of Innovation and Applied Studies
ISSN 2028-9324 Vol. 39 No. 2 Apr. 2023, pp. 667-675
© 2023 Innovative Space of Scientific Research Journals
http://www.ijias.issr-journals.org/

Influence des contraintes résiduelles sur la durée de vie des structures en acier sous chargement d'amplitude variables

[Influence of residual stresses on the service life of structures under variable amplitude loading]

Wel-Doret Djonglibet[1], Tikri Bianzeube[2], Dougabka Dao[2], and Samson Mbairangone[2]

[1]Laboratoire d'étude et de recherche en technologie industrielle de la faculté des sciences appliquées, Université de N'Djamena, Chad

[2]Laboratoire de Résistance des Matériaux et Construction Mécanique, LRMCM, Université Polytechnique de Mongo, P.O. Box 4377, Mongo, Chad

Copyright © 2023 ISSR Journals. This is an open access article distributed under the ***Creative Commons Attribution License***, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

ABSTRACT: This paper focuses on the improvement of the nonlinear fatigue law of B. Tikri from 2011, which was born from the old laws of Chaboche according to the Basquin model. Several parameters can influence the life of structures in service. It is a question in this work to take into account the influence of the residual stress on the damage law proposed in the literature. Two values of stress relaxation coefficients of 0.5 and 1 have been considered to test the proposed model with two different overload ratios in order to evaluate the influence of overload on steels used in the automotive industry. The ratios were 1.4 and 2.3. Two findings were made, the first is that when the relaxation coefficient is 0.5 the residual stress improves the life but it is far from the experimental case contrary to the case of relaxation coefficient equal to the unit. For the second case, the model is much more satisfactory for overloads of ratio 1.4 than for overloads of ratio 2.3 for HE360D materials. For future designs, the consideration of its residual stresses over the life of parts or structures in service is paramount.

KEYWORDS: Damage, stress, lifetime, Overload, relaxation coefficient.

RESUME: Cet article se penche sur l'amélioration de la loi non linéaire par fatigue de B. Tikri de 2011, qui est née des lois anciennes de Chaboche selon le modèle de Basquin. Plusieurs paramètres peuvent influencés la durée de vie des structures en service. Il est question dans ce travail de prendre en compte l'influence de la contrainte résiduelle sur la loi d'endommagement proposée dans la littérature. Deux valeurs de coefficients de relaxation de contrainte de 0,5 et 1 ont été considéré pour tester le modèle proposé avec deux rapports de surcharges différents afin d'évaluer l'influence de surcharge sur les aciers utilisés dans l'automobile. Il s'agit de rapport de 1,4 et de 2,3. Deux constats ont été fait dont le premier est que lorsque le coefficient de relaxation vaut 0.5 la contrainte résiduelle améliore la durée de vie mais elle s'éloigne de l'expérimentale contrairement pour le cas de coefficient de relaxation égale à l'unité. Pour le second cas, le modèle est beaucoup plus satisfaisant pour de surcharges de rapport 1,4 que pour des surcharges de rapport 2,3 pour les matériaux HE360D. Pour des conception avenir, la prise en compte de ses contraintes résiduelles sur la durée de vie pièces ou structures en service est primordiale.

MOTS-CLEFS: endommagement, contrainte, durée de vie, surcharge, coefficient de relaxation.

Corresponding Author: Wel-Doret Djonglibet

1 INTRODUCTION

The literature is full of several laws, namely Miner's law, Amrouche's law, B. Tikri's modified law of 2007 and B. Tikri's law of 2011. These laws have advantages as well as disadvantages. Researchers are constantly looking for the most promising law, so need to take into account all aspects that intervene during the shaping of a part and its behavior in service.

The objective of this work is to study the influence of incidental overloads occurring during periods and that of residual stresses on the resistance of parts in fatigue which depend on the modes of solicitation [1],[2],[3].

The established damage laws depend on the constants which are determined by smoothing the experimental points of the S-N curves.

2 METHODS AND MATERIALS

2.1 METHODS

2.1.1 PRESENTATION OF DAMAGE LAWS USED FOR SERVICE LIFE PREDICTION

- **Miner's Law [4]**

To estimate the degradation of the fatigue strength of a structure, Miner proposes a law which consists in considering that the damage has a linear evolution. The law proposed by Miner states that the damage suffered by a part at each cycle depends only on the stress level representative of the cycle. When k groups of cycles of equal or different amplitude σ_i are applied successively with n_i cycles, the damage accumulation is quantified by:

$$D = \sum_{i=1}^{k} d_i = \sum_{i} \frac{n_i}{N_i} \quad (1)$$

With:

- n_i : is the number of cycles applied to i considered;
- N_i is the number of cycles, identical to i considered, supported by the material at failure.

2.1.2 MESMACQUE & AMROUCHE'S LAW [4, 5]

In 2005, Mesmacque and Amarouche established a damage law based on damage indicators linked cycle after cycle to the S-N curve of the material. This indicator called stress damage corresponds to the instantaneous residual life.

$$D_i = \frac{\sigma_{ied} - \sigma_i}{\sigma_u - \sigma_i} \quad (2)$$

With:

- σ_{ied} : the damaged stress at level i,
- σ_i : the constraint applied at level i,
- σ_u : the ultimate stress of the material,
- D_i : the damage variable.

2.1.3 TIKRI'S LAW 2011 [4, 6]

To remedy the drawback of Chaboche's law, Tikri proposes a new one allowing to calculate the cumulative damage in fatigue under variable amplitude.

It is not obvious to define a representative stress level within the weld. It is therefore proposed to link the damage variable to the maximum cycle stress applied to the specimen.

$$\delta D = \left[1-(1-D)^{\beta+1}\right]^{\alpha(\sigma_{\max},\sigma_D,\sigma_u)} \times \left[\frac{\sigma_u-\sigma_D}{\sigma_{\max}-\sigma_c} \times \left(\frac{\sigma_{\max}}{\sqrt{M_0\left(1-\frac{0{,}55\sigma_{\max}}{A\sigma_u}\right)(1-D)}}\right)^{\beta}\right]\delta N \quad (3)$$

2.1.4 PROPOSAL OF A DAMAGE LAW TAKING INTO ACCOUNT THE RESIDUAL STRESS

The residual stresses that directly influence the deformation and strength of mechanical parts are the macroscopic stresses. Their nature makes it possible to apply them to fundamental equations of elasticity and in particular the superposition theorem. The new average stress taking into account the residual stress behaves like the average stress [7].

To quantify the influence of residual stress in fatigue we will use the Haigh or Goodman endurance diagram in which the average stress σ_m and the stress amplitude σ_a in fatigue becomes [7] :

$$\sigma_m^* = \sigma_m + \sigma_r \quad (4)$$

$$\sigma_a = \sigma_D - \gamma\sigma_m^* \quad (5)$$

- σ_D : the endurance limit determined by smoothing the experimental points,
- σ_m : the average fatigue stress,
- σ_r : the residual stress,
- σ_m^* : the average residual stress,
- γ : the relaxation coefficient of the residual stress which depends on the material and their processing.

EXPRESSION OF THE RESIDUAL STRESS

From the relations (4) and (5), we determine the expression of the residual stress by the relation:

$$\sigma_r = -\frac{1+R}{2}\times\sigma_{\max} + \frac{1}{\gamma}\times\left[\sigma_D - \left(\frac{1-R}{2}\right)\times\sigma_{\max}\right] \quad (6)$$

With R the load ratio. $R = \sigma_{\min}/\sigma_{\max}$

The expression (7) of the residual stress relaxation coefficient is expressed when the residual stress is assumed to be zero by:

$$\gamma = \frac{2\sigma_D - (1-R)\times\sigma_{\max}}{(1+R)\times\sigma_{\max}} \quad (7)$$

In our study we consider two values of stress relaxation coefficients of 0.5 and 1.

The general expression that translates the evolution of fatigue damage is printed in differential form by [7, 8]:

$$\delta D = f\left(\sigma_{\max}, \sigma_u, \sigma_m^*, D, \ldots\right)\delta N \tag{8}$$

With :

- σ_{max} : maximum stress,
- σ_m^* : average stress as a function of the residual stress,
- σ_u : maximum useful stress at tensile failure of the specimen,
- δD : the damage increment D of the material due to δN identical cycles.

2.1.5 FOLLOWING THE MODEL OF TIKRI [7]

The proposed incremental expression is then:

$$\delta D = \left[1-(1-D)^{\beta+1}\right]^{\alpha} \times \left[\frac{\sigma_U - \sigma_D}{\sigma_{\max} - \sigma_C} \times \left(\frac{\sigma_{\max}}{\sqrt{M_0\left(1-\frac{\sigma_m^*}{A\sigma_U}\right)\times(1-D)}}\right)^{\beta}\right]\delta N \tag{9}$$

- σ_C : the conventional limit at 2×10^6 cycles,
- $\alpha = 1 - a\left\langle\frac{\sigma_{\max} - \sigma_C}{\sigma_U - \sigma_D}\right\rangle$,
- a, A, M_0 and β are the eigencoefficients of the material.

In general, stress cycles of varying amplitudes are classified into two categories (small or large) according to their amplitude value.

2.1.6 INTEGRATION OF THE PROPOSED DAMAGE LAW:

- **Case of "small" cycles (α=1)**

$$aM_0^{-0,5\beta}(\beta+1)n_j \times \left[\frac{\sigma_U - \sigma_D}{\sigma_{\max} - \sigma_C} \times \left(\frac{\sigma_{\max}}{\sqrt{\left(1-\frac{\sigma_m^*}{A\sigma_U}\right)}}\right)^{\beta}\right] \tag{10}$$

$$X_j = X_i \times e$$

His relation gives the damage accumulation rule in the case of small cycles.

- **Case den n_j large cycles:**

When the damage increases from (Di=0, Xj=1), i we have:

$$X_j^{K_j} - X_i^{K_i} = aM_0^{-0,5\beta}(\beta+1)K_j n_j \times \left[\frac{\sigma_U - \sigma_D}{\sigma_{\max} - \sigma_C} \times \left(\frac{\sigma_{\max}}{\sqrt{\left(1 - \frac{\sigma_m^*}{A\sigma_U}\right)}} \right)^{\beta} \right] \quad (11)$$

For constant stresses where this large cycle is applied until the crack initiation of an initially virgin material (Di=0, Xj=1) [7, 8], the life N_{fj} of the part is determined.

$$1-0 = aM_0^{-0,5\beta}(\beta+1)K_j N_{fj} \times \left[\frac{\sigma_U - \sigma_D}{\sigma_{\max} - \sigma_C} \times \left(\frac{\sigma_{\max}}{\sqrt{\left(1 - \frac{\sigma_m^*}{A\sigma_U}\right)}} \right)^{\beta} \right] \quad (12)$$

With: $$N_{fj} = \frac{1}{aM_0^{-0,5\beta}(\beta+1)} \left(\frac{\sqrt{\left(1 - \frac{\sigma_m^*}{A\sigma_U}\right)}}{\sigma_{\max}} \right)^{\beta} \quad (13)$$

The constants will be determined by the linear regression method.

The practice of the new proposed damage law requires the knowledge of the experimental S-N curve of the material. The analytical model of Basquin is retained for the application of this proposed damage law because it leads to an equation identical to Basquin's.

For a symmetry alternating stress, R=-1 and $\sigma_m = 0$, then the lifetime expression becomes:

$$N_{fj} = \frac{1}{aM_0^{-0,5\beta}(\beta+1)} \left(\frac{\sqrt{\left(1 - \frac{\sigma_r}{A\sigma_U}\right)}}{\sigma_{\max}} \right)^{\beta} \quad (14)$$

2.2 MATERIALS

The experimental data of the Bianzeubé Tikri thesis of 2011 on the fatigue behavior of spot-welded steels are used. It is the HE360D steel. The model is transformed into a stress due to the difficulty of data for the calculation of the stressed welded surface. The ultimate stress of the material is and the endurance limit is. The maximum stresses considered for the validation of the model range from 3500N to 6000N with a 500N step.

3 RESULTS AND DISCUSSIONS

3.1 MATERIAL HE 360 D - STRESS RELAXATION COEFFICIENT EQUAL TO 1

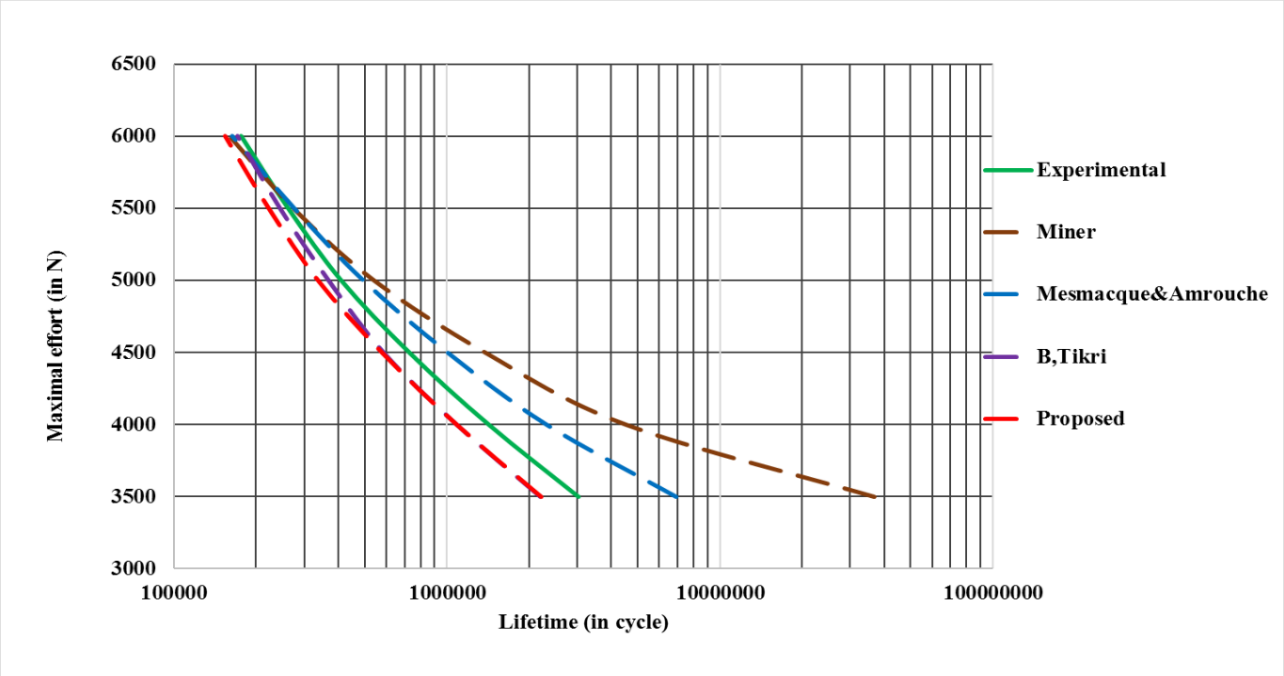


Fig. 1. HE 360 D material, 1.4 ratio overloads

Figure 1 shows that for overloads of ratio 1.4 and stress relaxation coefficient equal to 1, our model life results are closer to that of B. Tikri of 2011 for maximum forces smaller than 4800N. As long as they remain larger for forces greater than 4800N.

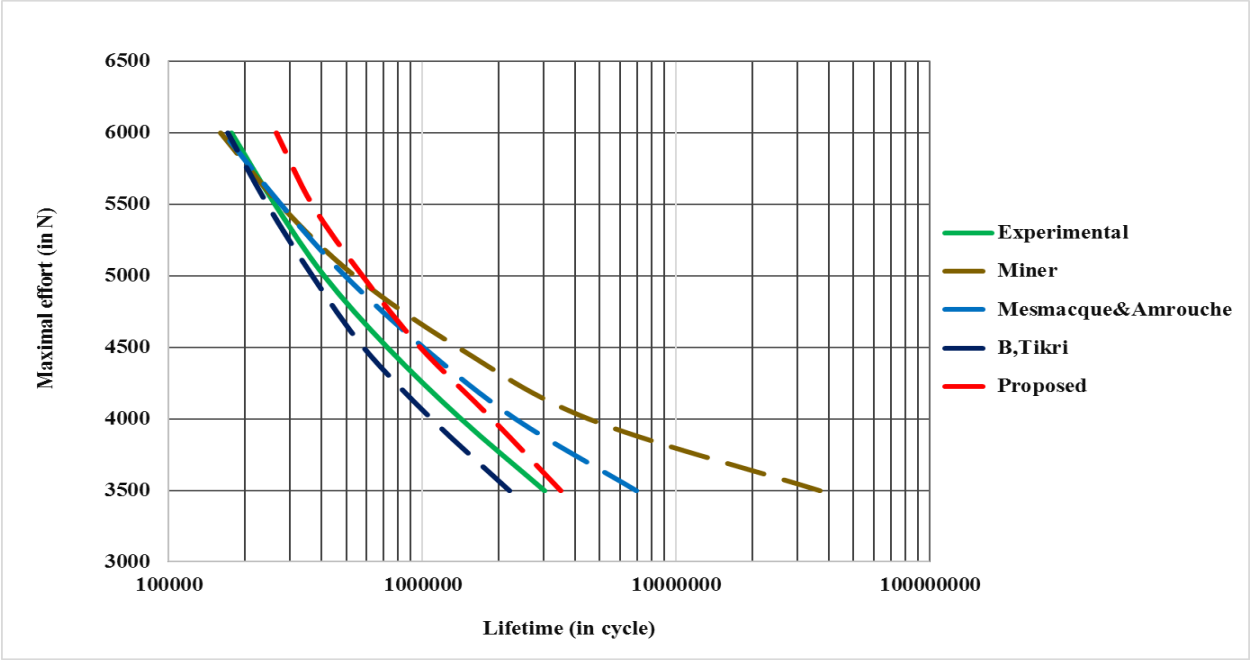


Fig. 2. HE 360 D material, overloads of ratio 2.3

On the other hand, for the figure n°2, of overloads of ratio 2,3 and coefficient of relaxation of constraint equal to 1, the results of the proposed model move away from the experimental results.

They are higher than the results of B. Tikri but the model produces the same value of life for stress of 4800N compared to the model of Miner and 4600N compared to the model of Mesmacque and Amrouche's.

3.2 MATERIAL HE 360 D - STRESS RELAXATION COEFFICIENT EQUAL TO 0.5.

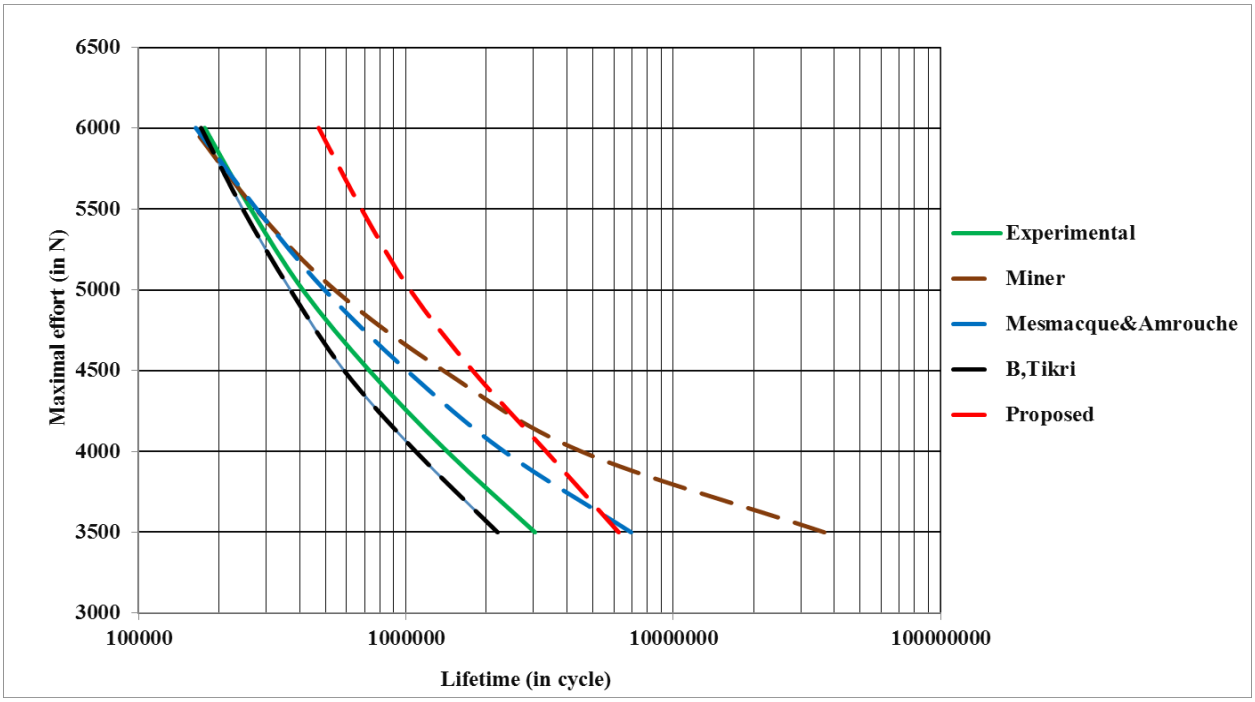


Fig. 3. HE 360 D material, 1.4 ratio overloads

The figure n°3 informs us that for overloads of ratio 1.4 and stress relaxation coefficient of 0.5, the results in life of the proposed model are far from the results of the other models except for the model of Miner and Mesmacque & Amrouche's whose values of life are almost identical for the maximum effort respectively of 4200N and 3600N.

It is also noted that for maximum efforts smaller than 3600N, the lifetimes of the model is lower than that of Mesmacque & Amrouche's.

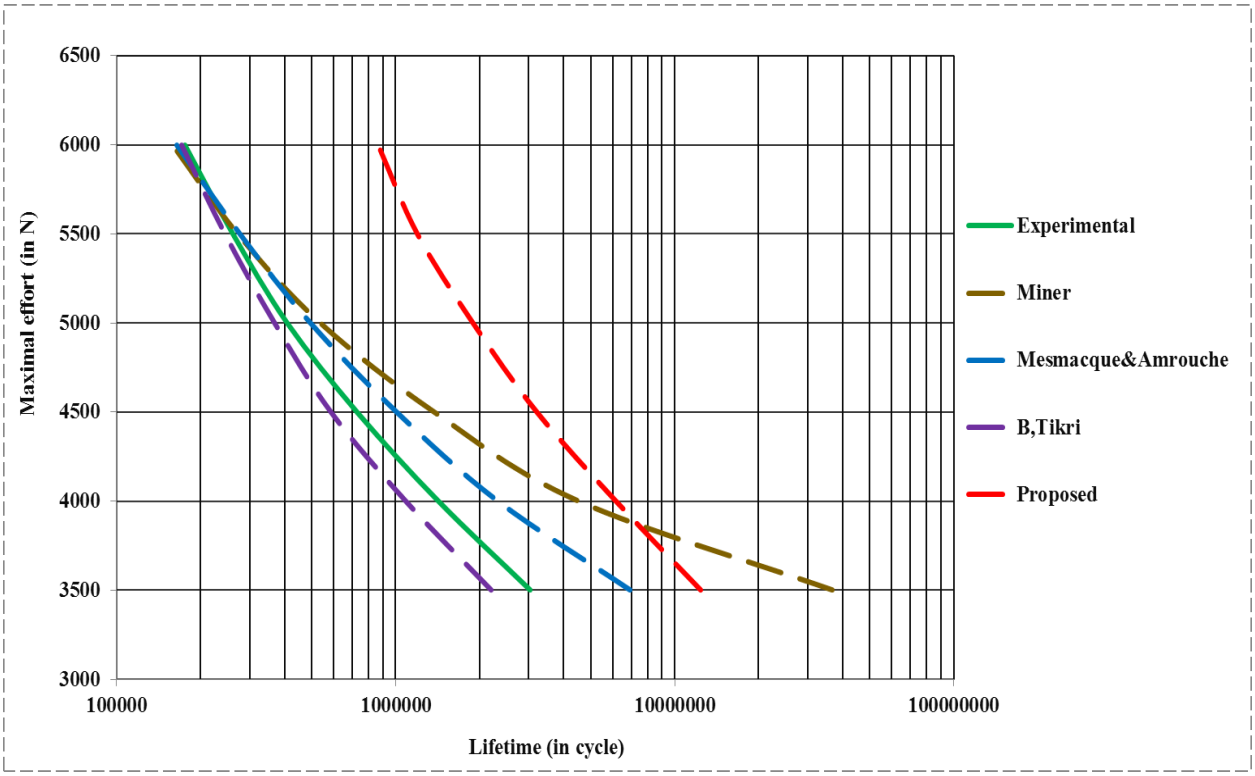


Fig. 4. Material HE 360 D, overloads of ratio 2.3

In figure n°3, we observe the same remarks as the previous ones for the overloads of ratio 2,3. For the maximum force of 3800N, the life value of the proposed model coincides with that of Miner. For F<3800N it remains smaller.

4 CONCLUSION

A new form of nonlinear fatigue damage law taking into account the residual stress has been proposed to address the drawback of Tikri of 2011. Indeed, the influence of residual stress can be favorable for relaxation coefficients of the latter close to unity. The consideration of residual stresses in the damage laws is necessary then before the operation, a structure undergoes finishing works. The diversity of life of its laws makes us lean to the reliability analysis [9].

REMERCIEMENTS

I would like to thank all my collaborators for their contribution to the realization of this document.

REFERENCES

[1] Olivier Parant, ''Étude expérimentale et calcul des contraintes résiduelles dans des tubes extrudés en polyéthylène''. Thèse doctorale d'école des mines de PARIS. 203p. 2002

[2] Julie VILLANOVA, ''Détermination des contraintes résiduelles dans les matériaux céramiques pour sofc : mesures multi échelles et influence des cycles d'oxydo-reduction'', Thèse doctorale de l'École Nationale Supérieure des Mines de Saint-Étienne. 173P. 2010

[3] P. Nogning Kamta and al. ''Fluage et relaxation par indentation d'aciers au chrome''. Article. Journal Matériaux et technique, DOI : 10.1051/mattech/2017027, 2007.

[4] M. Laetitia Pastor (2007), ''Contribution à l'étude en fatigue des structures en aluminium renforcées par patchs composites''. Thèse doctorale de l'université BLAISE PASCAL. 205p

[5] B.B. Tikri. (2007), ''Etude et amélioration de la loi d'endommagement non linéaire de Chaboche. Mémoire de Master Recherche, Montluçon.

[6] P. Bonnet (2005), '' fatigue des métaux''. Institut de Paris-Subméca. 10/12/2019. 107p. http//3w.système.fr

[7] Bianzeubé TIKRI (2011), ''Etude de l'influence de surcharges sur le comportement en fatigue d'aciers soudés par points''. Thèse doctorale de l'université BLAISE PASCAL. 164p
[8] NGARMAIM NADJITONON (2011), 'Contribution à la modélisation de l'endommagement par fatigue''. Thèse doctorale de l'université BLAISE PASCAL. 164p
[9] Wel-Doret Djonglibet. '' Reliability of Life Calculation Laws for Materials under Variable Amplitude Loading''. Article, Open Journal of Applied Sciences, Vol.12 No.11,2022.

International Journal of Innovation and Applied Studies
ISSN 2028-9324 Vol. 39 No. 2 Apr. 2023, pp. 676-683
© 2023 Innovative Space of Scientific Research Journals
http://www.ijias.issr-journals.org/

Local governance for the sustainable management of water in post-certification in the areas of National Program of Sanitized Schools and Villages (NPSSV) at Tshopo Province in Democratic Republic of the Congo

Basandja Longembe Eugene[1], Panda Lukongo Kitronza Jean[1-2], and Losimba Likwela Joris[1]

[1]Department of Public Health, Faculty of Medicine, University of Kisangani, Kisangani, RD Congo

[2]Public Health, Faculty of Medicine, University of Liege, Belgium

Copyright © 2023 ISSR Journals. This is an open access article distributed under the ***Creative Commons Attribution License***, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

ABSTRACT: *Introduction :* The objective of this study was to analyze the organization and operation of local structures for the management of water structures rehabilitated under the National Program of Sanitized Schools and Villages (NPSSV).
Methodology : A descriptive case study was conducted during the period from November 15 to 27, 2022. This is a qualitative study in the form of in-depth interviews with 3 focal points of the Health Zones, 9 Titulaires Nurses of the Health Centers and 18 members of the village committee sanitized.
Results : The role of the local village committee and the attributions of the members were less clarified before recruitment, which led to the establishment of village committees unable to meet the expectations of the program and the population. Almost all the water structures are out of use, a consequence of the failure of sustainability mechanisms which were poorly defined, inconsistent and unclear, on the one hand, and the slackening of planning, supervision and monitoring activities by the coordination structures, following the cessation of external financing, on the other hand. Despite the presence of a few local members trained in the preventive maintenance of structures, the unavailability of spare parts on the market and the passivity of the hierarchy in the quest for a solution to the problems of repairing malfunctioning structures were major bottlenecks. All villages have lost certification status.
Conclusion : Local governance for the sustainable management of drinking water is deficient in post certification. The failure of support structures has had a negative impact on the establishment and operation of local village committees. A reflection on the methods of setting up village committees and on more sustainable things remains the ideal for successful local governance.

KEYWORDS: Local governance, village committee, water management, certified village, post certification.

1 INTRODUCTION

Water governance has been defined as the set of rules, practices and processes that determine who receives what water, when and how. These rules, practices and processes are continuously reproduced through the interactions between actors in the water sector and with their surrounding institutional frameworks and general structural conditions [1]. An approach based on a political-economic analysis would tend to suggest that the broader environment for water, hygiene and sanitation services could consist of two broad categories of factors that each produce positive or negative incentives for performance and change. These two categories of factors are defined as, on the one hand, the fundamental structural factors (or general context), which are not likely to be influenced directly by development actors and, on the other hand, the institutional factors constituted by the norms, regulations and informal rules which govern the relations between the actors of the sector [2-4].

In Madagascar, despite the recognition by governments of the importance of the drinking water, sanitation and hygiene sector as one of the pillars for reducing poverty, it was still observed that there was a significant gap between the development objectives and the governance related to the water, sanitation and hygiene sector, on the one hand, and the realities on the ground, on the other [5].

The Malagasy government finds it very difficult to follow the progress of the sector. Several monitoring methods and systems coexist, whether it involves monitoring infrastructures and services or monitoring the use of infrastructures through household surveys and censuses [6].

In Benin, water supply services through public facilities in villages were considered open common goods in the period preceding the 1990s. With this freedom of access, the temptation for users to act as stowaway" was large as in the case of public goods. Any individual could then use the public water resource, without contributing to the upkeep or maintenance of local equipment [7].

Access to the drinking water service provided by collective equipment in rural areas of Benin is currently regulated, a national strategy which defines the conditions for setting up and managing this equipment. This strategy recommends the establishment of a specific toll for access to drinking water supplied through collective facilities. This toll is generally defined in consultation with the population of users, in proportion to the volume of water withdrawn [7]. In Burkina Faso, it was noted that, despite more than thirty years of enormous efforts made in water policy, a good part of the Burkinabé population still did not have access to drinking water. In addition, we observe in rural areas where the State and development agencies invest in building water points to facilitate access to drinking water and sanitation, that a good number of these village hydraulic works were broken down or abandoned by the local populations for economic, technical, political or sociological reasons [8]. This reality on the ground suggests that the problem of water in Burkina Faso does not only arise in terms of technical and financial investments, infrastructure or even the quantity of water. To better understand it, it is necessary to take into account the socio-historical environment as well as the strategies of local actors who influence the implementation of official state policies [8].

The "Sanitized Village" initiative is a Congolese national program that encourages communities and local health authorities to work togetherto improve the health of children.

Through this program, the communities themselves take action to improve their sanitation and hygiene practices and maintain sustainable access to safe drinking water [9]. In addition to the action policies directly oriented towards improving the coverage of the population with improved water structures, the conservation, abstraction or mobilization of water resources for development, the problem of water in the area of the National Program of Sanitized Schools and Villages (NPSSV) also mobilizes empirical research, the results of which are supposed to enable the Congolese State to improve its strategies, particularly in terms of management, the framework legal-institutional, economic performance or information on the access of populations to water.

The presence of a dynamic village committee working for the sanitation of the village is one of seven standards for the certification of a village as well as the coverage of at least 80% of the population having access to drinking water [9].

During a study carried out in Butembo in North Kivu in the DRC, it was concluded that state services only involve the inhabitants and civil society associations in the execution of certain actions. This does not promote good ownership [10]. According to Van Olmen's conceptual model, governance is the first pillar that interacts with resources and services. Through its coordination function, it helps to clearly define the roles of different stakeholders and ensures predictable leadership, well-coordinated decision-making and accountability in a program [11].

The quality and sustainability of interventions, whether in terms of behavior change, sustainability or infrastructure, are at the heart of all concerns. In this period of intense socio-economic crisis, the Democratic Republic of Congo (DRC) is not spared by the difficulties inherent in this deficiency of post-certification governance. So, in this scientific reflection, particular attention was paid to the micro and meso levels constituted by the local governance committee and the zonal coordination structures for the implementation of corrective strategies that can be methodically monitored with the possibility of capitalization and transferability [12,13].

The objective of this study was to analyze the organization and operation of local structures for the management of water structures rehabilitated under the National Program of Sanitized Schools and Villages.

2 MATERIAL AND METHODS

2.1 STUDY SITE

This study was conducted in the Health Zones (HZs) of Bengamisa, Yakusu and Lubunga located in the peri-urban area of the city of Kisangani. These three HZs have integrated, since 2010, the National Program Sanitezed School and Village funded by UNICEF and other technical and financial partners (TFP) to implement activities in the Water, Hygiene and Sanitation sector. These HZs were selected on the basis of criteria of geographical complementarity (rural and urban-rural areas, riparian and terrestrial territories) and duration in the implementation of program activities. These two important criteria were taken into account in the stratification of the villages because they can influence the quality of the water works, the behavior and the habits of the population in relation to the drinking water service.

2.2 METHODOLOGY

We conducted a study qualitative for descriptive purposes and exploratory in 3 HZs in the PNEVA coverage area during the period from November 15 to 27, 2022; study based on interviews with health professionals.

The objective of qualitative surveys being to understand situations, and not to estimate the values of a survey population, the number of subjects was chosen in a reasoned way. This is the reasoned selection of people chosen for their diversity in order to take into account the most different social situations possible, within the population studied [14,15].

It is a choice oriented towards the key informants at the local level of the health pyramid, in particular, the members of the local committees at the village level, the titular nurses (IT) of the Health Centers (HCs) in the areas and the focal points Sanitized Village of HZs.

The study was conducted by a multidisciplinary team comprising a responsible physician and the members of the team, who were all trained in the study interview guide. The interview method is a qualitative method of social research that tends to bring out all opinions on a specific topic, in order to better understand certain social phenomena [16].

To enable us to assess the role played by different actors at the local level in the process of implementing PNEVA activities, we conducted interviews semi-directive with 3 focal points from HZs, 9 IT from HCs and 18 members of the village committee.

The interview and observation guide contained the following thematic aspects:

- The process of setting up and supervising village structures;
- The sustainability mechanism;
- The maintenance of the structures;
- The HZ managerial process in support of WASH activities (planning, monitoring and supervision)

CONTENT ANALYSIS

The interviews were recorded in raw form and then transcribed in full by HZ, by collection level (Central Health Zones Offices, Health Center and village) then by theme. Systematically, the inter-category analysis had preceded the intracategory analysis. The comments of some were analyzed separately from those of others, to then look for common points and bring out the differences. The thematic and comparative analysis was done taking into account the characteristics of the groups.

First, we made an inventory of all the information collected, which was then transcribed. Content analysis was carried out from transcriptions and field notes taken by the researchers, taking into account the open and inductive approach of the generalizations of the data.

The aim of the analysis was to understand the perception, opinion and point of view of the actors on the establishment, operation and support of the management structures.

2.3 ETHICAL CONSIDERATIONS

The study benefited from the approval of the Provincial Division of Health, the Central Health Zones Offices (CHZO) and the chiefs of the villages surveyed. Participation in the study was voluntary with verbal consent. Data analysis and dissemination of results were done anonymously.

3 RESULTS

3.1 PROCESS FOR SETTING UP AND SUPERVISING VILLAGE STRUCTURES

It is noted that the role of the local village committee and the attributions were not clarified before recruitment. *"The Head of Zone doctor had sent the invitation to seek 10 or 15 people (depending on the case) at the village level, to be trained. We followed a training of 1 to 2 days and then we were asked to organize ourselves into a committee. Some were given agricultural equipment (spades, machetes, hoes) and others nothing »* say some committee members.

The majority of the members were elderly people (over 40 on the day of the survey), predominantly male with limited knowledge of the roles and tasks assigned to this new function. The standards of organization and functioning of the village committees were not well known by the members of the village committee in terms of number of members per committee, mandate, functioning, composition,

competence and resources. It was pointed out the absence of a support and follow-up plan for the work of the village committees, the internal rules and regulations and the status in all the villages and Health Zones visited.

No participation of members of the management team in the holding of the meetings was reported nor were any Minutes (minutes) of the meetings of the committees observed. There is a feeling of rejection from committee members. *"We are neglected, only the community relay (CORE) of other programs are considered, we, like the healthy village program, are dead, the members of the management team no longer involve us in the activities",* says a member of the committee.

Also, it was reported the lack of retraining of members trained more than 5 years ago and replacement of deceased or displaced members.

"Since we were trained, we had forgotten a lot of things; some members are deceased and others inactive, the HZ does not think of renewing. With a small workforce, we do not know how to work well", says another member of the village committee.

3.2 Sustainability Mechanisms

Some HZs had talked about setting up a system of financial contribution from members of the village committee to finance maintenance work on malfunctioning structures; no text or monitoring and evaluation report of this operation has been objectified.

"We had instituted a collection of committee members of the order of 100 to 200 FC, some did not want to pay, and it did not give much", said a member of the committee.

For others, the community was responsible for carrying out environmental sanitation work on water structures and repairing minor breakdowns. Some villages had technicians/masons trained to repair the works and others did not, they were asked to report to the hierarchy in the event of a breakdown.

"The Health Zone (HZ) has abandoned us, that's how we are demotivated. If there are mass activities, the Central Health Zones Offices (CHZO) lines up other people who get money and asks us to work on a voluntary basis, we are tired".

It was also observed the absence of capitalization of the support of the other partners for an integrated approach of the implementation of the activities and the management of the resources and the absence of plan of reinforcement of capacity and renewal of the members of the committees of villages in time and space.

3.3 Maintenance Of Works

It was reported at the zonal level that there was no inventory of problem water structures with a clear definition of the nature of the failure. Unanimously, it was recognized that there are no stores and/or suppliers of hydraulic equipment and spare parts at the provincial level, which limits the capacity of HZs to respond to community demand. It is reported in all HZs a relaxation of the hierarchy in the quest for a solution to the problems of repairing malfunctioning structures. To date, all the water structures in the villages visited are out of order, the population of all the certified areas consume water from unimproved sources.

3.4 Planning, Supervision, Monitoring And Evaluation Of NPSSV Activities

The principle of activity planning in health zones is the bottom-up integrated approach, starting in the health area for consolidation at the level of the Health Zone Central. The operational action plan documents currently available at the Health Center and Health Zone level do not refer to WASH sector activities. The analysis of the situation was very weakly carried out in the minority of HZs and virtually absent in the majority of cases. This situation is justified by the cessation of external funding for the activities of the certified village program. This stoppage of WASH planning is perceived by almost all of the respondents as an abnormal situation.

It is for 3 to 5 years (depending on the different HZs) that the activities of Villages Assainis have not been supervised or monitored. There are no integrated supervisions. The activities of the HZ within the framework of the Healthy Villages program have been stopped for more than 3 years, in particular the self-assessment of the villages, the household knowledge, attitude and practice (KAP) surveys, the quality control of the works, the support for the maintenance of the works. *"The HZ has abandoned us, that's how we are demotivated. If there are mass activities, the HZ lines up other people who get money and asks us to work on a voluntary basis, we are tired",* says a member of the village committee.

No WASH indicators monitoring diagram was observed, the monitoring diagrams and indicators presented during the monthly monitoring meetings and displayed on the walls relate to vaccination, prenatal consultation and malaria treatment activities. *"In the framework for monthly reporting of health center activities, we did not provide for the reporting of WASH activities, this is what leads us to neglect this»,* says a nurse.

4 DISCUSSION

4.1 PROCESS FOR SETTING UP AND SUPERVISING VILLAGE STRUCTURES

It is noted that the role of the local village committee (LVC) and attribution were not clarified before recruitment, the majority of the members were predominantly male elderly people with limited knowledge of the role and tasks assigned to this new function. The standards of organization and functioning of village committees were not well known by the members of the LVC in terms of number of members per committee, mandate, functioning, composition, required competence and resources. It was pointed out the absence of the support and follow-up plan for the work of the village committees, the rules of internal order (RIO) and the statute, in all the villages and Health Zones visited.

No participation of members of the management team in the holding of meetings was reported nor were minutes of committee meetings observed. There is a feeling of rejection from committee members.

The setting up of village committees is a new so-called participatory approach. Its objective is to involve local communities in a process of ownership of the water supply. The fundamental principles of this policy (which seeks to correct State governance errors and improve the drinking water supply system) were in particular the transfer of decision-making, investment and management of water points. water to village communities. The approach is reflected in the establishment, in each locality, of "management committees" responsible for the upkeep and maintenance of water structures [17].

The experience of creating an organized village structure capable of autonomously managing water works in Cameroon was successful, as Mr.Etienne Ngaleu. In 2000 Mr. Serge Noubondieu son of the Bankondji group was expatriated to Italy to work as a photovoltaic energy engineer. Concerned about the health of his parents, he had carried out a study to rehabilitate the water network of his village. In order to correct the weaknesses of the past, the project began by raising awareness among the village population of the importance of drinking water and training the young people of the village in administration, hydraulics and electricity to ensure the management and maintenance of the water network. The local population has been made aware of the fact that the water network belongs to the villagers who must maintain it for the good of the community and the health of their children. The population of Bankondji was sensitized to the point of giving a modest monthly contribution intended for the maintenance and sustainability of the network. At the same time, the Non Gouvernmental Organisation ARCS had set up a management structure (CEPo.Bank) responsible for maintaining the water network and responsible, among other things, for seeking funding to contribute to the sustainability of the network. The members of CEPo.Bank were elected by a very popular village assembly and I, Etienne Ngaleu, was elected as President [18].

In Niger, it was also recognized that the appointment of committees by the villagers would guarantee transparency in management and accountability of the entire community concerned, but the reality is far from the model [19].

In Grande Comore, the management committee was made up of elected representatives from the various associations in the village. The members who composed them theoretically had an elective mandate. The committee representing the local community made its decisions in assembly. He was responsible for the proper functioning of the production and distribution of water from works considered as property of the local community. It sets water charges and collects them. Committee members were volunteers. However, those who acted as collectors were encouraged by a small bonus, the sum of which varied from one locality to another. Since the implementation of this concept in localities with water supply in Grande Comore, the old people who still managed tradition and morality had left the water service development actions to the young people. For the first time in the history of the villages of Grande Comore, the young people of today benefit, through the management committees, from an important place in the management of the affairs of the community villager. It is therefore a revolutionary fact characterized by the more general desire to take care of the development of their village [17].

According to the guidelines of the DRC WASH Consortium Manual, a Water Management Committee is a body elected by the community to represent it in discussions and during decision-making relating to the local management of their water supply system. The establishment of this committee must be done in a transparent manner to allow everyone to participate voluntarily in the maintenance of the system. The roles and responsibilities of members should be clearly stated in the statutes of the organization. It is also recommended that in case of non-compliance with responsibilities, rules and regulations, sanctions are enforced [20].

This procedure is different from what was reported in our study where the dimensions of representativeness, responsibility, transparency and service orientation were not respected. The election of the members was not made by a popular assembly, the weakly sensitized population was not put in contribution to seek its representatives and the members of the LVC were in majority, if not exclusively, of the old people.

The training target in Cameroon, as in Grande Comore, was young people, with a consistent training content, which was not the case in our study. The succession of all its stages with a resource mobilization plan should be drawn up from the start with the HZ management

team, monitored and evaluated. The popularization of implementation procedures, the role and operating methods, the responsibility of the actors, the mandate of the committee, the renewal mechanisms and the performance criteria should be known and formalized from the start in the form of statutes and Internal rules and regulations.

4.2 SUSTAINABILITY MECHANISMS

Some HZs had talked about setting up a system of financial contribution from members of the village committee to finance maintenance work on malfunctioning structures; no text or monitoring and evaluation report of this operation has been objectified.

For others, the community was responsible for carrying out environmental sanitation work on water structures and repairing minor breakdowns. Some villages had technicians/masons trained to repair the works and others did not, they were asked to report to the hierarchy in the event of a breakdown.

It was also observed the absence of capitalization of the support of the other partners for an integrated approach of the implementation of the activities and the management of the resources and the absence of plan of reinforcement of capacity and renewal of the members of the committees of villages in time and space. Community capacity building for the sustainability of quality water services must take into account the training of community members, the mobilization and the rational management of the resources mobilized.

The statutes of the Committee should include provisions for the collection and expenditure of funds. These include requirements in terms of signatories (who approves and signs for disbursements) based on expenditure thresholds (amounts). To ensure the proper operation, upkeep and preventive and corrective maintenance of the drinking water supply system, the committee must collect user fees from users. The money collected will be used for the purchase of spare parts and equipment (pipes, taps, hand pump valves, cylinders, etc.) [20].

In Grande Comore, the management committee was made up of a president, a treasurer and a few collectors, the number of which varied from one village to another. For example, in Foumbouni, a locality in the south, there were four collectors, and in Ouroveni and Simamboini, less populated villages, there were

each two collectors. The collectors came every month to collect the contributions, lump sums to be paid per month and per household. Each collector had a notebook in which he noted the payments made by each household. The treasurer also had a notebook in which he noted all the monthly receipts and expenses. Generally, these committees did not have a bank account, apart from a few located in relatively urbanized localities such as Foumbouni, Mitsoudje, Ntsaoueni or Mitsamiouli. Otherwise, for the majority of localities, the money was kept by the treasurer at his home. Account management is less transparent under these conditions. It was often the subject of local disputes which tended to accuse the members of the committee of embezzlement, accusations that sometimes led to the resignation of members [17].

The non-formalization of the contribution of the community for the maintenance of the works in good working order, the external contribution still expected for the functioning of the village committees, the partial training of technicians and the inability of the ZS to supply itself with parts spare parts and equipment are insufficient supervision measures that have not allowed the sustainability of the activities of the committees. The contribution of the community is obligatory, the amounts and the methods of collection and management must be defined by the population itself.

4.3 MAINTENANCE OF WORKS

It was reported at the zonal level that there was no inventory of problem water structures with a clear definition of the nature of the problem. Unanimously, it was recognized that there are no stores and/ or suppliers of hydraulic equipment and spare parts at the provincial level, which limits the capacity of HZs to respond to community demand. It was reported in all HZs a relaxation of the hierarchy in the quest for a solution to the problems of repairing malfunctioning structures. To date, all the water structures in the villages visited are out of order, the population of all the certified areas consume water from unimproved sources.

The maintenance of water structures is an essential function to guarantee the state of functionality of water structures. In the 1980s, most Cameroonian localities were equipped with drinking water equipment which quickly broke down due to lack of maintenance [21].

In Burkina Faso, it was reported that the village hydraulic structures were broken down or abandoned by the local populations for economic, technical, political or sociological reasons [8].

4.4 PLANNING, SUPERVISION, MONITORING AND EVALUATION OF NPSSV ACTIVITIES

The principle of activity planning in health zones is the bottom-up integrated approach, starting in the health area for consolidation at the level of the Health Zone Central Office. The operational action plan documents currently available at the Health Center and Health Zone level do not refer to WASH sector activities. The analysis of the situation was very weakly carried out in the minority of HZs and virtually absent in the majority of cases. This situation is justified by the cessation of external funding for the activities of the healthy village program. This stoppage of WASH planning is perceived by almost all of the respondents as an abnormal situation.

The managerial functions of the management teams of the Health Zones in support of the NPSSV are lacking, which has a negative impact on the expected performance of the village committees.

In several countries, the involvement of beneficiaries is limited to the planning phase, sometimes to the implementation phase, sometimes without any methodological tool [22], but very rarely to the evaluation of community projects [23]. Many projects therefore fail in their participatory strategy at all stages, especially during implementation [24]. This corroborates the results of the study carried out in Butembo in the DRC, where it was observed that state services only involve the inhabitants and civil society associations in the execution of certain actions, which does not promote good ownership [10].

During a study carried out in the coverage area of NPSSV in the province of South Kivu, the low appropriation of NPSSV post-certification was also reported, among the counter-factors performance, mention was made of the absence/non-existence of grassroots community committees in certain villages and schools; the lack of motivation and effectiveness of existing committees; the absence of an effective maintenance mechanism for the structures put in place, the inadequacy/absence of permanent monitoring supervision of NPSSV post-certification activities by the Central Office of the Health Zone and the Technical and Financial Partners and the weak community mobilization in the village [25].

5 CONCLUSION

This study made it possible to highlight the deficiency in post-certification of local governance for the sustainable management of drinking water in the PNEVA coverage area in the province of Tshopo. The failure of support structures in terms of planning, supervision, monitoring and evaluation has had a negative impact on the establishment, motivation of members, operation, monitoring and sustainability of village committee activities; the functioning of the village committees was done on the basis of external impetus and financing. A reflection on the methods of implementation village committees and on reliable and sustainable means of action remains possible in order to improve the support structures for successful local governance. One of the recommendations calls for the introduction of an operational mechanism allowing the maintenance and monitoring of certification standards.

CONFLICTS OF INTEREST

The authors declare that there is no conflict of interest.

CONTRIBUTION OF THE AUTHORS

All the authors contributed to the conduct of this research work and to the drafting of the manuscript. They all read and approved the final version.

- Basandja Longembe: writing the protocol and tools, collecting and analyzing data and writing the manuscript
- Panda Lukongo and Losimba Likwela: protocol validation and final reading

REFERENCES

[1] Allan T. (2001). The Middle East Water Question: Hydropolitics and the global economy, IB Tauris, London and New York.
[2] Fritz V, Kaiser K, Levy B (2009). Problem driven governance and political economy analysis. Good Practice Framework.The World Bank, September 2009.
[3] Jiménez A., Mtango F. and Cairncross S. (2014) What role for local government in sanitation promotion? Lessons from Tanzania. Water Policy 16 (6), 1104-1120, ISSN: 1366-7017.
[4] OECD (2011) Perspective Note: the Enabling Environment for Capacity Development;
Available online at: http://www.oecd.org/dac/governance-peace/governance/docs/48315248.pdf

[5] Rasolofomanana, L. (2012). A critical look at the governance of the water, sanitation and hygiene sector in Madagascar: Water and Sanitation for All. Institute of Development Policy and Management (IOB) at the University of Antwerp, Belgium.
[6] AEP-Latrine booklet, Ministry of Water & al, 2011.
[7] Hounmenou, BG (2006). Governance of drinking water and local dynamics in rural areas in Benin.Sustainable development and territories. Economics, geography, politics, law, sociology, (File 6).
[8] Sessouma A «Management of water resources and actors' strategies. Analysis of local water management policies in Burkina Faso: case of Oubritenga in Moaga countryAnthropology & development, 40-41 | 2014, 209-2011.
[9] Unicef, Guide-to-good-practices-sanitary-villages. (https://ponabana.com consulted on 05/20/2020).
[10] Kasereka Kaleghana K and Mate Mweru JP. BUTEMBO, DRC. Environmental governance of the city of BUTEMBO by urban public services (North Kivu, DRC) Tropicultura2018. 36; 3: 578-592.
[11] J. van Olmen; B.Criel; U. Bhojani; B. Marchal; S. van Belle; Mr. F. Chenge; T. Hoerée; Mr. Pirard; W. Van Damme; G. Kegels (2012).
[12] The introduction of an analytical model for health system analysis and its application to two case-studies.Health, Culture and Society. Volume 2, No. 1 | ISSN 2161-6590 (online) DOI 10.5195/hcs.2012.71 |http://hcs.pitt.edu
[13] Gilson L., Health Policy and Systems Research: Methodology Manual: Abridged Version. World Health Organization2013.
[14] Rist, G. (1990). «'Development' as a part of the modern myth: The western 'socio-cultural dimension' of 'development'.»The European Journal of Development Research 2 (1): 10-21.
[15] Beaud S. The use of the interview in the social sciences. Politix. 1996; 9 (35): 226-257.
[16] Simard G. «The focus group method in Africa: user guide», in Leading, planning and evaluating action. Laval, Mondia editors 1989.pp 15-99.
[17] Donegan JM, Duchesne S, Haegel F. On the interpretation of research interviews. At the frontiers of attitudes, Paris 2002, L'Harmattan, p. 272-295.
[18] European Union, 2022. Capacity building for self-management of development processes at local level. STORY: Access to clean and drinking water for the populations of Bankondji in the department of Haut-Nkam in the West Region.
[19] Jean Pierre Olivier de Sarda, Abdoua Elhadji Dagobi (2000) Community management serves it the public interest? African Politics; 80 (153-168).
[20] Technical sheet 4: establishment of the Water Management Committee.Adapted from the DRC WASH Consortium Manual, May 2015 (USAID, CRS).
[21] Bierschenk T. and Olivier de Sardan J.-P. (eds.), 1998, Powers in the Village. Rural Benin between democratization and decentralization, Karthala, Paris: 262.
[22] Schulenkorf N. Sustainable community development through sport and events: A conceptual framework for sport-for-development projects.Sports management review. 2012; 15 (1): 1-12.
[23] Snijder M, Shakeshaft A, Wagemakers A, Stephens A, Calabria B. A systematic review of studies evaluating Australian indigenous community development projects: the extent of community participation, their methodological quality and their outcomes.BMC public health. 2015; 15 (1): 1-16.
[24] Ndiaye P NN, Diongue M, Faye A, Dia AT. Community participation in a latrine project in rural Senegal. Santé Publique. 2010; 22 (1): 147-54.
[25] Doris Bengibabuya Hombanyi and Hermès Karemere (2022) Community participation in the Healthy Schools and Villages Program in the health zone of Bunyakiri in South Kivu in the Democratic Republic of Congo: Challenges of ownership and perspectives.Innovative Space of Scientific Research Journals; Flight. 35 No. 3 Feb. 2022, p. 492-501.

International Journal of Innovation and Applied Studies
ISSN 2028-9324 Vol. 39 No. 2 Apr. 2023, pp. 684-688
© 2023 Innovative Space of Scientific Research Journals
http://www.ijias.issr-journals.org/

L'impact de la gestion des flux migratoires sur les relations euro-marocaines suite aux changements politiques dans le sud de la Méditerranée

[The impact of the management of migratory flows on Euro-Moroccan relations following political changes in the southern Mediterranean]

Taoufyq Lamlili

Docteur en Droit Public et Sciences Politiques, Morocco

Copyright © 2023 ISSR Journals. This is an open access article distributed under the ***Creative Commons Attribution License***, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

ABSTRACT: The arrival of what's called the Arab spring, substantially from the morning of 2011 in the countries on the southern reinforcement of the Mediterranean, has upset the European perception of security and stability in the entire region. Thus, the prelaunch of a foursquare and formative dialogue between the European Union and Morocco appears vital. Consideration of Morocco's new approach to its relations with African countries must be farther integrated into the design of the Euro-Moroccan cooperation. Actually, the operation of operation of migrant overflows is significant in all the processes of rebuilding Euro- Moroccan relations. The dialogue on migration programs is only a reflection of the geostrategic significance that Morocco occupies between Europe and Africa. Accordingly, the strategy of migrant tactfulness, which is followed by Morocco, can only make our country the middleman between European demands and African enterprises. The charge would thus be to make artistic, profitable and demographic differences a source of sustainable and balanced development rather than a question of pressures and misreading.

KEYWORDS: migration, dialog, partnership, Europe, diplomacy, Africa, mediator.

RESUME: L'avènement de ce qu'on appelle le printemps arabe principalement à partir du début de l'année 2011 dans les pays de la rive Sud de la méditerranée a bouleversé la perception européenne de la sécurité et de la stabilité dans toute la région. De ce fait, la relance d'un dialogue franc et constructif entre l'Union Européenne et le Maroc apparait vitale. A ce niveau, la prise en considération de la nouvelle approche marocaine en matière de ses relations avec les pays africains doit être intégrée davantage dans la conception du partenariat euro-marocain. Certes, la gestion des flux migratoires est signifiante dans tous les processus de reconstruction des relations euro-marocaines. Le dialogue sur les politiques migratoires n'est que le reflet de l'importance géostratégique que le Maroc occupe entre l'Europe et l'Afrique. En somme, la stratégie de la diplomatie migratoire qui est suivie par le Maroc ne peut que rendre notre pays le médiateur entre les exigences européennes et les préoccupations africaines. La mission serait, donc, de faire des différences culturelles, économiques et démographiques une source de développement durables et équilibré plutôt qu'une question de tensions et de mal compréhension.

MOTS-CLEFS: migration, dialogue, partenariat, Europe, diplomatie, Afrique, médiateur.

Durant ces deux dernières décennies, le Maroc a noué un partenariat exceptionnel avec l'Union Européenne embrassant des domaines divers et variés qui ont consolidé son positionnement économique et son leadership régional. Mais la nouvelle configuration migratoire, qui constitue un risque majeur pour les pays européens, impose une nouvelle lecture de ces relations afin de mieux clarifier les droits et les devoirs des deux partenaires.

Corresponding Author: Taoufyq Lamlili

Les évènements politiques qui ont caractérisé la région sud de la Méditerranée en 2011 à travers ce qu'il est convenu d'appeler « le printemps arabe », ainsi que l'orientation du Maroc vers sa profondeur africaine - Il a réintégré l'Union Africaine en Janvier 2017 - exposent activement le royaume à la montée des flux migratoires**.** La gestion de ces flux, devenu un enjeu géopolitique d'une extrême acuité, influe même sur le futur des relations du Maroc avec ses partenaires historiques[1].

Certes, le dossier des politiques migratoires n'est qu'un élément parmi d'autres des relations euro-marocaines, mais l'ouverture du Maroc vers l'Afrique, expose davantage ses frontières au passage des migrants et permet de dessiner de nouvelles relations. **Comment le Maroc pourrait faire de sa gestion des questions migratoires un soft power qui l'aiderait à redéfinir ses relations avec l'Union Européenne et à occuper une position de chef de file dans des domaines variés ?**

La réponse à cette question constitue la base de notre thèse. Nous avons cherché à comprendre la manière avec laquelle le Maroc cherche à associer les exigences européennes et les préoccupations africaines en matière de politiques migratoires[2]. Un suivi du déroulement des évènements et des actualités prouve en effet d'une manière claire que les politiques migratoires constituent actuellement l'essentiel des relations euro-marocaines et, même plus, un élément de puissance. Il suffit à cet égard de rappeler la crise migratoire du 18 mai 2021 lorsque plus de 8.000 migrants ont franchi les frontières de Sebta en moins de 24 heures engendrant des réactions virulentes de la part des Européennes qui se sont empressés d'accuser le Maroc de faillir à ses engagements en matière de gestion migratoire[3].

UNE IMAGE D'ÉPINAL: « LE MAROC GENDARME DE L'EUROPE »

L'image du « *Maroc gendarme de l'Europe* » est le prisme par lequel l'Union Européenne a toujours considéré le rôle du Maroc sur le dossier de la migration[4]. Mais au moment où celle-ci redéfinit ses frontières à l'Est, le rapport avec les pays du sud de la Méditerranée appelle de nouvelles décisions d'ordre politique et économique qui nécessitent une perspective à long terme et des instruments adéquats. La Méditerranée est une région frontalière, un lieu de rencontre de trois continents: l'Europe, l'Afrique et l'Asie.

Avec la chute de certains régimes dans le cadre du « printemps arabe » et l'exacerbation de la crise socio-économique dans ces pays, les dangers se multiplient: le terrorisme, le trafic de drogue, la criminalité organisée et l'immigration clandestine[5]. Certes, l'intensité des flux migratoires vers l'Union Européenne a poussé les décideurs européens à réinventer leurs politiques migratoires (L'Union Européenne a décidé d'augmenter la subvention destinée au Maroc dans le cadre de la lutte contre la migration clandestine pour que les aides annuelles passent de 50 à 140 millions d'euros en 2018) [6]. Mais les changements politiques dans la région sud méditerranéenne n'ont pas encore donné les résultats souhaités.

D'un autre côté, avec sa réintégration à l'Union Africaine, le Maroc a entamé une nouvelle démarche dans ses relations extérieures appuyée par la multiplication des visites royales au sein du continent africain. Les relations économiques et culturelles ne cessent de se développer avec l'Afrique, surtout celle de l'Ouest engendrant une augmentation des flux migratoires vers le Maroc[7]. Les nouveaux arrivés choisissent soit de s'installer au Maroc exigeant de substantiels préparatifs d'accueil ou de le considérer comme un transit vers l'Europe. La situation devient complexe si on y ajoute l'effet de la migration venant des pays tiers méditerranéens en difficulté comme nous l'avons soulevé précédemment.

Mais en l'absence d'une vision globale intégrant le changement de statut du Maroc, l'Union Européenne continuera à le considérer comme un simple gendarme, une zone de transit et de contrôle. IL faut grader à l'esprit que l'Europe a conclu

[1] Alioua Mehdi, « La nouvelle politique migratoire marocaine », Rabat, Fondation konrad adenauer, 2017, P 16.
[2] Mouna Khalid, Harrami Nourddine et Maghraoui Driss, «L'immigration au Maroc : les défis de l'intégration », Collection RSSI, 2017, P 26.
[3] Article « Ceuta, 4 raisons qui expliquent l'arrivée record de milliers de migrants du Maroc vers l'Espagne », BBC NEWS AFRIQUE, Le 21 Mai 2021.
[4] Belguendouz Abdelkrim, « Maroc réservoir de talents et de compétences… pour l'UE ? Alerte au nouveau pacte européen contre la migration et l'asile… des africains », Edition Des Amicales, 2021, P 12.
[5] Luis Martinez, « L'Afrique du Nord après les révoltes arabes », Collection Académique, Editeur Presses de Sciences Po, Année 2019, P 33.
[6] Rapport Commission Européenne, « Renforcer la coopération en matière de retour et de réadmission dans le cadre d'une politique migratoire de l'Union équitable, efficace et globale ». 2021. P 19.
[7] Sara Benjelloun, «Diplomatie migratoire du Maroc : la nouvelle politique migratoire ou la formation d'une politique publique engagé pour soutenir la politique étrangère du Maroc», Thèse de Doctorat, Université de Grenoble-Alpes, 2019, P 55.

plusieurs accords de partenariats euro-méditerranéens afin de sécuriser sa frontière Sud et que le développement de l'immigration vers son territoire était toujours la raison principale pour l'octroi d'avantages économiques aux pays du sud[8].

LE MAROC APPELÉ À FAIRE L'ÉQUILIBRISTE

La question migratoire constitue dès lors une ressource politique ou plutôt une sorte de rente géographique qui permet au Maroc de négocier des contreparties conséquentes comme l'accès au marché commun intérieur qu'il n'aurait peut-être pas pu obtenir autrement[9]. De cette manière, les mesures prises par le Maroc dans le domaine ne sauraient être interprétées comme étant le résultat exclusif de pressions européennes.

Loin d'être le réceptacle de quelconques politiques migratoires européennes, le Maroc tente de se positionner en tant qu'acteur de ces mêmes politiques. La diplomatie marocaine joue à l'équilibriste: répondre aux demandes européennes sans compromettre ses intérêts stratégiques en Afrique. La question migratoire est donc négociée par le Maroc simultanément sur trois fronts à savoir: l'Union Européenne, le Maroc et les pays africains. La diplomatie marocaine et les ministères impliqués font en sorte, à travers diverses stratégies, de trouver le meilleur compromis possible. Le Maroc tente ainsi de se positionner en tant que médiateur entre l'Europe et l'Afrique au sein d'un système de gouvernement régional des migrations.

Cette nouvelle plaidoirie marocaine est issue de la diplomatie migratoire que le Maroc commence à suivre. Les nouvelles positions marocaines à l'égard de ses voisins du sud et avec sa Nouvelle Politique Migratoire initiée depuis septembre 2013, il espère devenir le médiateur entre L'Europe et l'Afrique. Il est édifiant à ce niveau de voir comment le Maroc est capable de remplir cette mission à travers l'outil de la migration. L'objectif reste toujours le perfectionnement du dialogue euro-marocain qui peut être un axe privilégié en faveur de la stabilité et du développement afin de devenir un exemple pour la région méditerranéenne dans son ensemble.

La Nouvelle Politique Migratoire adopte une approche soucieuse du respect des Droits de l'Homme, rompant ainsi avec la situation profondément marquée par la dimension sécuritaire qui prévalait jusque-là[10]. Cette démarche répond à des besoins divers tels que la meilleure gestion des flux migratoires, la construction de l'Etat de Droit, le respect des engagements internationaux et l'ambition d'occuper le rôle de médiateur régional entre l'Europe et l'Afrique. La politique migratoire ne peut être dissociée du volet Droits de l'Homme que le Maroc partage avec l'Union Européenne.

A travers sa Nouvelle Politique Migratoire, le Maroc a développé trois solutions pour mieux gérer les flux migratoires et limiter l'irrégularité administrative des étrangers présents sur son territoire à travers l'opération de la régularisation exceptionnelle, le renforcement du dispositif d'aide au retour volontaire et à la réintégration et le renforcement des frontières. C'est ainsi que les autorités ont proposé aux migrants irréguliers déjà présents sur le sol marocain la possibilité exceptionnelle de régulariser leur situation administrative. A ce niveau on compte plus 31500 migrants ont été régularisé jusqu'à fin 2016[11].

Pour mener à bien cette opération, des moyens considérables ont été déployés et les critères de régularisation fortement assouplis. Différentes actions destinées à promouvoir et à faciliter leur intégration ont été pensées et mises en œuvre ou en phase de l'être dans les domaines de l'éducation, de la santé, de l'emploi ou encore du logement[12]. Les étrangers régularisés peuvent désormais bénéficier de différents services et programmes au même titre que les Marocains.

Dans le but de perfectionner la Nouvelle Politique Migratoire, le Maroc a adopté la Stratégie Nationale de l'Immigration et de l'Asile le 18 Décembre 2014. Cette stratégie est un cadre général qui reprend de manière cohérente les actions à entreprendre pour la conduite de la politique migratoire. Le défi majeur réside dans la mise en œuvre de ces actions. Plus de huit ans après l'adoption de la stratégie, le constat est celui d'une lenteur certaine dans l'opérationnalisation des mesures prévues[13]. Le retard le plus édifiant est celui constaté dans l'adoption des lois relatives à l'asile. Une autre explication du

[8] M'rabet El arbi, « L'UE, le Maroc et les migrations africaines irrégulières », Collection Allure Saharienne, 2017, P 46.
[9] M'rabet El arbi, « L'UE, le Maroc et les migrations africaines irrégulières », Collection Allure Saharienne, 2017, P 66.
[10] Alioua Mehdi, « La nouvelle politique migratoire marocaine », Rabat, Fondation konrad adenauer, 2017, P 25.
[11] Rapport Politique Nationale d'Immigration et d'Asile, Ministère Délégué auprès du Ministre des Affaires Etrangères et de la Coopération Internationale Chargé des Marocains Résidant à l'Etranger et des Affaires de la Migration, 2018, P 10.
[12] Rapport Politique Nationale d'Immigration et d'Asile, Ministère Délégué auprès du Ministre des Affaires Etrangères et de la Coopération Internationale Chargé des Marocains Résidant à l'Etranger et des Affaires de la Migration, 2018, P 23.
[13] Article, « L'asile, un droit en péril ? », Auteur Salaheddine Lemaizi, Revue ENASS, Le 20 Juin 2022.

ralentissement de l'application de cette stratégie réside dans les circonstances défavorables qui ont suivi la propagande de la pandémie de coronavirus à partir de la fin de 2019.

Le Maroc à travers sa politique étrangère a l'occasion d'être l'intermédiaire à la fois entre l'Union Européenne et l'Afrique dans son ensemble et entre l'Union Européenne et la région sud de la Méditerranée. Il s'agit d'un rôle géostratégique important et complétement nouveau. D'ailleurs, il est, dans nombre d'occasions, un espace de dialogue entre les civilisations.

LES NOUVELLES DONNES RÉGIONALES IMPOSENT UNE RELECTURE DU PARTENARIAT UE/MAROC

Dès lors, le partenariat en matière de gestion des flux migratoires doit viser à utiliser les possibilités et les interdépendances économiques et sociales. Son importance devrait se concrétiser non seulement par la réalisation progressive de projets intégrés, mais aussi par de nouveaux instruments financiers. En particulier, le développement du secteur économique et la promotion des investissements extérieurs directs requièrent des instruments plus efficaces.

En même temps, la réalisation d'une zone de libre-échange équitable permettra aussi de renforcer les liens de l'Union Européenne avec le continent africain, grâce aux relations privilégiées que le Maroc entretient depuis longtemps avec les pays africains. Le Maroc est considéré comme une plateforme d'exportation idéale vers l'ensemble de l'Afrique vu la diversité des infrastructures pour la promotion de l'investissement.

Aux interventions régionales en faveur du secteur économique devraient s'ajouter des actions dans le secteur social pour mieux mettre en valeur le capital humain. Peut-être devrons-nous affronter un défi plus difficile: faire des différences de caractère économique et démographique une occasion de développement plutôt qu'une source de tensions et d'incompréhensions.

Tout au long de ce travail, il nous est apparu clair que le Maroc a déployé un effort considérable pour repositionner ses relations avec l'Union Européenne en défendant ses nouvelles préoccupations à l'issue de sa réintégration à l'Union Africaine. Mais la mission est difficile face à l'accumulation de positions défavorables et de jugements négatifs de la part des Européens à l'encontre de la migration venant d'Afrique. Les anciennes puissances coloniales continuent en effet toujours de percevoir le continent africain comme un espace de tension et de sous-développement empêchant l'ouverture de nouvelles relations saines entre les deux continents.

Le Maroc a suivi une stratégie innovante basé sur un jeu de tactique intéressant. En se présentant devant les Européens et le reste des Africains comme le défenseur de l'approche humaine des politiques migratoires, il a donné un exemple type d'un vrai partenaire conscient qui peut prendre l'initiative dans le bon sens pour l'intérêt général où chacune des parties sente qu'elle est gagnante. Ce repositionnement a permis au Maroc une importante marge de manœuvre dans ses relations extérieures qui répondent désormais à trois objectifs. La politique extérieure marocaine part de la défense des intérêts nationaux, suit les préoccupations des partenariats avec les voisins africains avant d'entamer des négociations constructives avec l'Union Européenne.

A ce niveau le commissaire européen chargé de la politique européenne de voisinage et de l'élargissement, Olivér **Várhelyi** a déclaré le 20 Décembre 2019: *«Le Maroc joue un rôle crucial en tant que partenaire de l'Union Européenne. Ensemble, nous contribuerons à la croissance durable et inclusive du Maroc, nous lutterons contre les réseaux de passeurs qui mettent en danger la vie des personnes vulnérables et nous améliorons la protection de migrantes victimes de ces réseaux criminels. Le Maroc peut compter sur l'UE, notre partenariat se poursuivra de manière continue pendant mon mandat*»[14]. L'Europe commence, donc, à sentir l'importance du Maroc comme un partenaire sûr dans la gestion des flux migratoires.

QUID DE LA POSITION DE L'UNION EUROPÉENNE SUR L'INTÉGRITÉ TERRITORIALE ?

Il est important aussi que le Maroc exige une position favorable de l'Union Européenne concernant sur le conflit du Sahara. Jusqu'à présent, celle-ci s'est montrée réticente face à sa proposition relative à une large autonomie des provinces sahariennes dans le cadre de la souveraineté marocaine. Cette proposition négociable dans son principe et sa philosophie n'en a reçu qu'une appréciation de principe, un simple engagement politique alors que l'Union Européenne connaît mieux que d'autres

[14] Voir le site : https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/pt/ip_19_6810-

partenaires les tenants et les aboutissants historiques, politiques et géostratégiques de ce dossier[15]. Elle n'est que trop consciente de la nécessité d'aider le Maroc à sauvegarder ses frontières qui sont la première barrière de défense contre tous les mouvements d'immigration clandestine venant du Sahara jusqu'aux pays du Sahel. Comme elle sait pertinemment que des dangers potentiels peuvent se matérialiser sous plusieurs formes, essentiellement la menace du terrorisme international. Attentats, enlèvements, piraterie, camps d'entraînements...sont des risques importants qui peuvent être une source d'émigration de masse en direction de l'Afrique du Nord et des rivages européens.

En conclusion, il est plus que jamais temps que l'Union Européenne s'engage dans un nouveau partenariat en matière de politiques migratoires avec le Maroc pour l'aider davantage à contrôler ses frontières. Et cela ne pourrait s'accomplir sans une prise en compte de la nécessité de l'assister dans l'accomplissement de son intégrité territoriale.

REFERENCES

[1] Alioua Mehdi, « La nouvelle politique migratoire marocaine », Rabat, Fondation adenauer, 2017.
[2] Belguendouz Abdelkrim, « Maroc réservoir de talents et de compétence pour l'UE ? Alerte au nouveau pacte européen contre la migration et l'asile des africains », Edition Des Amicales, 2021.
[3] Luis Martinez, « L'Afrique du Nord après les révoltes arabes », Collection Académique konrad, Editeur Presses de Sciences Po, Année 2019.
[4] M'rabet El arbi, « L'UE, le Maroc et les migrations africaines irrégulières », Collection Allure Saharienne, 2017.
[5] Mouna Khalid, Harrami Nourddine et Maghraoui Driss, «L'immigration au Maroc: les défis de l'intégration », Collection RSSI, 2017.
[6] « Ceuta, 4 raisons qui expliquent l'arrivée record de milliers de migrants du Maroc vers l'Espagne », BBC NEWS AFRIQUE, Le 21 Mai 2021.
[7] « L'asile, un droit en péril ? », Auteur Salaheddine Lemaizi, Revue ENASS, Le 20 Juin 2022.
[8] Rapport Commission Européenne, « Renforcer la coopération en matière de retour et de réadmission dans le cadre d'une politique migratoire de l'Union équitable, efficace et globale », 2021.
[9] Rapport, Politique Nationale d'Immigration et d'Asile, Ministère Délégué auprès du Ministre des Affaires Etrangères et de la Coopération Internationale Chargé des Marocains Résidant à l'Etranger et des Affaires de la Migration, 2018.
[10] Sara Benjelloun, «Diplomatie migratoire du Maroc: la nouvelle politique migratoire ou la formation d'une politique publique engagé pour soutenir la politique étrangère du Maroc», Thèse de Doctorat, Université de Grenoble-Alpes, 2019.
[11] «L'Union Européenne renforce son appui au Maroc avec de nouveaux programmes » https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/pt/ip_19_6810.
[12] «Josef borrell réitère la position de l'Union Européenne concernant le Sahara marocain » https://www.diplomatie.ma/index.php/fr/josep-borrell-r%C3%A9it%C3%A8re-la-position-de-lunion-europ%C3%A9enne-concernant-le-sahara-marocain.

[15] Voir le site : https://www.diplomatie.ma/index.php/fr/josep-borrell-r%C3%A9it%C3%A8re-la-position-de-lunion-europ%C3%A9enne-concernant-le-sahara-marocain

International Journal of Innovation and Applied Studies
ISSN 2028-9324 Vol. 39 No. 2 Apr. 2023, pp. 689-696
© 2023 Innovative Space of Scientific Research Journals
http://www.ijias.issr-journals.org/

From Sport Tourism to Geosport

Saïd Mirari[1] and Ali Aoulad Sidi Mhend[2]

[1]Mohammed V University, Faculty of Science in Rabat, Laboratory of Tourism Engineering, Heritage and Sustainable Development of the Territories, P.O. BOX 1014 RP, Rabat, Morocco

[2]Geo-Biodiversity and Natural Patrimony Laboratory (GeoBio), Geophysics, Natural Patrimony Research Center (GEOPAC), Institut Scientifique, Mohammed V University in Rabat, Morocco

Copyright © 2023 ISSR Journals. This is an open access article distributed under the ***Creative Commons Attribution License***, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

ABSTRACT: Tourism is a socioeconomic and environmental activity aimed at discovering new leisure destinations as well as a broad concept encompassing two aspects; mass tourism and sustainable tourism. In parallel with the growth of sport practices, in recent years, the supply and demand for tourism on the sport of nature as the main reason for travelling has increased, while taking into account the value of the geography of sport as a science of society's space allows us to learn these sports cultures. Geosport is one of the most recent concepts in the field of tourism. it focuses mainly on the promotion of spaces, sports heritage sites and routes as a tourist attractive means through sustainability and sustainable management measures. As a result, the focus on sport tourism should be primarily on geosport as a socioeconomic driver of rural development.
This article presents a correlation between scientific contributions that highlight the close link between sport tourism and heritage resources while emphasizing the broad scope of geosport. These contributions allow us to better understand how geosport has evolved over time and to identify future challenges. Also, it is part of a series of studies surveying theoretical and empirical work in the field of tourism, sport and geography.

KEYWORDS: Sport tourism, geosport, sport geography, sustainable development & heritage.

INTRODUCTION

The concept of sport tourism in its present form only began to take shape in the eighties of the previous century (GELSENKIRCHEN E.A.2007). It firsly appeared spontaneously, then at the instigation of the States, it helps alleviate the social ills caused by the various economic policies put in place. In recent years, tourism and associated sports activities have developed strongly and have become one of the main drivers of socio-economic development in many rural, Saharan and mountain areas (TISSOT.L et al 2018). This association is engaged in a process of transition and management of the composition of supply and the variation of demand following the effects of changes in the world market of goods and services.

By an integral vision of the attractiveness of sport practices and the action of sustainability, which is implicit in the definition of Geosport; this concept, as a field of investigation in vogue for some years, it is often considered a way to practice sport as the main reason to travel. It refers to the implementation of new and more flexible forms of regulation and practices based on the principle of sustainable development (ANGERON.V & SAFFACHE.P, 2008). This is a situation that challenges us to rethink the context of sustainability in order to find alternatives that can preserve the tourist destination and give it a fresh start with a creative vision. The latter is based on the creation of new socio-economic activities focused on the presentation of cultural identity and on a planning strategy that improves territorial competitiveness (AUGUSTIN, J.-P. & SUCHET, A. 2016; GOFFI, GIANLUCA, 2013).

We must first know the chronology and trajectory of the fundamental concepts that we must develop in this modest article: sports tourism and geosport. These concepts remain quite ambiguous and difficult to define and to combine a term as broad as sustainability and conceptualization can therefore differ if one insists on the economic and social component or the

environmental component. This conceptual ambiguity has always given rise to debate and research on a global scale, and has also given rise to various concepts and definitions that vary from one country to another and from one school of thought to another.

The choice of a geosport destination has a double mission: the promotion of this mode of tourism allows to provide a well-being to the local population, to value the local products, to label the territory and to create around activities related to the social and solidarity economy ways of strengthening cooperation and competitiveness in a framework of common economic interest. On the other hand, this tourism will participate in the implementation of certain coercive actions to ensure the protection of the local natural and cultural heritage, to value and conserve the local attractions and while taking into account the environmental impacts caused and expected.

Within the framework of this article, several questions must be asked: what are the usual definitions of concepts? What is the definition for geosport? And what is the debate about these concepts and the conditions that have favoured its emergence in recent years?

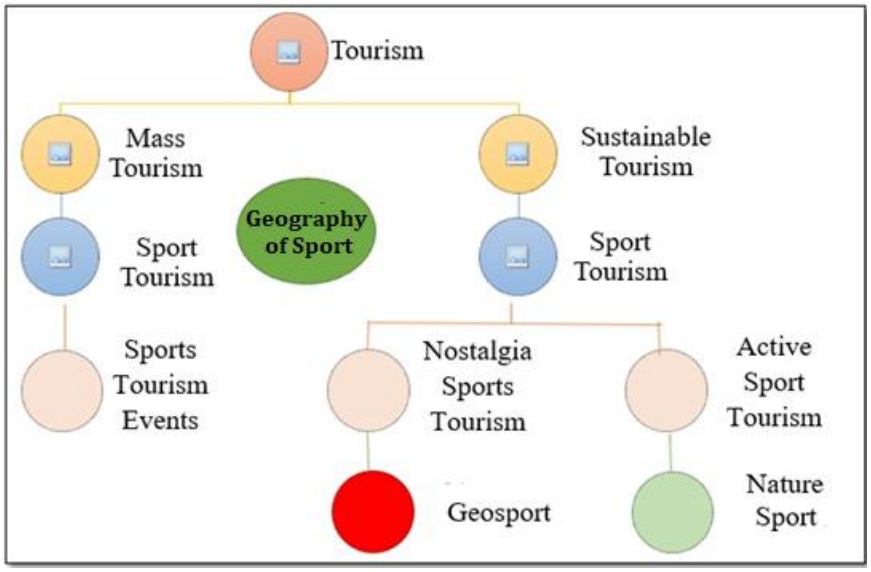


Fig. 1. Diagram describing the transition from sport tourism to geosport

TOURISM: A HIGH DEMAND ACTIVITY

Tourism is a concept which has various manifestations with very important spatial components, which must always be taken into account by measures where it implies a determined use of the territory and its natural resources. This economic activity puts travellers in direct contact with the local population and its culture, and has a strong impact on the socio-cultural and environmental frameworks of the territory (BUDEANU A. 2005).

Tourism is a complex phenomenon in constant evolution, determined by a multitude of interrelated factors: tourist demand and supply, geographical space and touristic players. At the OTTAWA conference (1991), the controversy ended and established the one that, until now, is the official definition of tourism: “Tourism shall include activities carried out by persons during their travels and stays in those situated outside their usual environment for a consecutive period of at least 24 hours (night on site) and not exceeding one year, primarily for recreational, business and other purposes” (UNESCO, 1992).

In addition, tourism is one of the most important sectors of the global economy and encompasses a myriad of businesses that are directly or indirectly linked to touristic activities (UNWTO, 2018). This is due to the many and very diverse exchanges that tourism brings together according to the purpose for which the trip is made, a mass tourism trip, as well as a sustainable tourism trip. As in all sectors, its professionalization and specialization have generated new types of tourism throughout history. There are many functions of tourism, these are classified according to the type of trip, the purpose of the trip, the activity to be carried out, the reasons, the actors, as well as an infinite number of characteristics that motivate us to travel from one place or another (YOUSAF, A et al,. 2018).

In this article, we focus on sustainable tourism linked to the practices of sport and its geographical space. In the same sense, tourism, and in particular sustainable tourism, is considered as a set of "good practices" recommended by the main tourism stakeholders for a proposed territory, especially in a perspective of sustainable development (RICHARDSON R.B, 2021; SHARPLEY.R, 2010). Sustainability, on the other hand, is a principle of action which takes a closer look at the path of development which does not cover unified programmes, but which must present a set of strategies, equipped with this concept, they present themselves as carriers of solutions to economic and environmental problems with a growing governance that takes into account the gravity and difficulty of the mission.

SPORTS TOURISM: ANOTHER MODE OF TRAVEL

When we talk about sports tourism, we are talking about stays during which travellers mainly travel outside the usual area to practice sport and choose places and accommodation according to tourist activities. Sports tourism takes many forms and profiles of tourism as a set of leisure activities related to rest, discovery and enjoyment of sports products (RADICCHI.E, 2013). Indeed, a "sports tourist" is any person who temporarily leaves his home to engage in a sporting activity related to the discovery of a destination, participate in a sporting event or competition or attend (JEONG, Y et al;. 2020; JIANG, X et al,. 2021).

According to NEIROTTI (2003), sport tourism can be broadly described as: “Including travel outside the primary residence to participate in a sport activity, for recreational or competitive purposes, travel to observe sport at the grassroots or elite level, and travel to a sporting attraction such as a sports museum, for example.” WEED & BULL (2004) conceptualised the phenomenon of sports tourism as follows: "A social, economic and cultural phenomenon resulting from the unique interaction between an activity, people and place". GAMMON & ROBINSON (2003) suggested that sport tourism can be categorized as hard or soft sport tourism, while GIBSON (2005) pointed out that there are three classifications of sport tourism: participation in sporting events, visiting sports heritage sites and routes, or when tourists seek to satisfy their psychomotor needs. The three classifications are:

Sports Tourism Events: Event sports tourism is a purely visual approach. The tourist is a spectator. He travels to attend a competition, a major sporting event (RATKOWSKI W, RATKOWSKA J 2018). For example, the Olympic Games, the football world cup... this type of sports tourism is marked by globalization and media coverage of competitions;

Nostalgia Sports Tourism: This ranking of sports tourism is linked to the visit of infrastructures of a national or world sports heritage. It involves going to mythical places, places that bring back memorable memories. It can also be a source of cultural enrichment, such as the discovery of the Olympic Museum, and natural enrichment, such as sites of biological, ecological and geological interest;

Active Sport Tourism: Active sport tourism brings together individuals, simple, amateur or high-level professionals who practice a sport during a trip outside the usual field. Taking up the challenge of a marathon, an adventure hunt or mobilized on a great competition, who can also take advantage of the event to discover a destination.

NATURE SPORT: AN INNOVATIVE CONCEPT OF ACTIVE SPORT TOURISM

Nature and sport are major components of tourism and the urban way of life, which lead to a very high level of sedentary living due to the stress and pressure on the individual, who is far from nature (BUCKLEY.R, 2011; SUNLU U, 2003). This distancing leads to a growing return to nature through various activities that take place in nature with a strong and constant demand for sports activities in natural areas (JAKSIC-STOJANOVIC, A., & ŠERIC, N. 2019). Indeed, the relationship between sport and nature is more evident because a large number of sports practices depend on types of natural destinations, which generally exist in natural places outside the usual location of tourists; this means that the transition to nature is an obligation and a necessity.

The concept of "nature tourism" is best known in the jargon of tourism professionals as "active sports tourism", which refers to a rather complex, changing and multidimensional reality, difficult to analyse and evaluate (MELO.R et al,. 2020; Gammon and Robinson, 2003; GIBSON 1998; PERIC. M et al,. 2018; CHADWICK, S. (2005); SINGH, S. et al,. 2016). In addition, it integrates a wide range of tourism and recreational activities in various contexts, scenarios, techniques and materials. On the other hand, nature tourism is represented by different itineraries, practices and trips that range from those adapted to family groups, groups of friends, environmental education centers for adventurers looking for a new experience to occupy their free time or organize their holidays in a random or atypical way (GRAJA-ZWOLIŃSKA, S., & SPYCHAŁA, A. (2013); SANCHEZ. A. D et al,. 2020). It is therefore a major concept that encompasses an infinite number of tourist and sports modalities in nature that include a complementary offer associated or merged with different types of thematic tourism, different areas and other types of tourist accommodation.

Sports tourism offers are a major motivation for nature tourism, especially in destinations that are also attractive with a specialized brand image. And we must not forget that recreational activities in nature also generate frequent and short trips (hikes) from the city to peri-urban, rural and protected areas (J.E. BIGNE et al,.2001). This typology of tourism has a certain environmental and recreational quality that can be adopted in areas near or far from the city, which has great potential for future demand for nature-based sports tourism products.

In addition, the various sites and facilities developed for tourist activities (trails, routes, rest areas, etc.) must contribute to conservation practices and sustainable management reducing the irrational exploitation of the environment, allow participants in nature sports to enjoy nature without harming it (MIRARI &BENMLIH 2018). This mission dedicated to sports practices in territorial projects offers a series of studies demonstrating the growing place of these activities in the social and cultural construction of territories. In various forms, these practices participate in territorial dynamics whose analysis must be continued, to engage reflexivity necessary for a scientific and useful approach to the action of sustainable and responsible sports tourism.

GEOGRAPHY OF SPORT: A NEW UNDERSTANDING OF SPACE AND COMMONALITY

Geography is a vast specialty that uses several approaches to knowledge at the same time and has three main concerns: man, space and environment; which are adopted on several scales (ENGLISH, P.W., & MAYFIELD, R.C. 1972). It recognizes various sub-disciplines, including the geography of sport. The geography of sport is part of the geographical thinking that has prevailed since the 20th century (BALE.J ET DEJONGHE.T 2008), contributing to a dynamic between the landscapes and the transformation of the spaces that make up today's sports areas (WISE.N & KOHE G.Z. 2020).

On the other hand, sport has moved from a mere leisure activity to another indispensable element in the world market, which depends on supply and demand (ROSEN, S., & SANDERSON, A. 2001). Faced with this situation, States are implementing more effective and democratic sports policies to meet the needs of consumers. In this context, geography can bring interesting perspectives to the study of the reality of sport, especially when the overall objective of policies is not simply to increase the supply of sports facilities, but also to increase the number of people who can participate (ROSEN, S., & SANDERSON, A. 2001).

Today, the opening of new fields of study by geographic science highlights sport as a very interesting science in public strategies and also shows the feasibility of setting up a geographic information system testify to a project cost-effective. Geography, for example, is a science that can contribute greatly to the understanding of sport and can be analyzed from different perspectives and disciplines, although sports have only recently attracted the attention of some geographers (ROSEN, S., & SANDERSON, A. 2001).

Jean-Pierre Augustin, professor at Bordeaux, specializes in the study of sport from a geographical point of view, AUGUSTIN (1995) points out that from a geographical research point of view, the subject of sport has not been totally absent. From the 19th century, Elisée Reclus introduced English Cricket in her publication Universal Geography (BALE, J 1989). In the United States, author John Rooney (University of Oklahoma) organized a specialized survey after a series of articles in the late 1960s; In 1974, he published the first article on the geography of American sport and founded the first magazine on the geography of sport in 1987 (BALE.J 2008).

In the early 1980s, author Philip L. Wagner (1981) analysed the close relationship between sporting events and geographical space and showed a strong correlation between the composition of social space and sports habits. In doing so, it presents important focal points on this relationship to fill gaps in geographic studies related to sporting events. Its main objective was to analyze sports practices, their spatial variations and to have a systematic vision that would allow acquiring a greater and more complete knowledge of the organization of sport.

AUGUSTINE goes on to show that geography, a science of space and society, allows us to understand these sports cultures using the renewed methods of the discipline, especially those related to observation, cognition and action (AUGUSTINE, 2011). The analysis conducted from the point of view of the human and social sciences aims to understand the object of sport as a cultural, economic and social product.

Sport plays a very important role in the global economy through its economic and social contributions and its potential. Therefore, it is crucial that the mutual relationship between sport and sustainability takes the approach of balancing the needs of today and tomorrow. It is important to be aware of the impact of sport not only on the external environment and the conservation of natural resources, but also on the economy and social (cultural) well-being.

The issue of sports spaces is based on a geographical approach that focuses on the production and reproduction of space and the interrelationships with spatial structures (WINEMAN, J et al,. 2014). In other words, the geographical approach to sport is a fundamental way of addressing the issue of spatial dynamics, as sports activities undoubtedly belong to the good

governance that has shaped the organisation of space in a sustainable way, massive and fundamental (HIGHAM.J & HINCH.T, 2006). Indeed, this approach has affected sports activities around the world and draws attention to a series of issues related to sport and the geographical space in which it has been practiced.

SPORTS GEOGRAPHY AND GEOSPORT: LITERATURE REVIEW

This article presents a comprehensive review of the scientific literature on geosport published over the past two decades (FARSANI et al,. 2013; WINARNO et al,. 2019; IRMINSKI, W. (2010) IRMINSKI, W. (2008); YUSUF, J. (2021); MATEI, D. (2016); MOHAMUD Y N AND LOPEYOK. T 2018). Their results demonstrate the popularity of geosport as a new research topic and indicate a similarity with the concept of sports geography. Their results also show that the vast majority of this literature is based on an empirical approach to assessing heritage and its potential for the development of sport tourism, and underlines the importance of broadening the scope of geosport research. On the other hand, researchers do not pay as much attention to geosport actors such as tourists and local communities, and only a very small number of studies examine geosport in the context of sustainable development.

Today, the concept has been redefined by various researchers from different countries as synonymous with the geography of sport, and these definitions are by no means official. While all the researchers identify tourism and sport as central elements of geosport. Other researchers show the close relationship between geosport and geotourism. Geotourism activities include geological site visits, geological sports, geological studies, geological conservation and education, geological festivals, georoads, health and wellness at touristic facilities. Indeed, a broader approach is applied, defining geosport as follows: “tourism that supports or enhances the geographic character of the place visited, including its environment, culture, aesthetics, heritage and the well-being of its residents for sporting purposes”.

The objective of geosport is to offer another recognized touristic culture on contemporary issues of geography and sport, such as cultural heritage, natural resources and the brand image of the tourist destination, etc. Geosport is targeting tourists who promote the realization of touristic activities in heritage areas and routes in order to discover the local cultural and natural heritage and all those who are interested in sports tourism of nostalgia in its strategic dimensions. The relationship between sport and tourism is growing. Sport is increasingly being used as a springboard for governments, political decision-makers and stakeholders to achieve various objectives, ranging from the construction of a heritage tourist destination to the increase in global demand for sport tourism.

In addition, the evolution of the concept focuses on trails as an experienced geographical attraction for sports tourism, and in particular long visits on heritage routes. They argue that the trail is a tourist phenomenon, as tourists choose particular paths based on geological, geomorphologic, ecological and cultural qualities, such as soil, relief and historical monuments (MIRARI & BENMLIH 2020). Tourists and sport tourism entrepreneurs use the heritage trail and its surroundings, which can be defined as a geosport destination and, including scientific, educational, cultural and tourism values.

This investigation examines how the links between geography and cultural heritage can be developed to improve the experience of sport tourism and promote education and environmental conservation. It also shows that the links between geosport and the cultural landscape provide an opportunity to promote heritage values to a wider audience. It also points out that assessing assets, values and benefits within a cultural ecosystem services framework can allow for a more holistic approach to geosport that recognizes the links between athletes, heritage and landscape. Therefore, adherence to good ethical practices is an essential element of geosport for stakeholders and participants.

GEOSPORT: A SUSTAINABLE SPORT TOURISM GOAL

This orientation, based on a participatory and partnership approach, was initiated by the request of civil society and later adopted by tourists and tour operators. The growing demand for sport tourism and related activities represents an opportunity for the conservation and development of its natural resources and requires the implementation of new responses in terms of sustainable development. One of the main objectives of this modest idea is to encourage the sustainable, responsible and ecological consumption of natural resources and also to motivate the sports tourism through a responsible approach to enjoy their stay in a geosports destination without destroying the sports heritage circuit.

An integral vision of environmental protection exists in the definition of geosport through the integration of community participation, economic development and the many strategies and interventions that provide a pledge for this mission. Sport tourism, in particular geosport, is an alternative tourism model that contributes to environmental protection, generates funds for vulnerable areas, solves social problems and creates income-generating activities. Its mission is to limit the negative impacts of nostalgia sports tourists through the application of sustainable tourism and to fulfill environmental planners and decision

makers to achieve their goals taking into account all sustainable and appropriate criteria. When planning, decision-makers take into account the real and potential impacts of geosport, both positive and negative, it is necessary to remember the objectives and functions of good governance.

With respect to geosport management, the focus should be on stimulating conservation and preservation not only for commercial purposes, but rather as a tool to encourage a common understanding of public heritage. To do so, it must be mandatory to integrate the process of good practices and skills management in order to preserve and improve the visitor experience and protect the natural resources that attracted the visitor in the first place. This management approach should focus primarily on the quality of visitor experience, as the success of geosport in achieving its heritage education, sustainable development and conservation goals ultimately depends on this experience.

Therefore, if visitors have a deeper awareness and connection to heritage, they are much more likely to appreciate it and contribute to its sustainable management. It is therefore essential that future geosport research further examine visitor perceptions and opinions, cultural ecosystem services and the potential to influence motivations, the expectations and behaviours of visitors and geosport stakeholders and their relationships. In addition, this reflection raises other questions about the environmental impact of geosport on heritage and the socioeconomic impact on local communities and their well-being. Understanding these aspects is essential to managing geosport sustainably in the future.

It is currently recognized that some regions with natural potential, attractive landscapes and a long history to share are the best examples for a viable model of sustainable development based on the principle of geosport. The environmental and cultural dimensions integrated in a process of socioeconomic development, allow all geosports projects to upgrade or rehabilitate the region according to its degree of degradation. Each mission guarantees not only the preservation of the region, but also the well-being of the local population, often economically disadvantaged.

This research is a goal of several countries and it is more so for an emerging country such as Africa. It educates a state of consciousness of a culture of environmental protection, of safeguarding fragile natural environments or of rehabilitation of abandoned village. Thanks to such initiatives, civil society is becoming sensitive and concerned for a return to the authenticity of the territory, cultural continuity and landscape protection, with a permanent look at growing factors and uncontrolled urbanization.

The approach adopted in this study will have contributed, in favour of the concept of sustainable development, to the rehabilitation of the tourist destination taking into account all the components and natural resources (natural environment, biodiversity, local people and traditions, architecture, local products, etc.). The creation of geosport circuits will involve partnerships between public authorities, civil society and investment and development actors, with the goal of having a global vision to preserve and protect the circuit and create income-generating activities around it. Indeed, the implementation of the geosport guidelines is a difficult and complex task, and its repositioning in the tourism market is a very difficult task without relevant marketing that takes into account the environmental aspect.

CONCLUSION

The new conceptual framework encompasses a large number of approaches that each could use different research methods, ranging from qualitative to quantitative, historical to spatial analysis, etc. This article has shown that the use of a heritage framework to practice geosport has added to the body of knowledge about sport, tourism and geography with new knowledge about the heritage sports landscape through research using an approach described in the sustainable development framework

In other words, Geosport is an expression that has emerged in recent years as a sport field linked to tourism and leisure industries, but also to nature, and includes a range of sports activities developed and practiced in natural or rural areas. The spread of these unique sports practices around the world has prompted a desire to better understand this historical phenomenon. In particular, efforts to define and conceptualize this diverse set of physical activities have led researchers and practitioners to define the boundaries and contours of this new field of investigation.

Finally, we can consider sport and tourism as a part of the spiritual existence and lifestyle of the contemporary world and which is reflected on society by a new experience of displacement on all its categories. The geographical synthesis of "geosport" provides support for the sustainable practice of sport in a tourist destination in all its typologies and structures and it also analyses in space its consequences on the environment and society, to improve the socio-economic conditions of the local population, to promote the preservation of nature and the protection of cultural heritage.

REFERENCES

[1] Gelsenkirchen Eivind Åsrum (2007) Sport tourism: introduction and overview Jürgen Schwark, European Journal for Sport and Society, 4: 2, 117-132, DOI: 10.1080/16138171.2007.11687799.

[2] Tissot.L, Grégory. Q, Vonnard.P (2018): un tourisme sportif ? les entreprises touristiques et le développement des sports en France et en suisse (1850-1950). « Entreprises et histoire » n° 93 | pages 5 à 11. DOI 10.3917/eh.093.0005.

[3] Valérie ANGERON et Pascal SAFFACHE, «Les petites économies insulaires et le développement durable: des réalités locales résilientes ?», Études caribéennes, n° 11, décembre 2008.

[4] AUGUSTIN, J.-P. & SUCHET, A. (2016). Pratiques sportives et projets de territoire. Cahiers de géographie du Québec, 60 (171), 433–438. https://doi.org/10.7202/1041215ar.

[5] Goffi, Gianluca (2013). A Model of Tourism Destination Competitiveness: The case of the Italian Destinations Of Excellence Turismo y Sociedad, vol. 14, 2013, pp. 121-147.

[6] Budeanu A (2005). Impacts and responsibilities for sustainable tourism: a tour operator's perspective. J Clean Prod.; 13 (2): 89-97. doi: 10.1016/j.jclepro.2003.12.024

[7] United Nations. Economic and Social Council; United Nations. Economic Commission for Africa (1991-12). Resolution of the international conference on travel and tourism statistics, Ottawa, Canada, 24-28 June 1991.

[8] World Tourism Organization (2018), Tourism for Development – Volume I: Key Areas for Action, UNWTO, Madrid, DOI: https://doi.org/10.18111/9789284419722.

[9] Yousaf, A., Amin, I., C. Santos, J.A. (2018), Tourists' Motivations to Travel: a Theoretical Perspective on the Existing Literature, Tourism and Hospitality Management, Vol. 24, No. 1, pp. 197-211, 010403 https://doi.org/10.20867/thm.24.1.8

[10] Robert B. Richardson (2021). The Role of Tourism in Sustainable Development. Environmental Science. https://doi.org/10.1093/acrefore/9780199389414.013.387

[11] Richard Sharpley (2010). Tourism and Sustainable Development: Exploring the Theoretical Divide. Journal of sustainable tourism. https://doi.org/10.1080/09669580008667346.

[12] Radicchi.E (2013). Tourism and Sport: Strategic Synergies to Enhance the Sustainable Development of a Local Context. PHYSICAL CULTURE AND SPORT. STUDIES AND RESEARCH. DOI: 10.2478/pcssr-2013-0007.

[13] Jeong, Y.; Kim, E.; Kim, S.-K. Understanding Active Sport Tourist Behaviors in Small-Scale Sports Events: Stimulus-Organism-Response Approach. Sustainability 2020, 12, 8192. https://doi.org/10.3390/su12198192.

[14] Jiang, X.; Kim, A.; Kim, K.; Yang, Q.; García-Fernández, J.; Zhang, J.J. Motivational Antecedents, Value Co-Creation Process, and Behavioral Consequences in Participatory Sport Tourism. Sustainability 2021, 13, 9916. https://doi.org/10.3390/su13179916.

[15] Neirotti, L. (2003). An Introduction to Sport and Adventure Tourism. In Hudson, S. (ed.), Sport and Adventure Tourism. New York: The Haworth Hospitality Press.

[16] Weed, M. and Bull, C. (2004) Sports Tourism: Participants, Policy and Providers. Elsevier, Oxford.

[17] Sean Gammon & Tom Robinson (2003) Sport and Tourism: A Conceptual Framework, Journal of Sport & Tourism, 8: 1, 21-26, DOI: 10.1080/14775080306236.

[18] Heather Gibson (2005) Sport Tourism: Concepts and Theories. An Introduction, Sport in Society, 8: 2, 133-141, DOI: 10.1080/17430430500101996.

[19] H. Gibson, 'Sport Tourism: A Critical Analysis of Research', Sport Management Review, 1, 1 (1998), 45–76, p.49.

[20] Ratkowski W, Ratkowska J. (2018) Sports events as a determinant of sport tourism. Balt J Health Phys Act.; 10: 86-94. doi: 10.29359/BJHPA.10.1.09.

[21] Buckley R (2011). Tourism and Environment. The Annual Review of Environment and Resources. 36: 397–416.

[22] Sunlu U. Environmental impacts of tourism. In: Camarda D. (ed.), Grassini L. (ed.). Local.

[23] resources and global trades: Environments and agriculture in the Mediterranean region. Bari: CIHEAM.

[24] p. 263-270 (Options Méditerranéennes: Série A. Séminaires Méditerranéens; n. 57).

[25] Jakšić-Stojanović, A., & Šerić, N. (2019). Sports and Health as Cornerstones of Tourism Development: Case Study of Montenegro. In D. A. Marinho, H. P. Neiva, C. P. Johnson, & N. Mohamudally (Eds.), Sports Science and Human Health - Different Approaches. IntechOpen. https://doi.org/10.5772/intechopen.89386.

[26] Melo Ricardo, Derek Van Rheenen & Sean James Gammon (2020) Part I: nature sports: a unifying concept, Annals of Leisure Research, 23: 1, 1-18, DOI: 10.1080/11745398.2019.1672307.

[27] Perić Marko, Jelena Đurkin & Vanja Vitezić (2018). Active event sport tourism experience: the role of the natural environment, safety and security in event business models. International Journal of Sustainable Development and Planning. Volume 13 (2018), Issue 5. 10.2495/SDP-V13-N5-758-772.

[28] Chadwick, S. (2005), «Sports marketing: A discipline for the mainstream,» International Journal of Sports Marketing and Sponsorship, Vol. 7 No. 1.

[29] Singh, S., Dash, T.R. and Vashko, I. (2016), «Tourism, ecotourism and sport tourism: the framework for certification», Marketing Intelligence & Planning, Vol. 34 No. 2, pp. 236-255. https://doi.org/10.1108/MIP-09-2014-0180.
[30] Graja-Zwolińska, S., & Spychała, A. (2013). What is nature tourism? Case study: university students. Turyzm/Tourism, 23 (1), 37–45. https://doi.org/10.2478/tour-2013-0004.
[31] Amador Durán-Sánchez, José Álvarez-García & María de la Cruz del Río- Rama (2020) Nature sports: state of the art of research, Annals of Leisure Research, 23: 1, 52-78, DOI: 10.1080/11745398.2019.1584535.
[32] J. Enrique Bigné, M. Isabel Sanchez, Javier Sanchez (2001): Tourism image, evaluation variables and after purchase behaviour: inter-relationship. Tourism Management 22 (2001) 607–616.
[33] Mirari, S., & Benmlih. A. (2018). The Sustainable Development of Oued Noun Oases through the Integration in the Biosphere Reserve Oasis of Southern Morocco. International Journal of Science and Research (IJSR). 7 (11), 1211-1218. http://dx.doi.org/10.21275/ART20192816.
[34] English, P.W., & Mayfield, R.C. (1972). Man, Space and Environment: Concepts in Contemporary Human Geography. Corpus ID: 128023625.
[35] Bale John et Trudo Dejonghe, (2016). « Editorial. Sports Geography: an overview«, Belgeo [En ligne], 2 | 2008, mis en ligne le 20 octobre 2013, consulté le 31 mai 2016. URL: http://belgeo.revues.org/10253.
[36] Wise.N & Kohe G.Z. (2020) Sports geography: new approaches, perspectives and directions, Sport in Society, 23: 1, 1-10, DOI: 10.1080/17430437.2018.1555209.
[37] Rosen, S., & Sanderson, A. (2001). Labour Markets in Professional Sports. The Economic Journal, 111 (469), F47–F68. http://www.jstor.org/stable/2667957.
[38] ILIEȘ Alexandru, Olivier DEHOORNE, Jan WENDT, Gabor KOZMA (2014). For Geography and Sport, Sport Geography or Geography of Sport Geosport for Society 1 (1-2): 7-18.
[39] AUGUSTIN J.-P. (1995), *Sport, Géographie et Aménagement,* Paris, Nathan.
[40] Bale, John (1989) Sports Geography. Londres, E. & F.N. Spon, 268 p. (ISBN 0419-14390-4).
[41] Wagner, Philip L. (1981). Sport: Culture and geography. In Torsten Hägerstrand & Allan Pred (eds.), Space and Time in Geography: Essays Dedicated to Torsten Hägerstrand. Cwk Gleerup.
[42] Augustin, J. (2011). What is sport? Sports cultures and geography. Annales de géographie, 680, 361-382. https://doi.org/10.3917/ag.680.0361.
[43] Wineman, J., Hwang, Y., Kabo, F., Owen-Smith, J., & Davis, G. F. (2014). Spatial Layout, Social Structure, and Innovation in Organizations. Environment and Planning B: Planning and Design, 41 (6), 1100–1112. https://doi.org/10.1068/b130074p.
[44] Higham J & Hinch T (2006) Sport and Tourism Research: A Geographic, Approach, Journal of Sport & Tourism, 11: 1, 31-49, DOI: 10.1080/14775080600985267.
[45] Farsani N, Coelho C and Costa C (2013) Rural geotourism: A new tourism product. Acta Geoturistica 4 (2): 1–10.
[46] Winarno, T., Marin, J., Ali, R. K., & Widianto, Y. A. (2019). Geotourism Potential as Information for Infrastructure Planning of the Karst Area, Kayen District, Pati Regency, Central Java. In E3S Web of Conferences (Vol. 125, p. 01013). EDP Sciences.
[47] Irmiński, W. (2010). Zawody Geosport 2010 w Hanowerze. Przegląd Geologiczny, 58 (10), 966-968.
[48] Irmiński, W. (2008). Geosport—udany rok dla sportowców z Państwowego Instytutu Geologicznego. *Przegląd Geologiczny, 56* (12), 1049-1050.
[49] Yusuf, J. (2021). GEOTOURISM SITES.
[50] Matei, D. (2016). HISTORY OF FC BARCELONA TEAM/ISTORIA ECHIPEI FC BARCELONA. Studia Universitatis« Vasile Goldis». Seria Educatie Fizica si Kinetoterapie, 5 (1), 113.
[51] Mohamud, Y. N., & Lopeyok, T. (2018). The Future Potential of the Silali Caldera, North Rift, Kenya. Proceedings of the 7th African Rift Geothermal Conference (ARGeo C7).
[52] Irvani, Delita Andini, Guskarnali, Mardiah, Dimas Ardiyanto, Ervina Utami, Sulka Wijaya: Geosite Potential as Tourism Destination in Jebus West Bangka Regency Bangka Belitung Archipelago Province.
[53] Mirari, S., & Benmlih, A. (2020). PROMOTION OF GEOTOURISM AND GEOHERITAGE AT THE OASES OF OUED NOUN. GeoJournal of Tourism and Geosites, 32 (4), 1433–1440. https://doi.org/10.30892/gtg.32435-591.
[54] World Tourism Organization (2018), Tourism for Development – Volume I: Key Areas for Action, UNWTO, Madrid, DOI: https://doi.org/10.18111/9789284419722.
[55] «United Nations. Economic and Social Council; United Nations. Economic Commission for Africa (1991-12). Resolution of the international conference on travel and tourism statistics, Ottawa, Canada, 24-28 June 1991. UN. ECA Joint Conference of African Planners, Statisticans and Demographers (7th Session: 1992, Mar. 02 - 07: Addis Ababa, Ethiopia). Addis Ababa:. © UN. ECA,. https://hdl.handle.net/10855/3921».

International Journal of Innovation and Applied Studies
ISSN 2028-9324 Vol. 39 No. 2 Apr. 2023, pp. 697-701
© 2023 Innovative Space of Scientific Research Journals
http://www.ijias.issr-journals.org/

Comparative study of heavy metal induced stress on catalase of germinating melon seeds (*Citrullus lanatus* and *Cucumis sativus*)

A.I. Obodoeze, E.N. Ibezim, and I.O. Ajawobu

Department of Biochemistry, Faculty of Natural Science, Chukwuemeka Odumegwu Ojukwu University, Nigeria

Copyright © 2023 ISSR Journals. This is an open access article distributed under the ***Creative Commons Attribution License***, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

ABSTRACT: Different HM (Cu, Cd, Pb, Zn, Fe, Hg, Co, Mn, Cr, Ni) of different concentrations (50ppm, 100ppm, 200ppm, 400ppm, 800ppm) was used to investigate the activity of CAT in germinating melon seeds (*Citrullus lanatus* and *Cucumis sativus*) in different interval of time 24hours, 48hours and 72hours. The HM which was obtained in form of Chlorides, Sulphates, and acetates was used to prepare solutions of different concentrations which was used to moist the melon seeds for artificial germination. Deionized water was used as the control.
The enzyme activity was estimated according to the method of Hara and Irwin (1972). It was observed that CAT activity had a significant increase when compared to the control, except with Pb for 48hours, Fe for 72hours and Cr for 72hours in *C. lanatus,* and Ni for 72hours in *C. sativus.*
The decrease in the CAT activity coursed the HM (s) at time of exposure when compared to the control indicated inhibition of the enzyme activity. It was also observed that *C. sativus* had high tolerance of HM induced oxidative stress more than *C. lanatus,* since only Ni inhibited the activity of CAT in C. sativus.

KEYWORDS: heavy metal, catalase, germinating, melon, seeds, Citrullus lanatus, Cucumis sativus.

1 INTRODUCTION

The world industrialization grows by the day, which result in accumulation of industrial waste in the air, water and soil. With the ongoing technological advancements in industrialization and urbanization, the release of toxic contaminant like heavy metal in our natural resources like soil has become a serious problem which effects crop yield, soil biomass and fertility (Dharmendre *et al.,* 2018).

Agricultural yield of a crop is dependent of fertility of the soil and activities of germinating enzymes of the crop (Ernest, 2004). Germination is the physiological change in the structure of seed which is the beginning of vegetation or growth from a seed to plant or crop. During germination, enzymatic activities catalyzes reactions that leads to activation of proteins (Malik and Singh, 1980). These oxidative enzymes help to reduce induced stress caused by the presence of heavy metals in the soil (Beena et al., 2008).

A plant with good germinating condition is expected to produce more yield than the plant with poor germinating condition. Presence of heavy metal in the soil as a pollutant could impose a threat to oxidative and anti-oxidative enzymes of a germinating seed, which could in return lead to poor crop yield of the plant. Sometimes, these heavy metals inhibit the activities of some of the oxidative enzymes like Catalase (CAT), Super oxide dismutase (SOD), Poly phenol oxidase (PPO) among others.

Catalase was the first antioxidant enzyme to be characterized and catalyzes the two-stage conversion of hydrogen peroxide to water and oxygen. Catalases are enzymes that catalyze the conversion of hydrogen peroxide to water and oxygen, using either an iron or manganese cofactor. Here, its cofactor is oxidized by one molecule of hydrogen peroxide and then regenerated by transferring the bound oxygen to a second molecule of substrate.

Citrullus lanatus Watermelon is a delicious and refreshing fruit. The fruit can be consumed when fully matured. It is used as fruits and vegetables. The seeds are rich in oil and protein (Ali, 2013). The plant contains about 46 calories per cup but is high in vitamin C, vitamin A and many healthy plant compounds like carotenoids, including beta-carotene and lycopene, citrulline, vitamin C and Cucurbitacin E. The fruits were used traditionally as laxative, cardiotonic, urinary calculi and other psychologic like anti- cancer and anti-inflammatory Pharmacological studies showed that the plant has a quite number of pharmacological activities such as diuretic, anti-inflammatory (Gill, *et al.,* 2010), antioxidants and hypolipidemic effects (Ali, 2013)."

Cucumis sativus Cucumber is one of the most import plant in Cucurbitaceae family. The plant is used as fruits and vegetable. The seeds are source of essential oil, amino acid and pectins. a study on proximate (Ogundele & Oshodi, 2010) and nutritional composition (Hassan, *et al.,* 2008) of the plant reveals that its reach with innumerable vitamins, minerals, phytochemicals like cucurbitacins, cucumegastigmanes I and II, cucmerin A and B vitexin, amino acids, and essentials fatty acids (Habibur, 2003). The plant is useful as anti-diabetic agent anti-inflammatory agent and as antioxidant which helps to maintain the basic metabolites required for the metabolism.

Corresponding Author: A.I. Obodoeze

2 MATERIALS

COLLECTION AND PROCESSING OF SAMPLE

Fresh seeds of *Citrullus lanatus* and *Cucumis sativus* were purchased from Ihiala main market, Anambra State. Seeds were separately surface–sterilized in 0.5% NaOCl solution with stirring for 1 min to prevent fungal growth and then washed with distilled water

Batches of 30 seeds were soaked for 12 hours in distilled water for the control group and in different heavy metal solutions of different concentrations expressed in parts per million (ppm) for treatment group respectively. The seeds were germinated in trays on top of a layer of jute bag moistened with distilled water and heavy metals in different solutions accordingly depending on the group under study (Table 1), then exposed alternatively to light and darkness.

Control group	**Treatment group**				
Tray 1	**Tray 2**	**Tray 3**	**Tray 4**	**Tray 5**	**Tray 6**
Sample + dil. H_2O	Sample+ 50ppm of HM	Sample + 100ppm of HM	Sample + 200ppm of HM	Sample + 400ppm of HM	Sample + 800ppm of HM
Hints:	Sample = *Citrullus lanatus* and *Cucumis sativus* dil. H_2O = distil water ppm = parts per million HM = heavy metal (Cr, Mn, Fe, Co, Ni, Cu, Zn, Cd, Hg, and Pb)				

The trays were required for this procedure and to compensate for loss through evaporation, seeds in control group were sprinkled distilled water while different heavy metal solutions was used on treatment groups. After periods (24 hours, 48 hours and 72 hours of germination in that order) of exposure, seeds (10 batches) from each group was collected for biochemical analysis.

EQUIPMENT

Visible spectrophotometer (Model 712G), water bath (Model SSY-H), electronic balance (Model JA3003A), weighing balance, refrigerator (Model KT 1733) and refrigerated centrifuge (Model SM-18B).

HEAVY METALS USED AND THEIR CONCENTRATIONS

Chromium, manganese, iron, nickel, zinc, cadmium and mercury was in the form of chlorides. Cobalt was in the form of nitrate while copper was in the form of sulphate, and lead was as acetate. Five concentrations (50, 100, 200, 400, and 800ppm) of each metal was used for the study.

3 METHOD

CATALASE (CAT; EC.1.11.1.6)

Catalase activity was estimated according to the method explained by Hara and Irwin (1972).

PRINCIPLE

Catalase is a heme protein that catalyze the formation of H_2O and O_2 from H_2O_2. The presence of CAT leads to decomposition of H_2O_2 followed by a decrease in absorbance at 240nm. The enzyme activity was calculated from the decrease in absorbance.

REAGENTS

1. Enzyme buffer (100mM, pH 7.0)
2. Hydrogen peroxide solution (150mM)

PROCEDURE

Enzyme buffer was used as blank in a 3mL cuvette and the spectrophotometer was set at 240nm. Another cuvette was taken to add the following; 1.5mL of enzyme buffer, 1.2mL of 150mM H_2O_2, Mixed and allowed to stand for 5 minutes 300µL of enzyme extract. Mixed fast, transferred to spectrophotometer and absorbance was recorded every 30 seconds for 3 minutes.

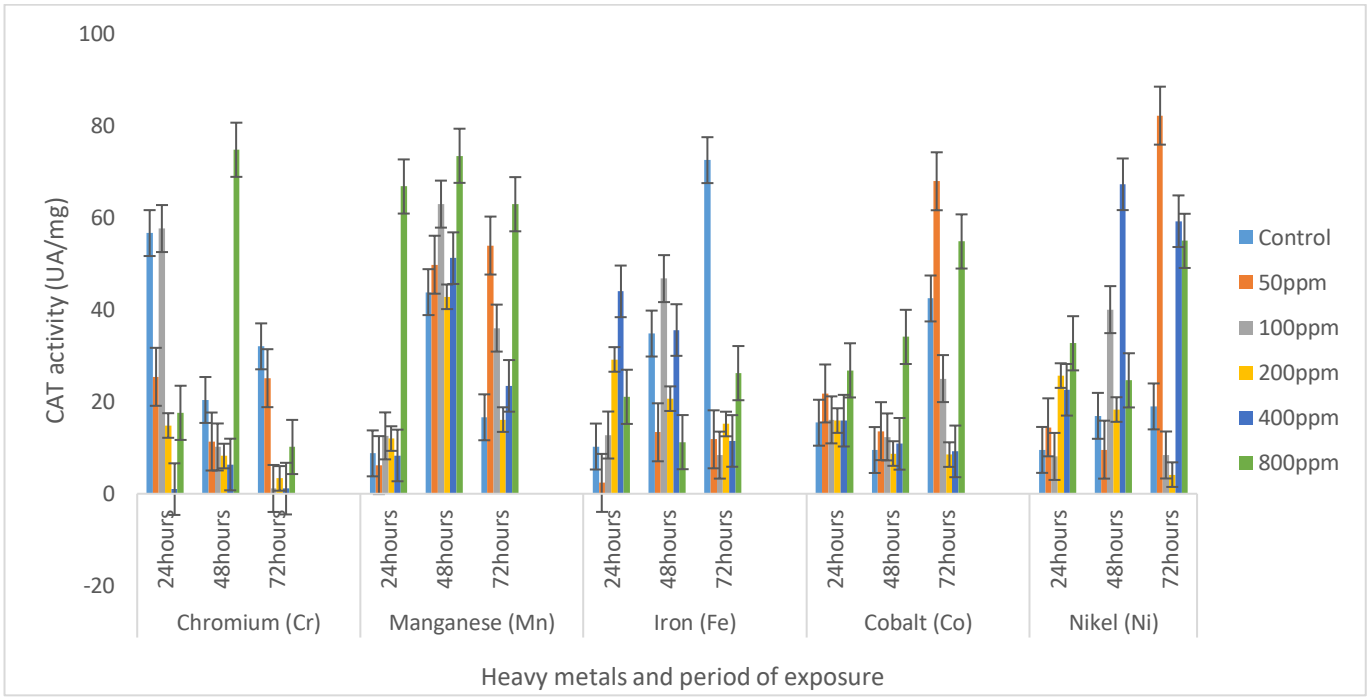
CALCULATION

One unit of the enzyme activity is calculated as the amount of enzyme required to liberate half the peroxide oxygen from hydrogen peroxide and calculated from the formula;

$$Unit\ activity\ (\mu mol \bullet min^{-1}) = \frac{\frac{\Delta Absorbance}{minute}\ \text{x}\ Total\ volume(mL)}{40\ \text{x}\ volume\ of\ enzyme\ (mL)}$$

$$Specific\ activity\ (\frac{UA}{g.FW}) = Unit\ activity/protein\ concentration$$

4 RESULTS



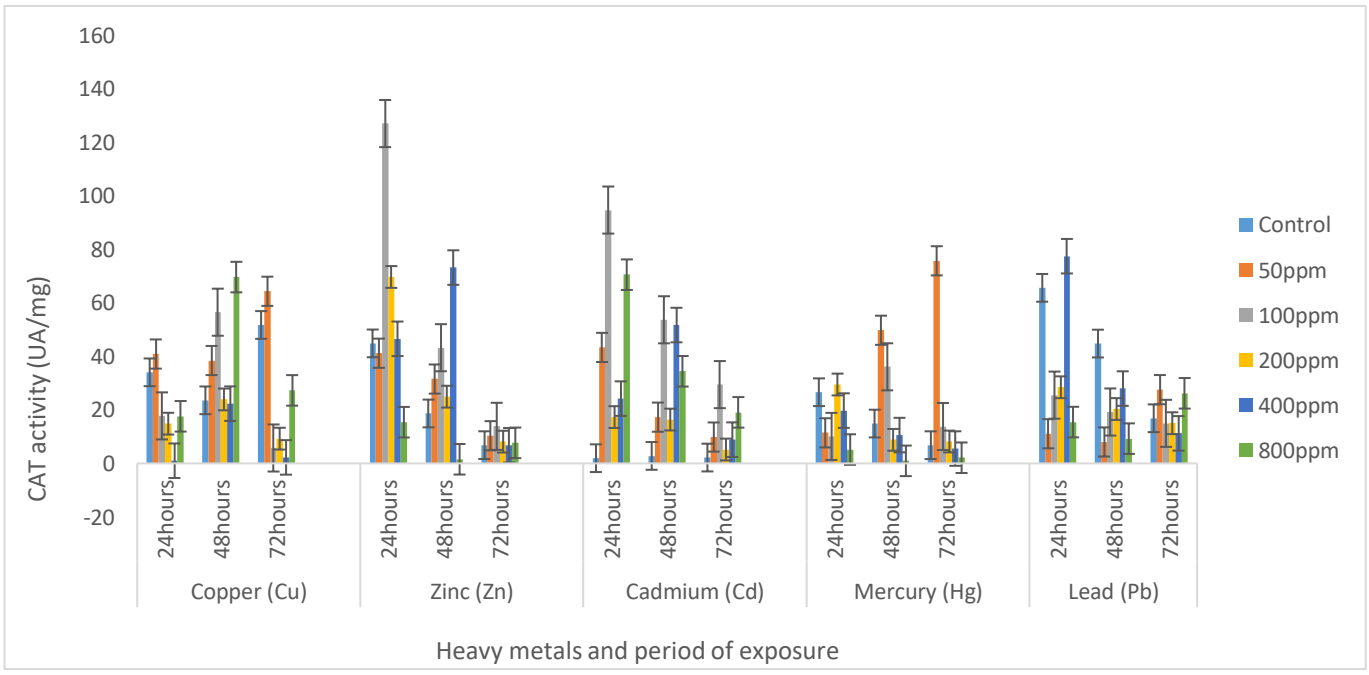
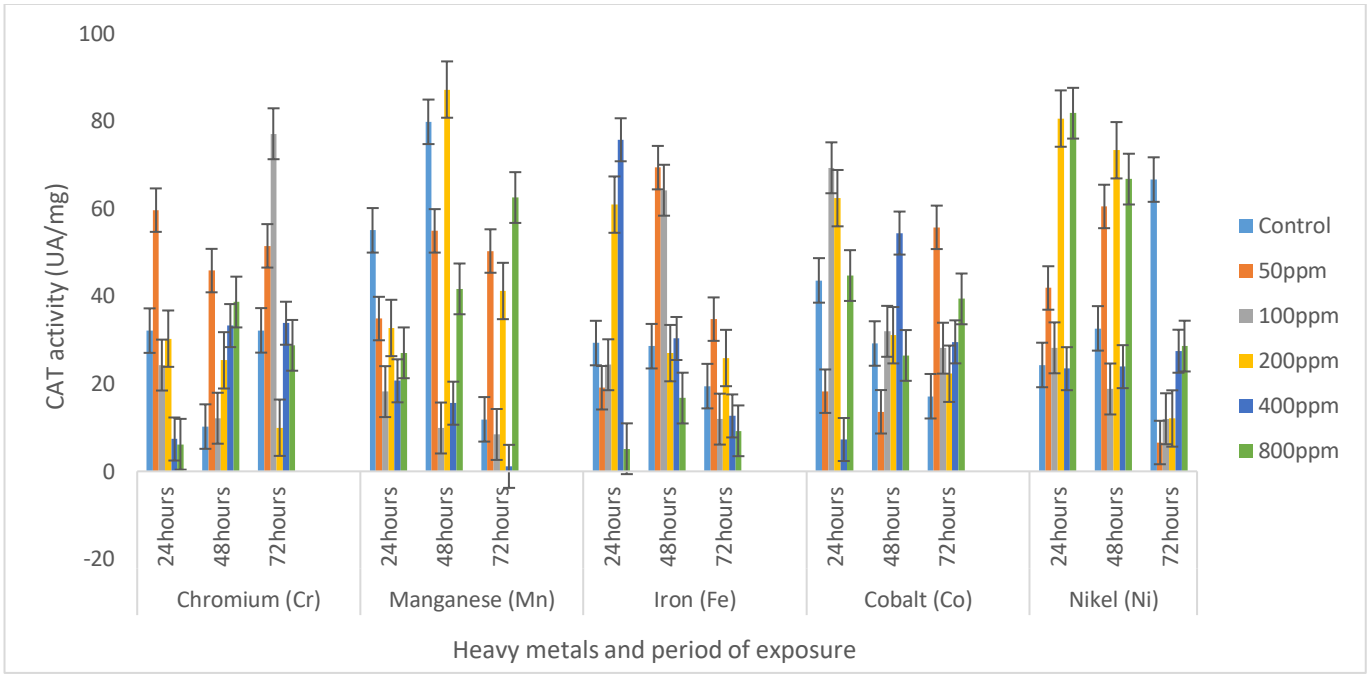


Fig. 1. Effect of different concentrations of Cr, Mn, Fe, Co, Ni, Cu, Zn, Cd, Hg and Pb on Catalase activity in germinating seeds of Citrullus lanatus after different periods of exposure



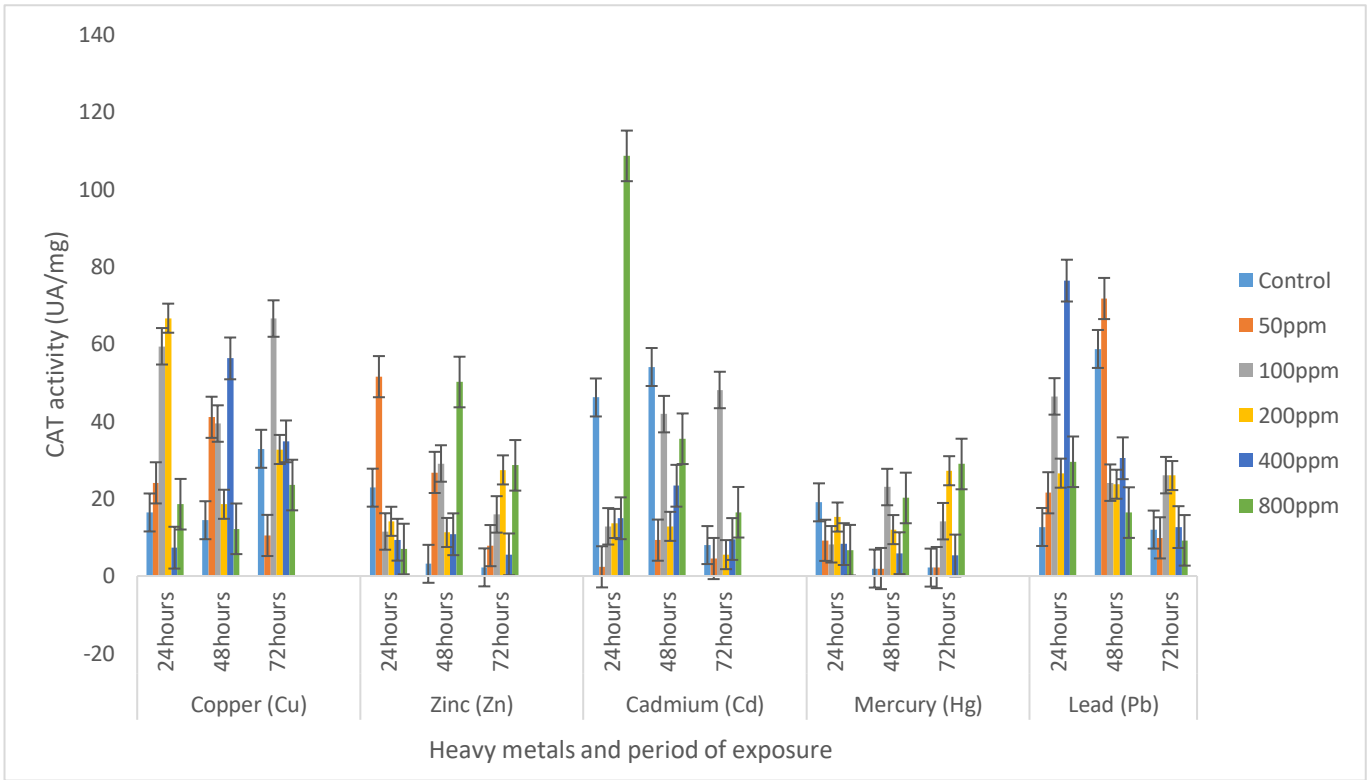


Fig. 2. Effect of different concentrations of Cr, Mn, Fe, Co, Ni, Cu, Zn, Cd, Hg and Pb on Catalase activity in germinating seeds of Cucumis sativus after different periods of exposure

5 DISCUSSION

The activities of catalase in *Citrullus lanatus* had a significant increase when compared with the control in all metal for different concentrations at different time of exposure except with Cr for 72hours, Fe for 72hours and Pb for 48hours. These showed that catalase activities had be inhibited, that is why the concentrations of the enzyme in UA/mg is lower than the concentration of enzyme in the control.

The activities of catalase in *Cucumis sativus* increased in all heavy metal with respect to their concentrations and time of exposure except with Ni for 72hours where there was no significant increase in enzyme concentration compared to the control.

6 CONCLUSION

Heavy metal induced oxidative stress on the two species of the melon seeds (Citrullus *lanatus* and *Cucumis sativus)* which activated the oxidative enzyme catalase to reduce the oxidative stress. The enzymatic status of the melon seeds varied with the concentrations of the heavy metals; these showed that some heavy metals are toxic at given concentration (doses) and could induce oxidative stress in the plant and cause cellular damage to the plant. It is also observed that plants defensive mechanism against induced oxidative stress varied among species. These could be as a result of deficiency or insufficiency of oxidative enzymes in some species.

CONTRIBUTION TO KNOWLEDGE

Cucumis sativus had more increased tolerance on heavy metal induced stress more than Citrullus *lanatus.* Hence, it is likely to survive in heavy metal polluted environment.

ABREVIATIONS

HM=Heavy metal
Cu=Copper
Cd=Cadmium
Pb=Lead
Zn=Zinc
Fe=Iron
Hg=Mercury
Co=Cobalt
Mn=Manganese
Cr=Chromium
Ni=Nickel
ppm=part-per million
CAT= Catalase

REFERENCES

[1] Abraham, K., Sridevi, R., Suresh, B., & Damodharam, T. (2013). effect of heavy metal (Cd, Pb, Cu) on seed germination of Arachis hypogeae.L. *Asian Journal of Plant Science and Research, 3* (2249-7412), 10-12.

[2] Asati, A., Pichhode, M. and Nikhil, K. 2016. Effect of Heavy Metals on Plants: An Overview. *IJIAEM,* 5: 56-66.

[3] Beena, V. S., Albina, A., Aparna, J., Rajashree, S., Sudhir, K. Y., Valliammai, N., Gayathri, M. R. (2008). Effect of Extract of Benincasa hispida on Oxidative Stress in Rats with Indomethacin Induced Gastric Ulcers. *Indian J Physiol Pharmacol,* 52: 2. 178–182.

[4] Deyala, M. N. (2016). Enzymatic Status of Germinating Wheat Grains under Heavy Metals Stress. *International Journal of Applied and Pure Science and Agriculture (IJAPSA*), 2: 8. 61-69.

[5] Dharmendra, K. G., José, M. P., & Francisco, J. C. (2018). Generation and Scavenging of Reactive Oxygen Species (ROS) in Plant Cells: An Overview. In *Antioxidants and Antioxidant Enzymes in Higher Plants.* Springer International Publishing AG.

[6] Ernest, H. (2004). Introduction to Toxicology. In E. Hodgson (Ed.), *A Textbook of Modern Toxicology* (3rd ed., p. 3). Hoboken, New Jersey: John Wiley & Sons, Inc.

[7] Hara, P. M., & Irwin, F. (1972). The Role of Superoxide Anion in the Autoxidation of Epinephrine and a Simple Assay for Superoxide Dismutase. *The Journal of Biological Chemistry,* 247: 10. 3170-3175.

[8] Iqbal, M., Shafiq, M., Athar, M., (2014). Phytotoxic effects of mercury on seed germination and seedling growth of *Albizia lebbeck (L. Benth (Leguminosae) Adv. Environ. Res.* 3: 207-216.

[9] Ling, T., Fangke, Y., Jun, R., (2010). Effects of mercury to seed germination, coleo ptile growth and root elongation of four vegetables. *Res. J. Phytochem*. 4: 225-233.

[10] Malik, C. P., & Singh, M. B. (1980). In *Plant Enzymology and HistoEnzymology: A Text Manual* (pp. 286). New Delhi: Kalyani Publishers.

International Journal of Innovation and Applied Studies
ISSN 2028-9324 Vol. 39 No. 2 Apr. 2023, pp. 702-710
© 2023 Innovative Space of Scientific Research Journals
http://www.ijias.issr-journals.org/

Incubators in Search of Performance: A Review of Key Performance Models in the Literature

Samia FAKHRI, Abdelaziz BAHOUSSA, Zakaria LARABI

Research team in Management Sciences, Mohammed V University in Rabat Higher School of Technology-Salé, Crown Prince Street BP 227 Salé-Medina, PO BOX 11060, Morroco

Copyright © 2023 ISSR Journals. This is an open access article distributed under the ***Creative Commons Attribution License***, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

ABSTRACT: Studies on incubators have evolved greatly in recent years. However, it is only recently that researchers have begun to focus their work on the question of the performance of these structures. Various research studies have been carried out to identify indicators of success and to design tools to evaluate and measure the performance of these organizations, but few have examined the background and key success factors of these incubators from a modeling perspective.
Therefore, we believe that a synthesis of the factors and models leading to incubator performance remains a priority, allowing for a better understanding of the links and effects of each factor as a whole. This article, therefore, attempts to remedy this lack, and proposes a synthesis of scientific research work dealing with the question of the determinants of performance of incubation support structures. In this work we have tried to present a review of the main models that emerge from the literature in order to explain how incubators can gain in efficiency.
Based on a methodology that combines the steps of qualitative systemic literature review and snowball methods of article identification, this work has identified three main models based on two main theories: the real options model, the RBV model and the multidimensional model.

KEYWORDS: Antecedent, performance model, business incubator, entrepreneurship, literature review.

1 INTRODUCTION

It has often been mentioned by authors that business incubation is an activity in its own right and that measuring its success is not obvious. Therefore, it must be noted that conceptual developments, as well as operating models regarding the factors influencing incubator performance are lacking in the scientific literature, and the variables identified in previous research remain for the most part relatively descriptive and do not effectively guide the incubator manager in his or her performance approach.

Ref. [1] raises three key questions that surround research on business start-up assistance structures and are of particular interest to researchers: "Is business start-up assistance effective in increasing the chances of survival and sustainability of newly created businesses? Are the projects and programs achieving their specific objectives? Are the support structures meeting the expectations of stakeholders? From this, it is clear that most of the studies oriented towards the performance of business creation support structures are carried out from an evaluation perspective. In the same sense [2], [3] suggest that there is a gap in the research on incubation insofar as it has not gone beyond the boundaries of a criteria -based evaluation of the performance of these structures. While the development of evaluation criteria and systems is crucial to clearly assess incubator performance, it is important to go beyond these criteria and examine the factors that contribute to its achievement. [4] add that examining the critical success factors and how these factors impact performance and worthy of study.

The incubator performance literature suggests that a deeper understanding of the processes and model of incubation, as well as delineating the types and phases of interventions, may be key to achieving accelerated incubator growth. In contrast to early research that reduced the contribution of structures to the mere provision of basic physical infrastructure, today's incubators need to offer more intangible assistance, including diagnosis of business needs, support for business planning,

introduction of peer and professional networks and mentors, integration of funding agencies, etc. For [5], incubators should be managed like any other business. Thus, the completion of a successful business plan and the recruitment of a professional and competent team are among the conditions for the success of incubators. Improving the productivity and ensuring a high value-added contribution of incubators is one of the most sought-after goals of both theorists and practitioners. Research has highlighted different factors that explain the success of incubators. The majority of these studies use the notion of key success factors.

2 METHOD

The purpose of our literature review is to structure research on antecedent or SFC models of incubator performance. The selection of works is based solely on a thematic selection where we have chosen only research that has studied the antecedents of performance in an overall model and not exclusively analyzed variables. Moreover, no restriction on the BDDs was applied.

In other words, in order to broaden our search for articles to include in our study, we will follow the following search protocol:

STEP 1: DEFINITION OF THE RESEARCH PROTOCOL/IDENTIFICATION OF THE KEY WORDS OF THE RESEARCH

We developed a search string (CR) composed of several sets of keywords and some abbreviations, we also chose not to expand the search string too much and not to put more than four keywords per string in order to expand the search results:

- CR1: ("Success Factor" OR "SFC" OR "Performance factor") AND Incubat* OR accelerators
- CR2: ("Antecedent" OR "performance Model" OR "Performance factor") AND Incubat* OR accelerators Incubat*: changing the extension of the keyword "Incubat*" has allowed us to identify other search strings. This helps us to obtain other articles on "incubation, incubatee, incubator" or "incubation, incubator, incubated".

STEP 2: DEFINITION OF SELECTION CRITERIA

In order to guarantee the reliability of the results, it is recommended by [6] to determine the selection criteria. To analyze the relevance of the collected studies, their selection will be based on the following criteria:

(1) Language and time period: Select studies based on publication period and language. Thus, only articles published in English between 2008 and 2022 were selected;

(2) Select studies based on the "title", we excluded articles that do not directly address the antecedents of incubator performance or its CSFs;

(3) Methodology-based selection: only articles based on empirical methodology, quantitatively validated in the field were reviewed;

(4) Full-text selection (included only antecedent or SSC models of incubator performance).

Similarly, and as noted earlier, no impact factor criteria, or specific journals or databases were applied.

3 THE RBV MODEL

The literature reveals numerous studies that have examined incubator resources. This stream of study argues that in order to produce more self-sustaining entities, the incubator "combines" between different types of resources that early - stage start-ups cannot access [7].

Incubator resources are defined as the totality of assets, capabilities, processes, information, and knowledge controlled by the organization that enable it to improve its efficiency and effectiveness [8].

Early incubation studies recognize as incubator resources its affordable and flexible office space to meet the changing space needs of the incubated firms [9], shared office services and meeting rooms [10], fax machines, telephones, presentation facilities, and cafeteria [11], [12].

Other studies have focused on intangible resources such as incubator networks [13],; the management team [14], the type and quality of the incubator's linkages with universities [15], the professional services network and the host's initial funding [16], institutional support [9] etc.

Ref. [7] recognized two subcategories of resources: internal and external to the incubator. Economic, environmental, personnel, or operational resources were identified as internal resources. External resources are those outside the incubator, which include clusters of industry innovation networks related to the incubator. These resources include access to lawyers, accountants, consultants, marketing specialists, university contacts, and intellectual property experts.

Ref. [17] recognizes the incubator's ability to provide access to introductory sources of capital to banks, venture capitalists, and business angels [18]. Studies have shown that partnerships and networking opportunities are other forms of resources that are important to the successful operation of incubators [19]. Thus, when an incubated firm is introduced to one of the incubator's networks, it maximizes its chances of success [20].

Ref. [21] examines incubator resources by analyzing the contribution of different types of resources of a firm developed by [22]. Thus, incubator resources can be human, organizational, informational, legal, physical, financial, and relational.

Relational resources are considered to be all the incubator's partners, but also the networking activities that the incubator can foster. He divides this resource into 3 types: (1) Networking activities with the incubator's direct network of advisors, experts, and laureates, and indirect (direct network contacts). (2) Ties (relational links) with universities and other institutions of higher learning are antecedent to the effectiveness of the incubator. (3) Network with professionals and professional organizations associated with the incubator. Financial resources refer to access to funding and investment resources such as angel investors, venture capitalists, etc.

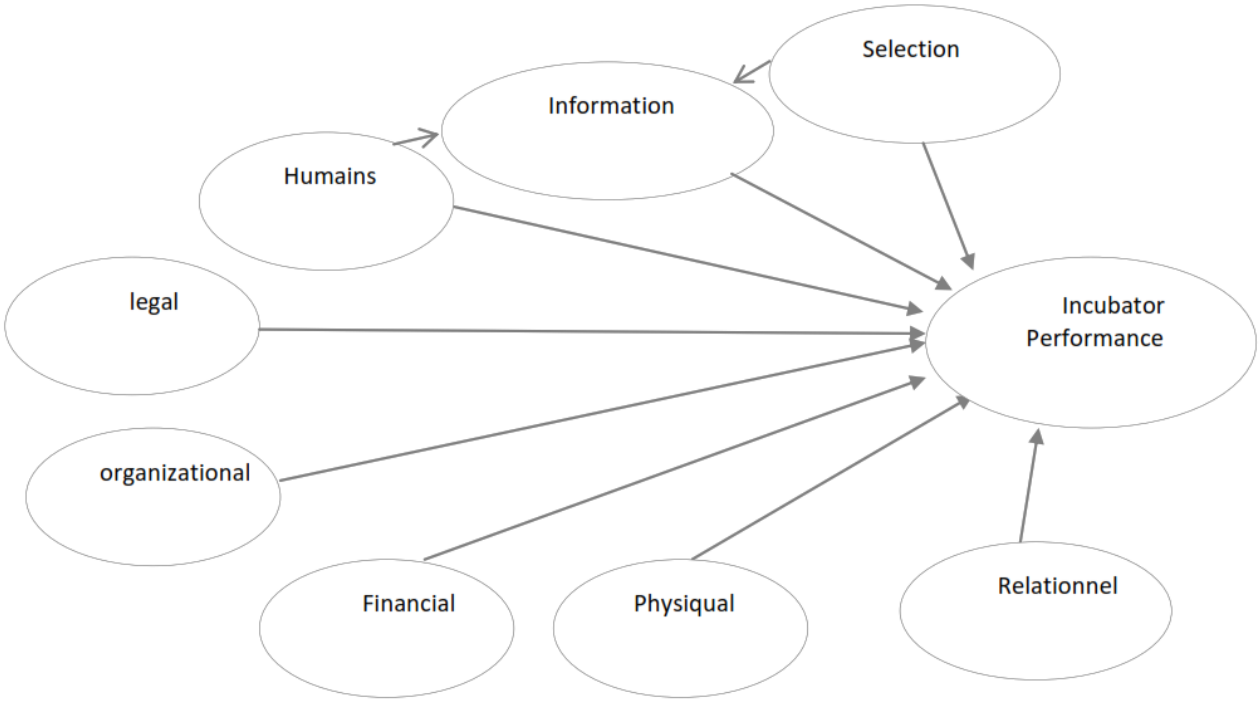


Fig. 1. the RBV Model

Access to legal assistance is related to intellectual property support services, regulatory requirements, business structures and advice.

Organizational resources are defined by the author as "intangible skills and knowledge of employees and managers". Human resources refer to the number of people available within the incubator as well as the intensity of supervision. Informational resources are the training of entrepreneurs and incubated companies.

In addition to these different resources, the author identifies the selection process as an antecedent of the incubator's effectiveness. In order to assess its importance in building performance, he studies the application of the six criteria for selecting incubatees:

1. Sales profit potential
2. Political/social constraints
3. Growth potential

4. Analysis of competitors
5. Risk distribution
6. Industry restructuring

According to his study, the only factor that has a significant and direct influence on the effectiveness of incubators is the professional network.

The results lead to the conclusion that the most important resource for client firms is the "network of professional services" associated with or available within the incubator. The other resources are not related to the performance of the incubator or at least not in a direct way.

The analysis of the study leads us to quickly understand that the variables studied by the model do not concern the incubator's own resources, but rather the services and resources made available to the incubated companies. The proposed model is in line with the current trend that explains the performance of incubators by the services provided to the incubatees and does not include other dimensions that affect the organization or the process of the incubator, apart from the selection process.

4 THE HACKET & DILTS MODEL (2008)

Starting from the observation of the absence of empirical studies on the incubation process, these two authors, whose publications are the most cited in the field of incubation, are the first to want to analyze the "black box" of the incubator and understand the functioning of its process.

To do so, they developed a model to explain the performance of these organizations. The model reveals three determinants likely to influence the performance of incubators.

Thus, in order to guarantee a successful incubation process, the selection of candidates must be base d on (1) the characteristics of market of the business project, (2) his financial characteristics, (3) the degree of innovation of the product, and (4) the characteristics of the entrepreneur. According to the model, these three factors interact with each other and lead to one of five incubation outcomes:

1. The incubatee survives and grows profitably
2. The incubatee survives and moves towards profitability;
3. Incubatee survives, but does not grow and is not profitable or is only marginally profitable upon exiting the incubator,
4. The incubatee did not complete its incubation process, but losses were minimized,
5. The incubatee did not complete its incubation process and losses were significant.

Based on real options theory, these five outcomes provide information about the success or failure of incubation. Only the first three are considered to be a success of the process.

Based on the literature, a survey questionnaire was developed and validated in a survey with a sample of 53 incubator 's managers. The results suggest the existence of unforeseen factors as well as the inability of some items to reliably measure certain anticipated dimensions. The initial and adjusted models are illustrated in the following two figures:

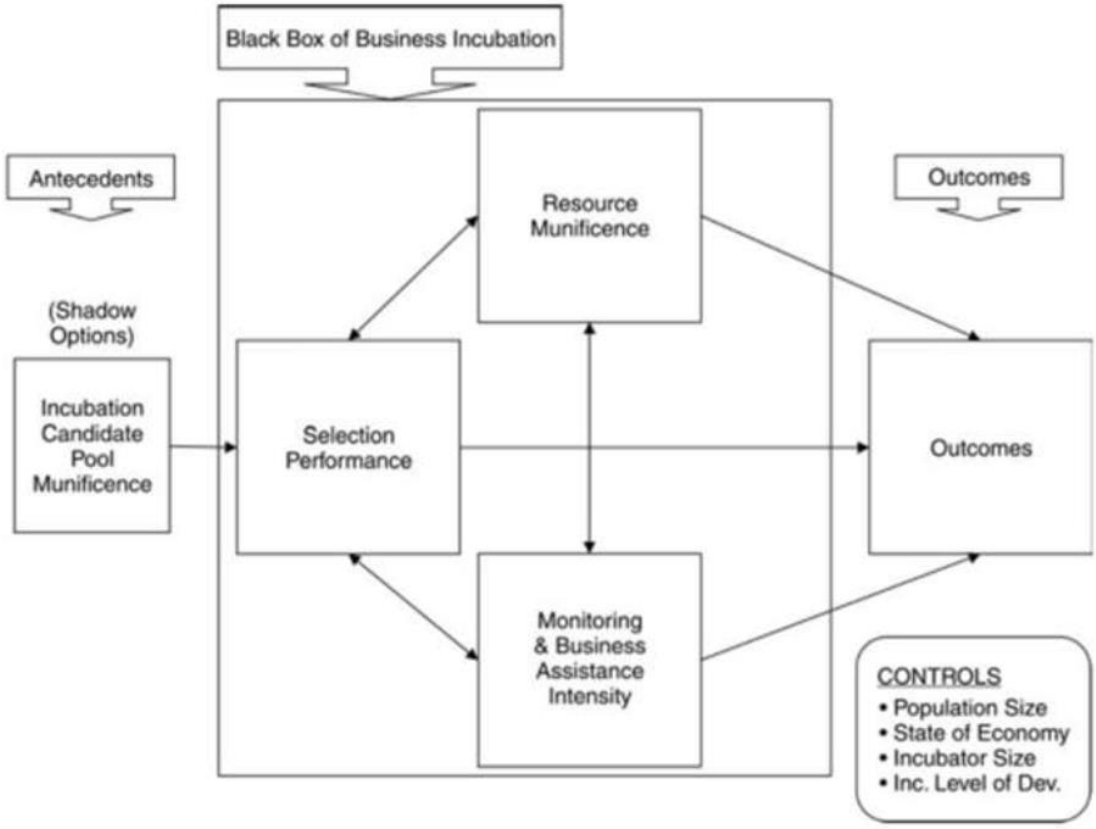


Fig. 2. Performance Model of Hacket & DIlts (2008)

These authors explain that one of the reasons why the incubation process remains poorly understood is due to the lack of a measurement tool that allows researchers to understand and analyze the internal workings of the incubator. Thus, this study presents an important advance in incubator research and reveals structures underlying incubation performance. Its main contribution is the development of a reliable measurement tool that can be used by researchers.

They point out that the literature on incubation, although abundant, is still based on literary reflections and proposals and still lacks results from empirical studies.

« The fact that only 51.8% of the items were retained despite having drawn them from the literature, grounding them in theory and subjecting them to extensive, expert-driven pretesting suggests that caution must be used when reading the extant literature. »

Their suggestions also address the sample size to be used so that the results are generalizable. To do this, the authors recommend investing in the development of measurement scales to be filled out by entrepreneurs, who are able to accurately indicate the value of the assistance they receive.

"Assuming that some bias has crept into the scales despite these efforts, future scale development efforts may seek to balance the scales, as it were, by sampling the entrepreneurs who are the recipients of value-added business assistance services as long as participating entrepreneurs are self-reflective enough to accurately assess the value of the assistance they receive."

5 PERFORMANCE MODEL (ABDUL KHALID'S 2012)

Based on the study tool developed by [23]. [24] proposes to analyze the underlying components of the technology incubation process in Malaysia and their impacts on the performance of the structure. Including other factors related to the provision of services related to assistance in management and marketing, the author proposes a model with four determinant variables:

The analysis of the impact of selection touches on the four types of criteria outlined by [23]. Market characteristics, product characteristics, financial characteristics, and entrepreneurial characteristics. Monitoring and assistance to firms includes the intensity of coaching, understanding, and quality of services. Resource allocation touches on the dimensions of completeness, quality, and use of services. The author in addition to the three dimensions studied by [23] analyzes the effect of business management support services. This hypothesis is motivated by the particular context of technology incubation where the majority of incubatees do not have managerial knowledge. This variable includes assistance services in marketing, financial management, strategic management and team management.

The model tested and presented enhances understanding and provides a valid basis for future research. The results of the study revealed that all four constructs in the business incubation process were statistically significant in predicting incubator performance outcomes.

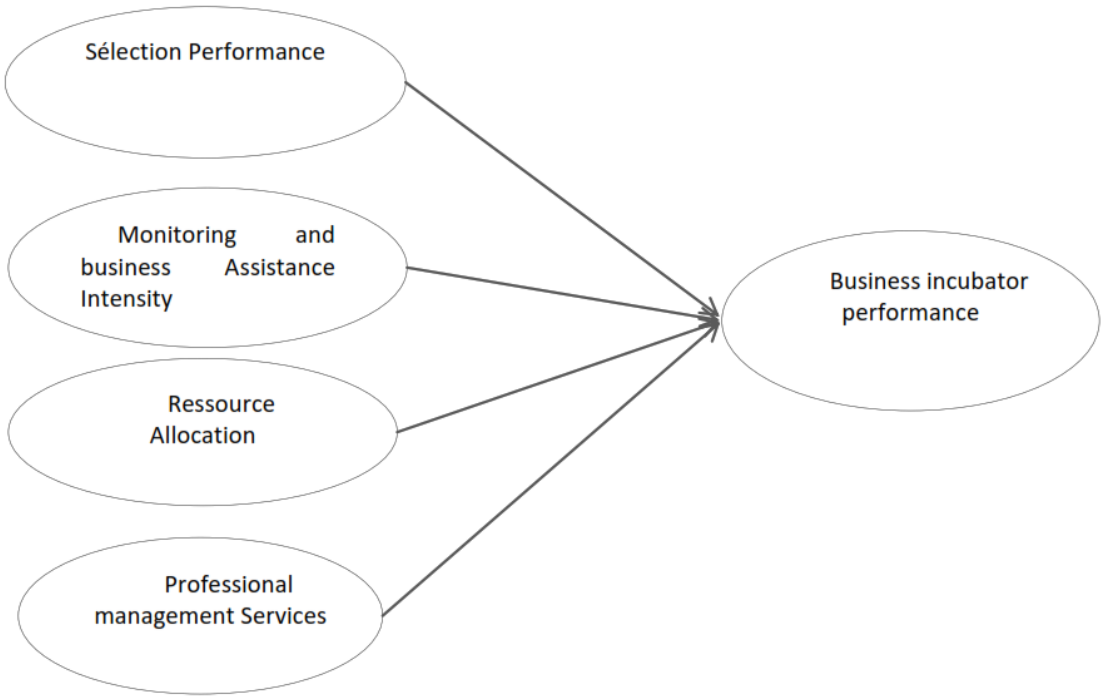


Fig. 3. Performance Model of Abdul Khalid (2012)

They suggest that the adoption of selection criteria is critical to incubation success. Indeed, they show that "Selection Performance" stands out as a critical factor in the business incubation process. In particular, the importance of "product - based selection" in a technology incubation context should be noted. The results also suggest that the adoption of detailed selection criteria regarding each of the three attributes that are selection by product, selection by financial characteristics, and selection by target market characteristics is essential to improve the chances of incubation success. Selections based on entrepreneurial characteristics had the least significant impact among the four variable constructs.

For the second variable, "intensity and follow-up of business assistance," the study highlights that the amount of interaction between incubatees and incubator managers is a weak predictor of incubator outcomes, according to the author, it is the quality of the interaction, not the quantity, that influences incubation outcome. In addition, the author finds that incubators that provide a wide range of assistance to firms and continually seek to assess the perceived quality of their services tend to perform better than those that do not.

This suggests that incubators need to improve their ability to build and maintain adequate coaching practices that meet the evolving needs and expectations of entrepreneurs. The author also stresses the importance of maintaining a functional website in order to improve the visibility of the structures and the services they offer to incubate.

6 MULTIDIMENSIONAL MODEL (FAKHRI & BAHOUSSA, 2019)

This model can be used as a tool to guide managers decisions and help them better manage the performance of their incubator. In addition to its simplicity, the originality of this model lies in the integration of new variables that have been little

or not studied as a whole. In addition to the RBV widely deployed in incubator performance research, the authors incorporate other theories such as dynamic capabilities and...

This model integrates three categories of antecedents to incubator success: the support offered, organizational practices, and insertion into the environment and intensity of interaction with the entrepreneurial ecosystem.

Each of the categories groups together variables directly related to the final performance of the incubator.

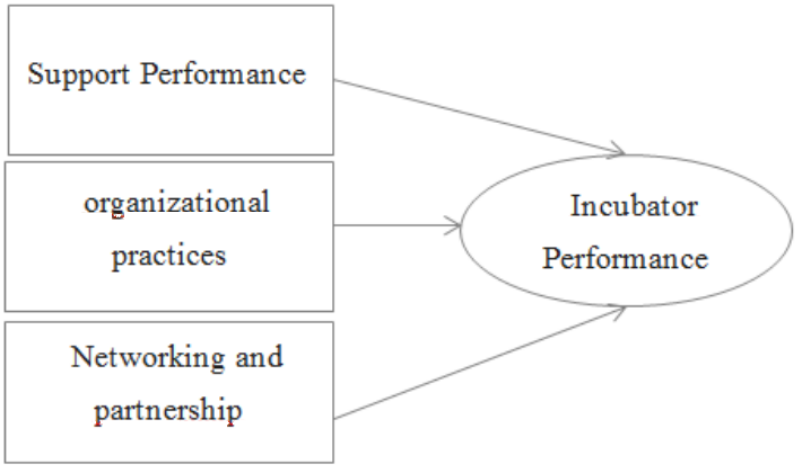


Fig. 4. Performance Model of FAKHRI & BAHOUSSA (2019)

This model was empirically tested on a sample of 25 entrepreneurs to verify the psychometric qualities of the questions and measurement scales deployed by the authors. The final sample of the model test included 131 entrepreneurs who have completed or are in an incubation program.

The approach taken allowed us to overlay the empirical results on the theoretical propositions, and to understand the relationship between the different variables to be used in the study. In addition, the authors opted for an analysis methodology that allowed them to measure the impact of the identified variables on the performance of the accompanying

structures, and then to manipulate and test the different relationships that may exist between the previously identified variables. It was also an opportunity to identify and raise new relationships between variables and new hypotheses appropriate to the Moroccan field.

In addition to the integration of the new variable, the measurement of performance as conceived in this model also contributes to its originality. Indeed, the model proposes to evaluate performance according to two main axes: the first one widely used is the performance of the accompaniment. But in addition to the measures relating to the level of success of the project, the authors also integrate criteria relating to the development of the entrepreneurial skills of the entrepreneur, and his or her satisfaction with the support provided. The second axis is that of organizational performance, which focuses on the efficiency of the use of resources and means and the degree of achievement of organizational objectives.

Two main conclusions emerge from the model: "close" support has a negative influence on the success of the incubatee. Thus, the more intense the accompaniment and the more it is adapted to the apparent needs of the incubatee, the less effective it is, and may even have negative effects on the success of the incubated project and the development of the incubator's skills.

With respect to organizational practices, other interesting results emerged. The authors show that agility, whether internal or external, has a significant influence on overall performance, but also on the other two variables, namely support and development of effective partner networks. Thus, the more the incubator is attentive to the evolutions and changes of its environment, but also to the needs and demands of its incubatees, the more its practices and support services are more relevant and effective. According to the authors, this agility has its origins in motivated, committed and well-trained management teams and coaches. The quality of the human resources hired by the incubator therefore seems to be the central element to which the authors suggest paying more attention. These results provide a practical contribution to incubator managers and policy makers, and show that it is in their best interest to choose qualified personnel to associate with their organizations.

7 CONCLUSION

The models we have just presented are perhaps not exhaustive of the diversity of approaches to the performance of incubators.

The importance given to entrepreneurship and its accompaniment has given rise to a craze among researchers in order to analyze its impact on the accompanied companies and the business environment in general, to understand the mechanisms of its functioning, and to propose approaches and methods for its evaluation.

Currently, several studies emphasize that business incubation is a powerful instrument that should be encouraged and supported as an important component of the entrepreneurial ecosystem. Therefore, the more the performance capacities of Incubators/Incubates are strengthened, the more they will be able to contribute to the promotion of entrepreneurship.

In this perspective, we have devoted this contribution to the presentation of models of antecedents and factors influencing performance. Our objective is guided by the desire to present a synthesis of the literature review that has attempted to test and empirically validate different variables leading to the performance of coaching processes and incubation structures.

From this review of the literature, it appears that to date, although some researchers have attempted to identify the antecedents of performance; the results are limited and deserve more attention. Indeed, few studies have attempted to model them and to test the mutual relationships that these variables have with each other and with the final performance. Furthermore, it is clear that the majority of these studies and models are based on resource theories, or the model developed by Hacket and Dilts in 2008, itself based on real options theory.

The evaluation of performance in these models also remains limited to the evaluation of "coaching" performance and only one model attempts to integrate other dimensions of organizational performance.

Thus, we can conclude that current knowledge still lacks empirical studies on the determinants of performance. In summary, it is felt that an important direction for research lies in identifying other factors that contribute to business incubation performance and examining their interaction.

REFERENCES

[1] Michael Schwartz (2013), A control group study of incubators' impact to promote firm survival. The Journal of Technology Transfer. Volume 38, Issue 3, p. 302–331.

[2] Sun, H., Ni, W. and Leung, J. (2007). Critical Success Factors for Technological Incubation: Case Study of Hong Kong Science and Technology Parks. International Journal of Management. 24 (2): 346-363.

[3] Sarfraz Mian, Wadid Lamine, Alain Fayolle (2016). Technology Business Incubation: An overview of the state of Knowledge. Technovation. Volumes 50–51, P. 1-12.

[4] Eveleens, C. P., Rijnsoever, F. J. van, & Niesten, E. M. M. I. (2017). How network based incubation helps start-up performance : A systematic review against the background of management theories. The Journal of Technology Transfer, 42 (3), 676-713. https://doi.org/10.1007/s10961-016-9510-7.

[5] Gurgel, G. M. M., & Vieira, F. D. (2017). Performance of business incubators : A systematic review of evidence. *2017 International Conference on Engineering, Technology and Innovation (ICE/ITMC),* 852-857. https://doi.org/10.1109/ICE.2017.8279972.

[6] Kitchenham, B. (2004). Procedures for performing systematic reviews. Available from http://www.inf.ufsc.br/~aldo.vw/kitchenham.pdf.

[7] Hackett, S. M. et D. M. Dilts (2008a), « Inside the black box of business incubation: study Bscale. assessment, model refinement, and incubation outcomes », The Journal of Technology Transfer, vol. 33, no 5, p. 439-471.

[8] Allen, D. N. and Weinberg, M. 1988, 'State investment in business incubators', Public Administration Quarterly 12 (2), pp 196-215.

[9] Mian, Sarfraz A. (1997). «Assessing and Managing the University Technology Business Incubator: an Integrative Framework », Journal of Business Venturing, Vol. 12, N° 4, p. 251-285.

[10] Muhamad Abduh, Clare D'Souza, Ali Quazi, Henry T. Burley, (2007) «Investigating and classifying clients' satisfaction with business incubator services», Managing Service Quality: An International Journal, Vol. 17 Issue: 1, pp.74 -91, https://doi.org/10.1108/09604520710720683.

[11] Maura McAdam, Rodney McAdam (2006). The Networked Incubator. The Role and Operation of Entrepreneurial Networking with the University Science Park Incubator (USI). The International Journal of Entrepreneurship and Innovation. Volume: 7 issue: 2, p. 87-97.
[12] Bollingtoft, A. & Ulhoi, J., P, (2005). The networked business incubator-leveraging entrepreneurial agency? Journal of Business Venturing, 20 (2), 265-290.
[13] Studdard, N. L. (2006), « The effectiveness of entrepreneurial firm's knowledge acquisition from a business incubator », International Entrepreneurship and Management Journal, vol. 2, no 2, p. 211-225.
[14] Costa-David, J., Malan, J. & Lalkaka, R. (2002). 'Improving business incubator performance through benchmarking and evaluation: lessons learned from Europe', paper presented to 16th International Conference on Business Incubation, Toronto, Canada, April 28-May, 1 2002.
[15] Tamasy, c. (2007). « Rethinking Technology-Oriented Business Incubators: Developing a Robust Policy Instrument for Entrepreneurship, Innovation, and Regional Development ? », Growth and Change, vol. 38, n°3, p.460-473.
[16] Lalkaka, R. (2003). Business incubators in developing countries: Characteristics and performance. International Journal of Entrepreneurship and Innovation Management, 3 (1,2).
[17] Sherman, H. and Chappell, D.S. 1998. Methodological challenges in evaluating business incubator outcomes. Economic Development Quarterly 12: 313-321.
[18] Grimaldi, R. et A. Grandi (2005), « Business incubators and new venture creation: an assessment of incubating models », Technovation, vol. 25, no 2, p. 111-121.
[19] Scaramuzzi, E. (2002). 'Incubators in Developing Countries'. InfoDev Program. Washington, DC: World Bank.
[20] Todorvic, Z. W. Moenter, K. (2010), « Tenant Firm Progression Within an Incubator: Progression Toward an Optimal Point of Resource Utilization », Academy of Entrepreneurship Journal, vol. 16, n° 1, pp. 23-40.
[21] Lish, Alan D (2012), Antecedents of business incubator effectiveness: An exploratory study Nova Southeastern University, ProQuest Dissertations Publishing, 2012. Accessible par ProQuest Dissertations & Theses.
[22] Hunt, S. D., & Morgan, R. M. (1997). Resource-advantage theory: a snake swallowing its tail or a general theory of competition? Journal of Marketing, 61 (4), 74-82.
[23] Hackett, S. M. et D. M. Dilts (2008b), « A real options-driven theory of business incubation », The Journal of Technology Transfer, vol. 29, no 1, p. 41-54.
[24] Fararishah Abdul Khalid (2012). An Empirical Analysis into the Underlying Components Impacting Upon Business Incubation Performance of Malaysian ICT Incubators. Thèse soutenue en Avril 2012. School of Management Business Portfolio RMIT University.
[25] Samia Fakhri, Abdelaziz Bahoussa, 2019; Entrepreneurial support: towards a performance model for Moroccan incubators; Mohamed V university.

International Journal of Innovation and Applied Studies
ISSN 2028-9324 Vol. 39 No. 2 Apr. 2023, pp. 711-718
© 2023 Innovative Space of Scientific Research Journals
http://www.ijias.issr-journals.org/

Prévalence de *Salmonella* Spp. dans les produits alimentaires d'origine animale commercialisés à Rabat, Maroc

[Prevalence of *Salmonella* in food products of animal origin marketed in Rabat, Morocco]

MOTASSIM El Hanafi[1], BOUCHRIF Brahim[2], DERKAOUI Sami[3], DAHANI Said[4], ZYATE Nadia[3], BOUCHRITI Nourredine[4], NASSIK Saadia[4], and KARIB Hakim[4]

[1]Service vétérinaire de Rabat, Rabat, Morocco

[2]Institut Pasteur, Casablanca, Morocco

[3]Division de la Pharmacie et des Intrants Vétérinaire, ONSSA, Rabat, Morocco

[4]Institut Agronomique et Vétérinaire Hassan II, Rabat, Morocco

Copyright © 2023 ISSR Journals. This is an open access article distributed under the ***Creative Commons Attribution License***, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

ABSTRACT: This study was conducted to estimate the prevalence of *Salmonella* in food products of animal origin intended for human consumption, sold in the local market of the prefecture of Rabat. 631 samples were taken between July 2020 and December 2022. The isolation of *Salmonella* was carried out using the NMISO7965-1 (2017) method. All the *Salmonella* isolated were confirmed by the Maldi-Tof mass spectrometry method (Biotyper – Sirius IVD System). Of the 631 samples examined, *Salmonella* was isolated in 3.01% (19/631) of the samples. The prevalence of *Salmonella* by product is respectively 16.95% in red meat, 12.73% in poultry meat, 1.54% in fish products and 0.51% in dairy products. *Salmonella* was not isolated from eggs and from ready to eat food. *Salmonella* can be transmitted to human populations through the consumption of food contaminated with *Salmonella,* it is a worrying public health problem in Morocco.

KEYWORDS: Contamination, Food products, Morocco, Prevalence, Rabat, *Salmonella*.

RESUME: Cette étude a été menée pour estimer la prévalence des *Salmonella* dans les produits alimentaires d'origine animale destinés à la consommation humaine, mis en vente dans le marché local de la préfecture de Rabat. 631 échantillons aléatoires ont été prélevés entre juillet 2020 et décembre 2022. L'isolement des *Salmonella* a été réalisé par la méthode NMISO7965-1 (2017). Toutes les *Salmonella* isolées ont été confirmés par la méthode de spectrométrie de masse Maldi-Tof (Biotyper – Sirius IVD System). Sur les 631 échantillons examinés, *Salmonella* a été isolée dans 3,01 % (19/631) des échantillons. La prévalence par produits des *Salmonella* est respectivement de 16,95% dans les viandes rouges, 12,73% dans les viandes de volailles, 1,54% dans les produits de pêche et de 0,51% dans les produits laitiers. L'isolement n'a pas été réalisé à partir des œufs et les aliments prêts à être consommés. Les salmonelles peuvent être transmises aux populations humaines par la consommation des aliments contaminés par *Salmonella,* il s'agit d'un problème de santé publique préoccupant au Maroc.

MOTS-CLEFS: Contamination, Maroc, Prévalence, Produits alimentaires, Rabat, *Salmonella.*

Corresponding Author: MOTASSIM El Hanafi

1 INTRODUCTION

On estime que *Salmonella* spp est responsable de plus de 90 millions de cas de maladies diarrhéiques dans le monde par an dont 85% sont liées à la consommation d'aliments contaminés. La littérature rapporte le nombre de cas de maladies attribués aux salmonelles allant de 200 millions à plus d'un milliard de cas dans le monde chaque année [1]. En Europe, le nombre de foyers de salmonellose humaine rapporté entre 2015 et 2019 a enregistré un taux moyen annuel de croissance de 5 % ((Incidence Rate Ratio [IRR]: 1.05, 95 % Confidence Interval [CI]: 1.01–1.09) [2]. Ainsi malgré l'instauration d'une réglementation drastique, les programmes d'assurance qualité ainsi que les plans de contrôle et de surveillance en Europe, les foyers de salmonellose restent une préoccupation majeure. Aux Etats Unis, *Salmonella* constitue la cause majeure de maladies d'origine alimentaire. L'analyse des foyers de salmonellose humaine entre 1998 et 2015 rapportés par le Centre de Contrôle et de Prévention des Maladies (CDC) démontre que 2447 foyers ont été enregistrés durant cette période. La moyenne annuelle est de 136 foyers avec 27 cas de malades par foyer. L'aliment incriminé n'a été identifié que dans 49% des foyers [3]. La salmonellose causée par des souches non typhoïdes reste la maladie d'origine alimentaire la plus couramment rapportée aux Etats Unis; l'incidence globale des infections à *Salmonella* confirmées par analyses de laboratoire était de 17,6 cas pour 100 000 habitants en 2010 [4].

Le réseau américain de surveillance active des maladies d'origine alimentaire « FoodNet » a recensé en 2021, 597 foyers de maladies d'origine alimentaire due à *Salmonella* dans les 10 états concernés par ce réseau entrainant 7148 cas de maladies dont 1974 ont nécessité une hospitalisation (28% des cas). Le taux de mortalité due à *Salmonella* est de 0,7% (52 cas) [5].

Les animaux de la production des aliments, sont les principaux réservoirs de nombreux agents pathogènes d'origine alimentaire comme les espèces de *Campylobacter,* les sérotypes de *Salmonella* non typhoïde, les souches *d'Escherichia coli* productrices de Shiga-toxines et de *Listeria monocytogene* [6]. La colibacillose et la salmonellose sont considérées comme les principales maladies bactériennes de la filière avicole couramment transmissibles à l'Homme dans le monde [7]. La viande de volaille est une source potentielle pour *Salmonella* dont le contrôle dans les établissements de transformation de volaille représente un réel défi permanent pour les industriels surtout avec la demande croissante de cette viande [8]. En effet, malgré l'amélioration significative de la technologie et des bonnes pratiques d'hygiène au cours de la production avicole dans les pays développés, les maladies d'origine alimentaire restent une menace persistante pour la santé humaine nécessitant la maîtrise [9].

La capacité zoonotique des germes pathogènes d'origine alimentaire et leur potentiel à produire des maladies ou même la mort suffisent à reconnaitre leur gravité pour la santé publique [6]. Aux Etats Unis, les aliments les plus fréquemment impliqués dans les intoxications alimentaires sont les œufs (12,5%), suivi par les viandes de poulet (12,4%) et les viandes porcines (6,5%) [3]. De même, les œufs sont la source la plus importante comme responsable des foyers de toxi-infections alimentaires en Europe par un taux de 33% (95% CI 31-36%) suivi par les viandes de porc avec 7 % (95% CI 6-8%) et enfin les produits à base de viande 6% (95% CI 5-8%) [2].

2 IMPORTANCE DES MALADIES D'ORIGINE ALIMENTAIRE

Chaque année 7,69 % de la population mondiale souffre d'une maladie d'origine alimentaire et 7,5 % des décès dans le monde sont dues à une maladie d'origine alimentaire [10]. Historiquement des tragédies humaines et des catastrophes économiques documentées dues à la consommation d'aliments contaminés se sont produites suite à un comportement personnel intentionnel ou non et à un échec de préservation de la qualité et la sécurité des aliments [11]. Ces affections figurent parmi les principales causes de décès susceptibles d'être évitées [12].

L'étude rétrospective des maladies d'origine alimentaire causées par les produits carnés enregistrées par le Centre Marocain Anti-poisons et de Pharmacovigilance au cours de la période de 2010 à 2016 a recensé 2963 cas de maladies d'origine carnée. Les produits carnés les plus incriminés sont respectivement le poulet (47,35%), les produits de la pêche (30,94%) et la viande rouge (16,57%) [13]. Bien que les produits carnés soient les plus incriminés dans les maladies d'origine alimentaire au Maroc, celles liées aux produits laitiers sont les plus fatales [14].

On estime que les salmonelles non typhoïdes sont responsables de plus de 78 millions de cas de maladies d'origine alimentaire et plus de 59 000 cas de décès dans le monde chaque année**.** Le fardeau des maladies bactériennes d'origine alimentaire en particulier les salmonelloses non typhoïdes est plus important dans les pays africains par rapport aux autres pays du monde [15]. En Europe chaque année les maladies d'origine alimentaire sont responsables de 23 millions de cas de maladies et 5000 décès en plus de la perte de 400 000 Années de Vie Corrigée du facteur d'Invalidité ou DALYs (Disability-Adjusted Life Year) [16]. La pondération de gravité affectée à *Salmonella* non-typhiques en utilisant une échelle semi-quantitative logarithmique, exprimée en nombre de DALYs est de 10 à 99 DALYs / 1 000 cas [17]. Dans la sous-région de la

méditerranée orientale (EMR D) dont le Maroc fait partie, les maladies d'origine alimentaire causent une perte annuelle de 570 DALYs/ 100 000 habitants. Les salmonelles non typhoïdes à *Salmonella* enterica entrainent 67 (26-112) DALYs/ 100 000 habitants dans cette même région [18].

La présente étude contribue à évaluer la prévalence de contamination par *Salmonella* spp, dans les produits alimentaires d'origine animale prêts à être consommés ou crus mis en vente dans le marché local de la préfecture de Rabat.

3 MATERIELS ET METHODE

Les produits étudiés sont deux types, d'une part les produits crus composés de matières premières et d'autre part les aliments prêts à être consommés.

Les échantillons des produits alimentaires d'origine animale prêts à être consommés ou crus ont été prélevés dans divers points de vente et établissements de restaurations collective et commerciale dans la ville de Rabat choisis d'une manière aléatoire. Les produits appartiennent aux catégories suivantes: les produits carnés composés de viandes de volailles et de viandes rouges et les produits à base de viande; les produits laitiers, les œufs, les plats cuisinés et les produits de la pêche et de l'aquaculture. Les échantillons sont acheminés le même jour au laboratoire pour analyse.

Un ensemble de 631 échantillons de diverses matrices alimentaires (n=631) ont été prélevés d'une manière aléatoire à Rabat durant la période du mois de Juillet 2020 au mois de Décembre 2022. Le nombre et le pourcentage par type d'échantillons de produits alimentaires prélevés pour analyse sont présentés dans le tableau 1.

Tableau 1. Nombre et pourcentage par type des échantillons des produits alimentaires prélevés et analysés

Matrice alimentaire	Nombre de Prélèvements (n=)	Pourcentage (%)
Aliments prêts à consommer	225	35,66
Laits et produits laitiers	196	31,06
Produits de la pêche et de l'aquaculture	65	10,30
Viandes de volailles et produits à base de Viande Volailles	59	9,35
Viandes rouges et produits à base de Viande Rouge	55	8,72
Œufs et ovo-produits	31	4,91
Total	**631**	**100**

L'isolement a été réalisé selon la méthode horizontale pour la recherche, le dénombrement et le sérotypage des Salmonelles: Norme Marocaine NM ISO 6579-1 IC 08.0.103 version 2017. La confirmation a été faite par API20E.

Après pré-enrichissement de 25g de l'échantillon à analyser dans l'eau peptonnée (BPW) et enrichissement dans le milieu sélectif du Rappaport Vassiliadis Soja (RVS) (Bouillon) et du milieu Müller-Kauffmann au tétrathionate-novobiocine (MKTTn) (Bouillon), l'isolement est réalisé sur gélose Xylose-Lysine-Désoxycholate (XLD). La confirmation est faite sur gélose non sélective par la galerie API20E.

Une comparaison des résultats de confirmation est réalisée par automate d'identification microbienne par spectrométrie de masse Maldi-Tof Biotyper « sirius IVD System ». L'automate utilise la désorption-ionisation laser assistée par matrice, technique d'ionisation douce utilisée en spectrométrie de masse permettant l'ionisation et la vaporisation de biomolécules. L'ionisation et la vaporisation sont provoquées par un faisceau laser. La matrice protégeant la biomolécule de la destruction par le faisceau direct et facilite la vaporisation et l'ionisation.

4 RESULTATS ET DISCUSSION

Les résultats d'isolement de salmonelles à partir des produits alimentaires étudiés sont élucidés dans le tableau n°2**.** La prévalence globale de la contamination des produits alimentaires d'origine animale prêts à être consommés ou crus mis en vente dans le marché local de la préfecture de Rabat est de 3,01% (19/631). Cette prévalence est relativement supérieure à celle rapportée par [19] qui est de 0,91% au Maroc et proche de celle rapportée par [20] de l'ordre de 2,05% au niveau des produits alimentaires utilisés comme matière première dans la restauration collective dans l'axe Rabat-Casablanca. Par contre, elle reste largement inférieure à la prévalence de 10,3% rapportée par [21] à Tétouan. En comparaison avec la situation internationale, l'Agence Européenne de Sécurité des Aliments (EFSA) a rapporté en 2021 une prévalence similaire de 2,53%

dans les produits alimentaires au maillon de la distribution [22]. La revue systématique de la contamination des produits alimentaires par les salmonelles non typhoïdes dans 13 pays de la région du Moyen Orient et l'Afrique du Nord (MENA) a conclu à une prévalence groupée de 9,0% (IC à 95%: 6,8-11,4) dans les aliments d'origine animale [23], cette prévalence **est** supérieure à celle trouvée dans la présente étude.

Tableau 2. ***Prévalences de contamination des produits alimentaires d'origine animale par les salmonelles à Rabat-Maroc***

Matrice alimentaire	Nombre de Prélèvements (n=)	Positif *Salmonella*	Prévalence *Salmonella* (%)
Viandes de volailles et produits à base de Viande Volailles	55	7	12,73
Viandes rouges et produits à base de Viande Rouge	59	10	16,95
Laits et produits laitiers	196	1	0,51
Œufs et ovo-produits	31	0	0
Produits de la pêche et de l'aquaculture	65	1	1,54
Plats cuisinés	225	0	0
Total	**631**	**19**	**3,01**

La prévalence de *Salmonella* spp dans les produits carnés s'est avéré la plus élevée par rapport aux autres matrices alimentaires étudiées avec une prévalence de 14,91%. La prévalence de *Salmonella* retrouvée dans les viandes rouges et produits à base de viandes rouges est de 16,95%. Cette prévalence reste très inférieure à celle rapportée par [24] au niveau de la ville de Fès (31,84%) et très supérieure à celle rapportée par l'étude réalisée par [19] au Maroc (1,85%).

Le niveau de contamination des viandes de volailles et produits à base de viandes de volailles par les salmonelles est de 12,73% presque semblable à 12,66% prévalence rapportée par [25]. Cette prévalence est supérieure à celles rapportées par [26] dans les viandes de poulet commercialisées à Meknès et par [27] dans les viandes de volailles préparées dans la ville de Tetouan, qui sont respectivement de 9,9% et 9,84%. Elle reste cependant inférieure à celles rapportées par [28] dans les viandes de poulet préparées dans les tueries artisanales (18,75%) et par [29] dans la viande hachée de dinde (20,31%).

La prévalence importante des salmonelles dans les produits carnés est due essentiellement aux conditions d'hygiène dans le maillon de l'abattage puisque les salmonelles sont considérées aussi bien comme critères d'hygiène des procédés en tant qu'entérobactéries et comme critères de la sécurité des produits alimentaires en tant que germes pathogènes et zoonotiques. La prévalence élevée de contamination par les salmonelles des élevages avicoles est une autre cause de grande contamination des produits carnés. L'importance de la prévalence des salmonelles au niveau des viandes rouges et des produits à base de viandes rouges par rapport à celle des viandes de volailles pourrait être liée à la pratique frauduleuse de mélange des viandes de volailles dans la viande hachée.

L'importance de la prévalence dans les produits carnés pourrait être due aux conditions défectueuses et insuffisantes d'hygiène dans le maillon de l'abattage et de préparation des animaux de boucherie et de volailles. [23] ont rapporté une prévalence de 3,53% au niveau des viandes des abattoirs de viandes rouges qui constitue la prévalence la plus élevée par rapport à celles trouvées dans les autres produits alimentaires analysés durant la même étude. Dans les tueries traditionnelles d'abattage de poulet [28] ont rapporté une prévalence de contamination par les salmonelles de 18,75%. Au niveau des élevages avicoles, la contamination par les salmonelles est très importante; en effet, les prévalences respectives ont été rapportées par [30], [31] et [32] de 73,3%, 35% et 24% respectivement dans les élevages de poule pondeuse, dans les élevages de dinde de chair et dans les élevages de poulet de chair.

La contamination des produits de la pêche et de l'aquaculture présente une prévalence de 1,54% qui est proche de celle rapportée par [19] (1,78%) est inférieure à celles rapportées par [33] dans les moules à Agadir et par [34] dans les mollusques bivalves dans la zone nord-ouest du Maroc et qui sont respectivement de 10% et 8,6%.

La prévalence dans les produits laitiers est moins importante avec une prévalence trouvée de 0,51%. L'isolement des salmonelles à partir du lait et des produits laitiers au Maroc est exceptionnel; en effet peu d'études menées au niveau des différentes régions du Maroc ont pu mettre en évidence la présence de *Salmonella*. Cette dernière a été détectée dans 6,6% des échantillons de différents produits laitiers naturellement fermentés à base de lait cru à Rabat et dans 29% et 11% respectivement durant la période estivale et la période hivernale dans le lait cru de mélange réceptionné dans deux usines laitières [35]. [21] ont rapporté une prévalence de contamination par les salmonelles dans le fromage traditionnel de 5,9%.

La présence de salmonelles dans le lait et les produits laitiers n'a pas pu être réalisée dans de nombreuses études sur la qualité bactériologique menées au Maroc; c'est le cas de l'étude de la qualité hygiénique du lait de brebis de race Sardi par [36], du lait de colportage commercialisé à Kenitra par [37] et du lait cru issu des élevages laitiers à Beni Mellal par [38]. Ceci est probablement dû à la présence des salmonelles en quantités inférieures à la limite de détection [29]. L'absence de salmonelles dans les produits laitiers fermentés pourrait être attribuée à leur niveau d'acidité élevé [23]. Les intoxications alimentaires liées aux laits et produits laitiers sont souvent dues à la consommation de produits à base de lait cru ou ayant subi un chauffage insuffisant [17].

Dans cette étude l'isolement des salmonelles n'a pas pu être réalisé à partir des œufs et ovo-produits et des plats cuisinés (prêt à consommer). Pour les œufs, des isolements de salmonelles ont été réalisés dans 14 états membres de l'Union Européenne à partir des œufs de consommation et des ovo-produits avec une prévalence de 0,82% [22]. En Europe, les œufs et ovo-produits sont la première source des maladies alimentaires par les salmonelles et constituent 33% des cas (IC 95%, 31-36%) [2]. Aux Etats Unis, on estime qu'un œuf sur 20 000 œufs produits par an est positif pour *Salmonella* (soit une prévalence de 0,005%) [39].

Au Maroc, [23] ont rapporté une prévalence de contamination par les salmonelles des aliments servis dans des établissements de restauration rapide et collective de 2,05% dans l'axe Rabat-Casablanca. La contamination a concerné essentiellement la matière première à base de produits carnés notamment les viandes blanches et viandes rouges avec des prévalences de contamination respectives de 21,05% et 5,17%. [22] a rapporté une prévalence de contamination des viandes cuites par les salmonelles de 0,07% probablement due à une contamination croisée après cuisson. Aussi et au niveau d'une variété de produits alimentaires de toute nature, prêts à être consommés, la prévalence de contamination par les salmonelles est de l'ordre de 0,23% avec une moyenne annuelle presque stable de 0,27% durant la période de 2017 à 2020 [22].

L'absence d'isolement des salmonelles à partir de certains produits alimentaires comme les œufs ou les plats cuisinés n'est pas un indicateur de leur innocuité mais probablement à la présence des salmonelles en dessous de la limité de détection.

Dans notre étude les prévalences trouvées pour les différentes matrices alimentaires, sont soit inférieures, supérieures ou proches à celles d'autres travaux de recherche. Ces écarts sont peut-être dus au type de produits analysés et au niveau d'hygiène dans les lieux de prélèvements. Le même constat a été rapporté par [23]

La spectrométrie de masse est devenue un outil primordial pour l'identification et le diagnostic microbiens [40]. En effet, de nombreuses études antérieures ont rapporté que « Maldi-Tof MD » est un outil rapide et rentable par rapport aux autres méthodes de typage et permet d'identifier les souches isolées dans les 15 minutes de la sélection des colonies aux résultats finaux [41]. Ainsi, tous les isolats positifs *Salmonella* par la méthode de confirmation API20E, ont été confirmés positifs par automate d'identification microbienne par spectrométrie de masse Maldi-Tof Biotyper « sirius IVD System ».

En plus de l'application rigoureuse de la législation en vigueur, la stratégie pour le contrôle des risques microbiens d'origine alimentaire doit inclure les bonnes pratiques d'élevage au niveau des fermes de production par des mesures strictes de biosécurité appliquées aux élevages, leur environnement et aux aliments [9].

Au Maroc, une actualisation des normes microbiologiques dans les produits alimentaires par la publication le 15 Février 2019 de l'arrêté ministériel conjoint n°293-19. Cette réglementation stipule l'absence de salmonelles dans 10g ou 25g avec un nombre d'unités composant l'échantillon dans le plan d'échantillonnage de 5, 30 ou 50 en fonction du type et de la nature de l'aliment et du lieu de prélèvement.

5 CONCLUSION

L'usage des nouvelles technologies dans l'identification et le diagnostic microbiens est d'une grande utilité permettant une économie en charge et surtout en temps d'obtention de résultats fiables. La totalité des isolats identifiés par API20E, ont été confirmés comme appartenant au genre *Salmonella* par spectrométrie de masse Maldi-Tof Biotyper « sirius IVD System ».

La prédominance de la contamination des produits alimentaires d'origine carnée est notable par rapport aux autres produits alimentaires. La contamination des matières premières des produits alimentaire par des salmonelles constitue un risque imminent pour la transmission à l'Homme en cas de cuisson insuffisante ou lors de contamination croisée. Les résultats de cette étude concordent avec ceux de plusieurs travaux dans le domaine sur la menace que représentent les salmonelloses d'origine alimentaire associées aux produits carnés. Une attention particulière et des mesures strictes d'épidémiosurveillance doivent être accordées à ces produits carnés au niveau de toutes les étapes de la chaine de production animale en particulier au niveau du maillon de l'abattage.

Il est notable qu'aucune étude n'est publiée au Maroc, concernant la prévalence des salmonelles chez les autres espèces animales domestiques ou leurs environnements en dehors du secteur de l'aviculture en particulier les ruminants et espèces sources des produits alimentaires.

La mise en place des mesures strictes des bonnes pratiques d'élevage au niveau des fermes de production doit être systématiquement instaurée. L'amélioration des conditions d'hygiène de manipulation des produits alimentaires doit être prise en considération notamment dans le maillon de l'abattage des animaux de boucherie et des volailles.

Des plans de contrôle et de surveillance de contamination des salmonelles dans les produits alimentaires s'avèrent obligatoires par les autorités compétentes au niveau du maillon de la distribution et de la restauration collective.

REMERCIEMENTS

Nos vifs remerciements à toute l'équipe d'appui aux travaux de la recherche comprenant Dr. Moustaid Allaoui Rachid, Dr Fassi-Fehri Fatima Ezzahra, Mme Rouichi Hanane, Mr Omar Amer, Mr. Ismaili Nawfel et Mme Idri Salma pour leurs contributions aux différents stades de la réalisation de ce travail de recherche.

REFERENCES

[1] A. Chlebicz et K. Śliżewska, « Campylobacteriosis, Salmonellosis, Yersiniosis, and Listeriosis as Zoonotic Foodborne Diseases: A Review », *Int. J. Environ. Res. Public. Health,* vol. 15, n° 5, p. 863, avr. 2018, doi: 10.3390/ijerph15050863.

[2] L. Chanamé Pinedo, L. Mughini-Gras, E. Franz, T. Hald, et S. M. Pires, « Sources and trends of human salmonellosis in Europe, 2015–2019: An analysis of outbreak data«, *Int. J. Food Microbiol.,* vol. 379, p. 109850, oct. 2022, doi: 10.1016/j.ijfoodmicro.2022.109850.

[3] T. R. Snyder, S. W. Boktor, et N. M. M'Ikanatha, « Salmonellosis Outbreaks by Food Vehicle, Serotype, Season, and Geographical Location, United States, 1998 to 2015«, *J. Food Prot.,* vol. 82, n° 7, p. 1191-1199, juill. 2019, doi: 10.4315/0362-028X.JFP-18-494.

[4] P. Cummings, F. Sorvilla, et T. Kuo, « The Burden of Salmonellosis in the United States », in *Salmonella – A Dangerous Foodborne Pathogen,* IntechOpen., Croatie: IntechOpen, 2012, p. 452. Consulté le: 26 octobre 2022. [En ligne]. Disponible sur: https://www.intechopen.com/books/799.

[5] J. P. Collins *et al.,* « Preliminary Incidence and Trends of Infections Caused by Pathogens Transmitted Commonly Through Food — Foodborne Diseases Active Surveillance Network, 10 U.S. Sites, 2016–2021«, *Morbidity and Mortality Weekly Report,* USA, p. 1260-1264, 7 octobre 2022.

[6] N. Heredia et S. García, « Animals as sources of food-borne pathogens: A review », *Anim. Nutr.,* vol. 4, n° 3, p. 250-255, sept. 2018, doi: 10.1016/j.aninu.2018.04.006.

[7] S. M. L. Kabir, « Avian Colibacillosis and Salmonellosis: A Closer Look at Epidemiology, Pathogenesis, Diagnosis, Control and Public Health Concerns », *Int. J. Environ. Res. Public. Health,* vol. 7, n° 1, p. 89-114, janv. 2010, doi: 10.3390/ijerph7010089.

[8] K. Wessels, D. Rip, et P. Gouws, « Salmonella in Chicken Meat: Consumption, Outbreaks, Characteristics, Current Control Methods and the Potential of Bacteriophage Use », *Foods,* vol. 10, n° 8, p. 1742, juill. 2021, doi: 10.3390/foods10081742.

[9] M. H. Hafez et H. El-Adawy, « Foodborne diseases of poultry and related problems«, Science Repository Oü, avr. 2019. doi: 10.31487/j.JFNM.2018.01.005.

[10] H. Lee et Y. Yoon, « Etiological Agents Implicated in Foodborne Illness World Wide«, *Food Sci. Anim. Resour.,* vol. 41, n° 1, p. 1-7, janv. 2021, doi: 10.5851/kosfa.2020.e75.

[11] F. Fung, H.-S. Wang, et S. Menon, « Food safety in the 21st century«, *Biomed. J.,* vol. 41, n° 2, p. 88-95, avr. 2018, doi: 10.1016/j.bj.2018.03.003.

[12] S. Bouhi, S. Belarabi, R. Soulaymani, A. Mokhtari, et A. Soulaymani, « L'étude des toxi-infections alimentaires au Maroc«, *Le premier Congrès National sur l'amélioration de Production Agricole,* 16 mars 2006. https://www.researchgate.net/publication/259779261_L'etude_des_toxi-infections_alimentaires_au_Maroc (consulté le 21 octobre 2022).

[13] F. R. Filali, S. Benlarabi, R. Hmimou, R. Soulaymani-Bencheikh, M. Sefiani, et M. Boukili, « Foodborne Diseases Related to the Consumption of Flesh Foods in Morocco (2010-2016)«, *J. Worlds Poult. Res.,* vol. 9, n° 1, p. 08-15, mars 2019, doi: 10.36380/scil.2019.wvj2.

[14] H. Rebgui *et al.,* « Food poisoning in Morocco: Evolution and Risk factors«, *International Journal of Scientific & Engineering Research,* p. 1015-2021, novembre 2013.

[15] K. M. Thomas *et al.,* « Prevalence of Campylobacter and Salmonella in African food animals and meat: A systematic review and meta-analysis«, *Int. J. Food Microbiol.,* vol. 315, p. 108382, févr. 2020, doi: 10.1016/j.ijfoodmicro.2019.108382.

[16] R. office for E. WHO, *THE BURDEN OF FOODBORNE DISEASES IN THE WHO EUROPEAN REGION*. Copenhagen, Denmark, 2015. Consulté le: 10 janvier 2023. [En ligne]. Disponible sur: https://www.euro.who.int/__data/assets/pdf_file/0005/402989/50607-WHO-Food-Safety-publicationV4_Web.pdf

[17] J.-C. Augustin *et al.,* « Contribution of Foods and Poor Food-Handling Practices to the Burden of Foodborne Infectious Diseases in France », *Foods,* vol. 9, nº 11, p. 1644, nov. 2020, doi: 10.3390/foods9111644.

[18] A. H. Havelaar *et al.,* « World Health Organization Global Estimates and Regional Comparisons of the Burden of Foodborne Disease in 2010«, *PLOS Med.,* vol. 12, nº 12, p. e1001923, déc. 2015, doi: 10.1371/journal.pmed.1001923.

[19] B. Bouchrif *et al.,* « Prevalence and antibiotic-resistance of Salmonella isolated from food in Morocco«, *J. Infect. Dev. Ctries.,* vol. 3, nº 01, p. 035-040, févr. 2009, doi: 10.3855/jidc.103.

[20] M. S Oba, M. Bezzari, A. Belhouari, A. Kettani, R. Saile, et H. Bennani, « RISQUES LIÉS À LA RESTAURATION RAPIDE ET COLLECTIVE: PRÉSENCE DES GERMES PATHOGÈNES SUSCEPTIBLES DE CAUSER DES TOXI-INFECTIONS ALIMENTAIRES », *International Journal of Current Research,* India, p. 4420-4425, 26 janvier 2014.

[21] N. Amajoud *et al.,* « Prevalence, serotype distribution, and antimicrobial resistance of Salmonella isolated from food products in Morocco«, *J. Infect. Dev. Ctries.,* vol. 11, nº 02, p. 136-142, févr. 2017, doi: 10.3855/jidc.8026.

[22] European Food Safety Authority et European Centre for Disease Prevention and Control, « The European Union One Health 2021 Zoonoses Report », *EFSA J.,* vol. 20, nº 12, déc. 2022, doi: 10.2903/j.efsa.2022.7666.

[23] R. H. Al-Rifai, K. Chaabna, T. Denagamage, et W. Q. Alali, « Prevalence of enteric non-typhoidal *Salmonella* in humans in the Middle East and North Africa: A systematic review and meta-analysis«, *Zoonoses Public Health,* vol. 66, nº 7, p. 701-728, nov. 2019, doi: 10.1111/zph.12631.

[24] L. Bennani, S. Berrada, B. Salame, M. Aabouch, et A. E. O. Lalami, « Evaluation de la qualité hygiénique des viandes et de certains produits carnés prélevés de la ville de Fès, Maroc«, vol. 15, nº 3, 2016.

[25] M. Khallaf, N. Ameur, M. Terta, M. Lakranbi, S. Senouci, et M. Ennaji, « Prevalence and antibiotic-resistance of Salmonella isolated from chicken meat marketed in Rabat, Morocco«, vol. 6, nº 4, 2014.

[26] A. Chaiba, R. F. Fouzia, C. Abdelkader, S. B. Rachida, et Z. Mouloud, « Occurrence of Salmonella in Chicken Carcasses and Giblets in Meknes-Morocco«, *Pak. J. Nutr.,* vol. 7, nº 2, p. 231-233, févr. 2008, doi: 10.3923/pjn.2008.231.233.

[27] R. Zahli *et al.,* « Salmonella spp: Prevalence, antimicrobial resistance and molecular typing of strains isolated from poultry in Tetouan-Morocco », *LWT,* vol. 153, p. 112359, janv. 2022, doi: 10.1016/j.lwt.2021.112359.

[28] A. Chaiba et F. Filali, « Risk Factors Associated with Salmonella Contamination of Chicken Carcases in Traditional Slaughterhouses in Morocco«, *Microbiol. Res. J. Int.,* vol. 19, nº 6, p. 1-7, janv. 2017, doi: 10.9734/MRJI/2017/33013.

[29] B. Karraouan, A. Fassouane, H. E. Ossmani, N. Cohen, O. Charafeddine, et B. Bouchrif, « Prévalence et gènes de virulence des Salmonella isolées des viandes hachées crues de dinde à Casablanca (Maroc)«, *Rev. Méd Vét,* 2010.

[30] N. Ziyate, B. Karraouan, A. Kadiri, S. Darkaoui, A. Soulaymani, et B. Bouchrif, « Prevalence and antimicrobial resistance of Salmonella isolates in Moroccan laying hens farms«, *J. Appl. Poult. Res.,* vol. 25, nº 4, p. 539-546, déc. 2016, doi: 10.3382/japr/pfw036.

[31] A. El Allaoui, F. Rhazi Filali, N. Ameur, et B. Bouchrif, « Contamination des élevages de dinde de chair par Salmonella spp. au Maroc : prévalence, antibiorésistances et facteurs de risque associés«, *Rev. Sci. Tech. Off. Int. Epiz.,* p. 935-946.

[32] A. Chaiba et F. Rhazi Filali, « Prévalence de la contamination par *Salmonella* des élevages de poulet de chair au Maroc«, *Cah. Agric.,* vol. 25, nº 3, p. 35007, mai 2016, doi: 10.1051/cagri/2016017.

[33] I. Setti *et al.,* « Characteristics and Dynamics of *Salmonella* Contamination along the Coast of Agadir, Morocco«, *Appl. Environ. Microbiol.,* vol. 75, nº 24, p. 7700-7709, déc. 2009, doi: 10.1128/AEM.01852-09.

[34] R. Boutaib, M. Marhraoui, M. Karim Oulad Abdellah, et B. Bouchrif, « Comparative Study on Faecal Contamination and Occurrence of Salmonella spp. and Vibrio parahaemolyticus in Two Species of Shellfish in Morocco«, *Open Environ. Sci.,* vol. 5, nº 1, p. 30-37, déc. 2011, doi: 10.2174/1876325101105010030.

[35] A. Hamama, « STUDIES ON THE HYGIENIC QUALITY OF MOROCCAN TRADITIONAL DAIRY PRODUCTS. », Thèse, Institute: University of Minnesota, 1990. [En ligne]. Disponible sur: https://www.elibrary.ru/item.asp?id=5904297.

[36] Fatima Bouazza, « Hygienic quality of raw milk at Sardi breed of sheep in Morocco«, *Afr. J. Microbiol. Res.,* vol. 6, nº 11, mars 2012, doi: 10.5897/AJMR11.1396.

[37] F. Hadrya, A. Elouardi, D. Benali, H. Hami, A. Soulaymani, et S. Senouci, « Bacterial Quality of Informally Marketed Raw Milk in Kenitra City, Morocco«, *Pak. J. Nutr.,* vol. 11, nº 8, p. 760-767, juill. 2012, doi: 10.3923/pjn.2012.760.767.

[38] R. Hnini *et al.,* « Evalution of the Microbiological Quality of Moroccan Cow Raw Milk in Dairy Herds Located in the Beni Mellal Region«, *World J. Res. Rev.,* vol. 7, nº 6, déc. 2018, doi: 10.31871/WJRR.7.6.12.

[39] M. J. Cardoso *et al.,* « *Salmonella* in eggs: From shopping to consumption—A review providing an evidence-based analysis of risk factors«, *Compr. Rev. Food Sci. Food Saf.,* vol. 20, nº 3, p. 2716-2741, mai 2021, doi: 10.1111/1541-4337.12753.

[40] N. Singhal, M. Kumar, P. K. Kanaujia, et J. S. Virdi, « MALDI-TOF mass spectrometry: an emerging technology for microbial identification and diagnosis«, *Front. Microbiol.,* vol. 6, août 2015, doi: 10.3389/fmicb.2015.00791.

[41] S.-M. Yang, E. Kim, D. Kim, J. Baek, H. Yoon, et H.-Y. Kim, «Rapid Detection of Salmonella Enteritidis, Typhimurium, and Thompson by Specific Peak Analysis Using Matrix-Assisted Laser Desorption Ionization Time-of-Flight Mass Spectrometry», *Foods,* vol. 10, nº 5, p. 933, avr. 2021, doi: 10.3390/foods10050933.

International Journal of Innovation and Applied Studies
ISSN 2028-9324 Vol. 39 No. 2 Apr. 2023, pp. 719-723
© 2023 Innovative Space of Scientific Research Journals
http://www.ijias.issr-journals.org/

Transformation d'une leucémie myéloïde chronique (LMC) en Leucémie aigue mégacaryoblastique: A propos d'un cas

[Megakaryocytic blast crisis in a chronic myeloid leukemia (CML) patient: A Case report]

Zineb Karouchi[1-2], Hanaa Bencharef[1-2], Aya Rachidi[1-2], and Bouchra Oukkache[1-2]

[1]Laboratoire d'hématologie, Centre Hospitalier Universitaire Ibn Rochd, Casablanca, Morocco

[2]Faculté de Médecine et de Pharmacie de Casablanca, Université Hassan II de Casablanca, Casablanca, Morocco

Copyright © 2023 ISSR Journals. This is an open access article distributed under the ***Creative Commons Attribution License***, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

ABSTRACT: The acute transformation of chronic myeloid leukemia has become a rare event since the introduction of tyrosine kinase inhibitors. Less than 3% of patients with CML transform to a megakaryoblastic leukemia. The diagnosis represents a challenge, due to the frequent association with myelofibrosis, thus requiring an osteo-medullar biopsy to confirm the diagnosis. We report the case of a megacaryoblastic blast crisis associated with myelofibrosis in a CML young female patient.
A 32-year-old woman previously diagnosed with CML in chronic phase, on Tyrosine kinase inhibitors, presents with a clinical bone marrow failure. Blood counts showed pancytopenia. A peripheral blood smear revealed the presence of 30% blast cells, with a round nuclei, prominent nucleoli, and a very basophilic cytoplasm with cytoplasmic blebs. The diagnosis of a blast crisis in CML was retained. Bone marrow aspiration was practiced twice, and came back poor both times. A bone marrow biopsy practiced later confirming the diagnosis of acute leukemia associated to myelofibrosis. Immunophenotyping by flow cytometry was performed on peripheral bood, and revealed a blast population (76%) positive for CD45 (mild) and expressing the following markers CD33, CD34, CD41 and CD61, confirming the diagnosis of acute megacaryoblastic leukemia. Based on clinical presentation, bone marrow findings and flow cytometry, the diagnosis of CML with megakaryoblastic crisis associated to myelofibrosis at a 32-year-old woman was retained.

KEYWORDS: Acute megakaryocytic leukemia, blast crisis, chronic myeloid leukemia.

RESUME: La transformation aigue de leucémie myéloïde chronique (LMC) est devenue un événement rare depuis l'avènement d'inhibiteurs de tyrosine kinase. Moins de 3% des cas développent une transformation en leucémie aigue mégacaryoblastique, c'est un vrai défi diagnostique vu la possibilité de l'existence d'une fibrose médullaire qui nécessite le recours à une biopsie ostéo-médullaire (BOM) pour la confirmation diagnostique. Nous rapportons dans le présent travail une transformation aigue d'une LMC en leucémie mégacaryoblastique associée à une myélofibrose chez une femme jeune de 32 ans sous inhibiteurs de la tyrosine kinase (ITK). La patiente se présente pour un tableau d'insuffisance médullaire avec à l'hémogramme une pancytopénie, et au frottis sanguin la présence de 30% de blastes de formes et de tailles hétérogènes, avec un noyau à chromatine lâche, nucléolée, et un cytoplasme très basophile parfois granuleux et vacuolé. Le diagnostic de transformation de LMC en leucémie aigüe était donc retenu. Un myélogramme a été réalisé à deux reprises et est revenu pauvre, ce qui a motivé la réalisation d'une BOM qui a appuyé le diagnostic de leucémie aigüe associée à une myélofibrose au stade MF1. L'immunophénotypage par cytométrie en flux a objectivé une population blastique de 76% (CD45 faible) exprimant les marqueurs suivants; CD33, CD34, CD41 et CD61 en faveur d'une leucémie aigue mégacaryoblastique. Au total, nous avons conclu à une transformation blastique d'une LMC en leucémie aigue mégacaryoblastique, associée à une myélofibrose chez une patiente de 32 ans sous ITK.

MOTS-CLEFS: Leucémie aigue mégacaryoblastique, leucémie myéloïde chronique, transformation aigue.

1 INTRODUCTION

La leucémie myéloïde chronique (LMC) représente 15% des leucémies de l'adulte [1]. C'est un syndrome myéloprolifératif chronique caractérisé par la prolifération anormale de cellules souches hématopoïétiques [2], associé dans 95% des cas à la présence d'une anomalie cytogénétique caractéristique; le chromosome de Philadelphie t (9,22) (q34; q11.2) [3].

La transformation aigue de leucémie myéloïde chronique (LMC) fait partie de son histoire naturelle.

Quatre-vingt-cinq à quatre-vingt-dix pour cent des patients sont diagnostiqués durant la phase chronique, dont une partie va évoluer vers une phase accélérée ou blastique, avec un pourcentage variable. Les cas diagnostiqués lors de la phase blastique, bien que rares, posent de vrais problèmes diagnostiques entre une transformation de LMC ou une leucémie aigüe de novo [4].

Soixante-dix pour cent des LMC se transforment en leucémie aigüe myéloïde [5], alors que moins de 3% des patients présentant une LMC développent une transformation en leucémie aigue mégacaryoblastique, avec peu de cas publiés à la date de ce jour [6], [7]. C'est un vrai défi diagnostique vu la possibilité de l'existence d'une fibrose médullaire qui nécessite le recours à une biopsie ostéo-médullaire (BOM) pour la confirmation diagnostique.

Nous rapportons dans le présent travail un cas rare de transformation aigue d'une LMC en leucémie mégacaryoblastique chez une femme jeune de 32 ans.

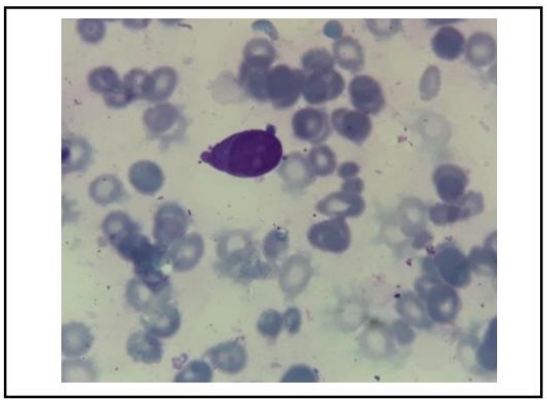
2 CAS CLINIQUE

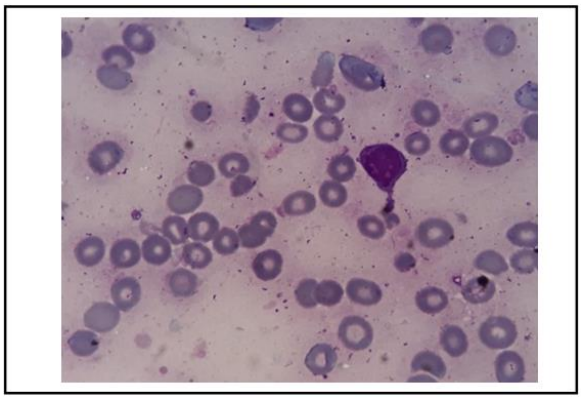
Il s'agit d'une femme de 32 ans, suivie pour une leucémie myéloïde chronique en phase chronique sous inhibiteurs de tyrosine kinase de 1ère génération (imatinib) pendant 3 ans, qui se présente aux urgences pour un tableau d'insuffisance médullaire, avec à l'hémogramme une pancytopénie.

Une anémie normochrome normocytaire à 5,7 g/dl d'hémoglobine (VGM: 29 pg, CCMH: 32 g/dl), une leucopénie à 1410 el/mm^3 de globules blancs avec une neutropénie à 580 el/mm^{3,} et une thrombopénie à 13 000 el/mm^3.

Le frottis sanguin a montré une myélémie avec des myéolocytes à 4% et des métamyélocytes à 7%, les polynuléaires neutrophiles étaient à 31%, les éosinophiles à 6%, les basophiles à 15% et les lymphocytes à 7%, avec la présence de 30% de cellules blastiques de taille hétérogène, avec un noyau à chromatine lâche, et un cytoplasme très basophile parfois vacuolé. Le diagnostic de transformation de LMC en leucémie aigüe était donc retenu.

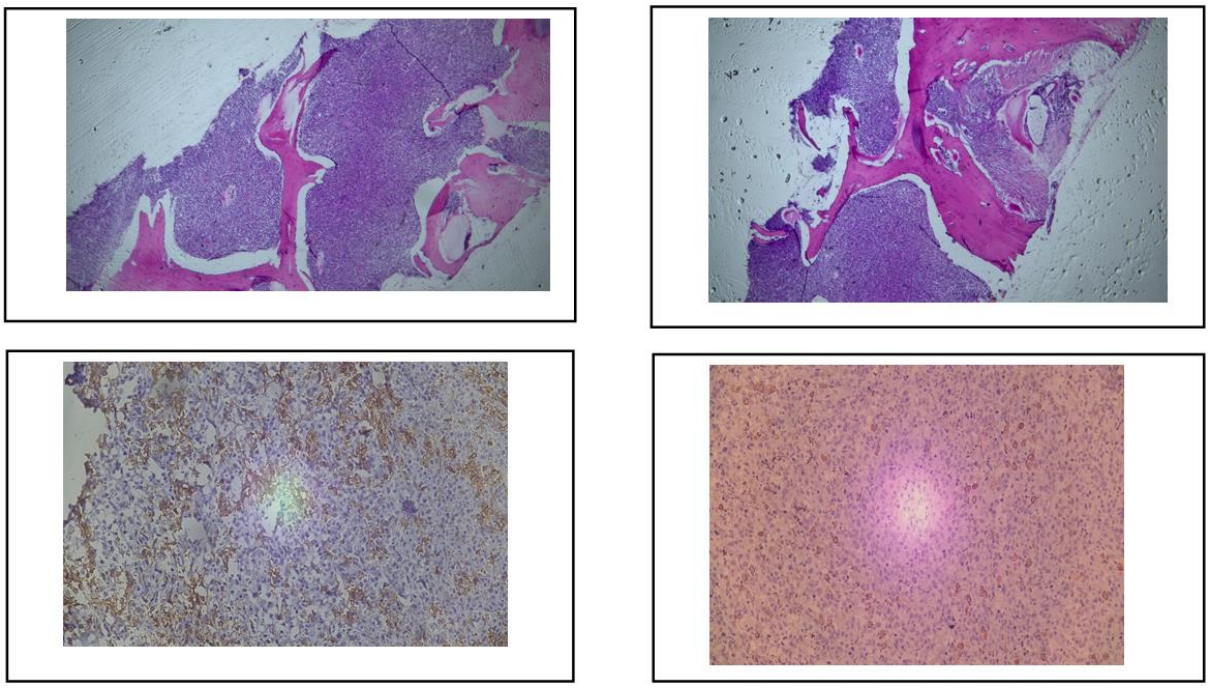
Un myélogramme a été réalisé à deux reprises et est revenu pauvre avec une difficulté d'aspiration. Le décompte a été tout de même fait, montrant la présence de 30 à 35% de cellules blastiques de grande taille, à noyau à chromatine lâche, nucléolé, avec un cytoplasme très basophile, dépourvu de granulations et présentant des prolongements cytoplasmiques. La cytochimie à la myéloperoxydase (MPO) était négative.





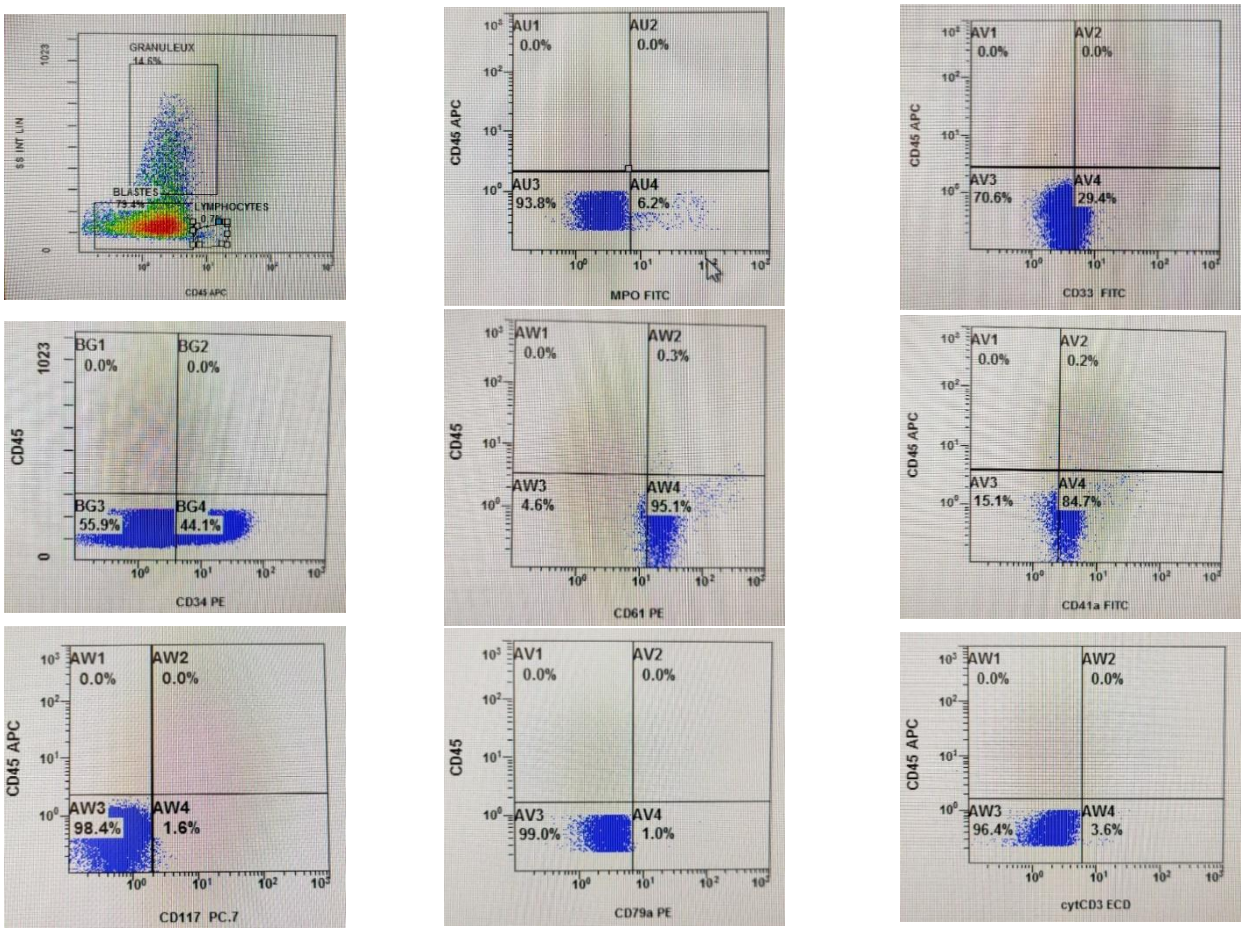
Figures 1 et 2: Frottis médullaire de la patiente

Une biopsie ostéo-médullaire a été demandée vu la suspicion d'une myélofibrose associée. Elle a objectivé un aspect de moelle riche et remaniée avec un excès de blastes estimé à 30%, et un stade MF1 de myélofibrose.



Figures s 3 à 6: Biopsie ostéo-médullaire de la patiente

L'immunopénotypage effectué par cytométrie en flux sur sang médullaire a montré qu'il s'agit d'une population blastique à 76% (CD45 faible) exprimant les marqueurs suivants; CD33, CD34, CD41 et CD61 en faveur d'une leucémie aigue mégacaryoblastique. D'autres marqueurs myéloïdes (CD117 CD17 CD14 CD64 MPO) et lymphoïdes (CD3, CD79a, CD19) étaient négatifs.



Figures 7 à 15: Immunophénotypage de la patiente

L'étude cytogénétique a été faite, et avait objectivé la présence isolée du chromosome de Philadelphie, sans anomalies cytogénétiques additionnelles.

3 DISCUSSION

Au cours de la LMC, la transformation de la phase chronique vers la phase blastique prend en moyenne 3 à 4 années.

Cette transformation est imprévisible, et ses causes sont encore mal connues à ce jour, bien que plusieurs études ont été publiées incriminant l'apparition d'anomalies cytogénétiques supplémentaires autres que le chromosome de Philadelphie [8], [9]. En effet, durant la phase blastique, plusieurs anomalies cytogénétiques ont été retrouvées, et ce chez la majorité des patients.

Chez les patients atteints de LMC et chez qui l'étude génétique a démontré des anomalies cytogénétiques additionnelles au gène de fusion BCR-ABL, la progression vers une phase blastique est presque inévitable, même avec un traitement aux inhibiteurs de la tyrosine kinase [3], [10]. Certaines d'entre elles peuvent même être responsables de la résistance au traitement.

Le diagnostic d'une transformation aigue d'une leucémie myéloïde chronique repose sur des critères bien définis par la classification de l'OMS 2016 des néoplasmes myéloïdes et des leucémies aigues [11]. Il est posé devant l'un de ces deux critères: Un taux ≥ 20% des blastes dans le sang périphérique et/ou la moelle osseuse, et/ou une prolifération blastique extramédullaire.

Soixante-dix pour cent des LMC se transforment en leucémie aigüe myéloïde, les leucémies aigues lymphoïdes et les leucémies biphénotypiques sont moins fréquentes [5]. Toutefois la transformation vers une leucémie aigue mégacayoblastique (LAM7-FAB) reste rare avec un taux inférieur à 3% [7], et peut être suspectée dès la réalisation d'un frottis sanguin blastique, et ce en analysant la morphologie des blastes sanguins qui ont des caractères spécifiques; la basophilie du cytoplasme et les prolongements cytoplasmiques [12]. Le taux de plaquettes peut être normal, comme on peut assister à une thrombocytose, plus fréquente dans le cadre d'une transformation de LMC que d'une leucémie mégacaryoblastique de novo [13], [14]. Dans notre cas, la patiente avait une thrombopénie.

L'analyse d'un frottis médullaire permet d'apprécier la richesse de la moelle qui est souvent pauvre vu l'association fréquente de la leucémie aiguë mégacaryoblastique à la fibrose médullaire. Elle permet également de poser le diagnostic de la transformation aigue en cas d'un frottis sanguin non blastique, et d'étudier la morphologie des mégacaryoblastes souvent évocatrice et similaire à celle des blastes retrouvés sur le sang périphérique [15].

La biopsie ostéo-médullaire est indiquée devant une suspicion de fibrose médullaire associée, et sert à appuyer le diagnostic de leucémie aigüe si on est effectivement devant une myélofibrose et un taux de blastes difficile à déterminer sur le frottis médullaire, mais elle n'a pas d'intérêt pour la classification de type de leucémie [16].

C'est l'immunophénotypage qui reste primordial pour la classification de ce type de leucémie. Il permet la mise en évidence sur la population blastique de marqueurs mégacaryoblastiques; CD41, CD61, CD42b, CD4, CD36, CD45, et de marqueurs myéloïdes communs; CD34 CD13 CD33 HLA DR, la myéloperoxydase ainsi que la recherche des marqueurs lymphoïdes sont négatives [6].

Dans le cas d'une transformation aigue de leucémie myéloïde chronique, l'utilisation d'inhibiteurs de la tyrosine kinase associée à la chimiothérapie conventionnelle peut améliorer le pronostic. Une allogreffe par cellules souches hématopoïétiques peut être proposée si le traitement aboutit à un retour à la phase chronique [15].

Les anomalies génétiques additionnelles au chromosome de Philadelphie incriminées dans la transformation aigue de leucémie myéloïde chronique n'ont pas pour la plupart été associées à un taux élevé de résistance au traitement par inhibiteurs de la tyrosine kinase [17], [18]. Seule une mutation connue sous le nom de T315I kinase sur le gène BCR-ABL est incriminée dans la résistance à l'imatinib [19], [20].

Les anomalies cytogénétiques additionnelles au chromosome de Philadelphie sont incriminées dans la transformation aigue de la leucémie myéloïde chronique [9], mais jusqu'à ce jour, leur rôle dans la transformation aigue mégacaryoblastique n'est toujours pas clair. Plusieurs études cytogénétiques ont été réalisées dans le but de comprendre l'étiopathogénie de la transformation aigue mégacaryoblastique, certaines anomalies ont été retrouvées mais aucune n'a pu être élucidée concrètement. [10], [21]

Des études supplémentaires pouvant expliquer la physiopathologie de la transformation aigue mégacaryoblastique seraient souhaitables afin de mieux comprendre le mécanisme aboutissant à cette transformation rare, surtout chez le sujet jeune.

4 CONCLUSION

La transformation blastique d'une leucémie aigüe myéloïde fait partie de l'histoire naturelle de cette pathologie, toutefois la transformation en leucémie aigue mégacaryoblastique est rare en pratique courante avec peu de cas décrits dans la littérature.

Les causes de cette transformation sont inconnues et la survenue d'une phase blastique est imprévisible, bien que certaines anomalies génétiques peuvent être incriminées.

L'association de la leucémie aigue mégacaryoblastique fréquente à la myélofibrose rend le diagnostic encore plus difficile. La prise en charge est multidisciplinaire et le suivi doit être rigoureux, mais ils ne changent que rarement le pronostic souvent péjoratif.

REFERENCES

[1] S. Faderl, M. Talpaz, Z. Estrov, et H. M. Kantarjian, « Chronic myelogenous leukemia: biology and therapy», Ann Intern Med, vol. 131, no 3, p. 207-219, août 1999, doi: 10.7326/0003-4819-131-3-199908030-00008.

[2] P. A. Thompson, H. Kantarjian, et J. E. Cortes, « Diagnosis and Treatment of Chronic Myeloid Leukemia (CML) in 2015», Mayo Clin Proc, vol. 90, no 10, p. 1440-1454, oct. 2015, doi: 10.1016/j.mayocp.2015.08.010

[3] M. W. N. Deininger, J. M. Goldman, et J. V. Melo, « The molecular biology of chronic myeloid leukemia», Blood, vol. 96, no 10, p. 3343-3356, nov. 2000, doi: 10.1182/blood.V96.10.3343.

[4] F. J. Giles, J. E. Cortes, H. M. Kantarjian, et S. M. O'Brien, « Accelerated and blastic phases of chronic myelogenous leukemia», Hematol Oncol Clin North Am, vol. 18, no 3, p. 753-774, xii, juin 2004, doi: 10.1016/j.hoc.2004.03.005

[5] W. Choi et al., « Four cases of chronic myelogenous leukemia in mixed phenotype blast phase at initial presentation mimicking mixed phenotype acute leukemia with t (9; 22) », Annals of laboratory medicine, vol. 34, no 1, p. 60, 2014.

[6] L. Pagano et al., « Acute megakaryoblastic leukemia: experience of GIMEMA trials», Leukemia, vol. 16, no 9, Art. no 9, sept. 2002, doi: 10.1038/sj.leu.2402618.

[7] S. T. Pullarkat et al., « Megakaryocytic blast crisis as a presenting manifestation of chronic myeloid leukemia», Leuk Res, vol. 32, no 11, p. 1770-1775, nov. 2008, doi: 10.1016/j.leukres.2008.02.025

[8] M. K. Esfahani, E. L. Morris, J. P. Dutcher, et P. H. Wiernik, « Blastic phase of chronic myelogenous leukemia», Curr. Treat. Options in Oncol., vol. 7, no 3, p. 189-199, mai 2006, doi: 10.1007/s11864-006-0012-y.

[9] B. Calabretta et D. Perrotti, « The biology of CML blast crisis», Blood, vol. 103, no 11, p. 4010-4022, juin 2004, doi: 10.1182/blood-2003-12-4111.

[10] M. Jarmuz et al., « Megakaryocytic blast crisis in a chronic myeloid leukemia patient with a rare variant of Philadelphia rearrangement t (9; 22; 22) and a constitutional translocation t (3; 7) », Cancer Genet Cytogenet, vol. 199, no 1, p. 45-47, mai 2010, doi: 10.1016/j.cancergencyto.2010.01.017

[11] « The 2016 revision to the World Health Organization classification of myeloid neoplasms and acute leukemia | Blood | American Society of Hematology ». https://ashpublications.org/blood/article/127/20/2391/35255/The-2016-revision-to-the-World-Health-Organization (consulté le 14 mars 2021).

[12] L. A. F. Pelloso, O. C. G. Baiocchi, M. L. L. F. Chauffaille, M. Yamamoto, V. T. M. Hungria, et J. O. Bordin, « Megakaryocytic blast crisis as a first presentation of chronic myeloid leukemia», European Journal of Haematology, vol. 69, no 1, p. 58-61, 2002, doi: https://doi.org/10.1034/j.1600-0609.2002.01638.x.

[13] « Philadelphia Chromosome–Positive Acute Myeloid Leukemia », American Journal of Clinical Pathology, Oxford Academic. https://academic.oup.com/ajcp/article/127/4/642/1760248 (consulté le 9 novembre 2022).

[14] A. Al-Shehri, A. Al-Seraihy, T. M. Owaidah, et A. F. Belgaumi, « Megakaryocytic blast crisis at presentation in a pediatric patient with chronic myeloid leukemia», Hematology/Oncology and Stem Cell Therapy, vol. 3, no 1, p. 42-46, janv. 2010, doi: 10.1016/S1658-3876 (10) 50056-6.

[15] J. M. Bennett et al., « Criteria for the Diagnosis of Acute Leukemia of Megakaryocyte Lineage (M7) », Ann Intern Med, vol. 103, no 3, p. 460-462, sept. 1985, doi: 10.7326/0003-4819-103-3-460.

[16] A. Orazi et al., « Acute panmyelosis with myelofibrosis: an entity distinct from acute megakaryoblastic leukemia», Mod Pathol, vol. 18, no 5, Art. no 5, mai 2005, doi: 10.1038/modpathol.3800348.

[17] « Cytogenetic and molecular genetic evolution of chronic myeloid leukemia - PubMed ». https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/11919388/ (consulté le 15 mars 2021).

[18] S. Luatti et al., « Additional chromosomal abnormalities in Philadelphia-positive clone: adverse prognostic influence on frontline imatinib therapy: a GIMEMA Working Party on CML analysis », Blood, vol. 120, no 4, p. 761-767, juill. 2012, doi: 10.1182/blood-2011-10-384651.

[19] J. B. Bhattacharya, R. Gupta, et A. Samadhiya, « Acute megakaryoblastic blast crisis as a presentation manifestation of chronic myelogenous leukemia», Blood Res, vol. 52, no 2, p. 137-139, juin 2017, doi: 10.5045/br.2017.52.2.137

[20] S. Fruehauf et al., « Imatinib combined with mitoxantrone/etoposide and cytarabine is an effective induction therapy for patients with chronic myeloid leukemia in myeloid blast crisis », Cancer, vol. 109, no 8, p. 1543-1549, avr. 2007, doi: 10.1002/cncr.22535.

[21] K. Ohyashiki et al., « Cytogenetic findings in adult acute leukemia and myeloproliferative disorders with an involvement of megakaryocyte lineage», Cancer, vol. 65, no 4, p. 940-948, févr. 1990, doi: 10.1002/1097-0142 (19900215) 65: 4<940:: aid-cncr2820650420>3.0.co; 2-w.

International Journal of Innovation and Applied Studies
ISSN 2028-9324 Vol. 39 No. 2 Apr. 2023, pp. 724-729
© 2023 Innovative Space of Scientific Research Journals
http://www.ijias.issr-journals.org/

The Portfolio: A Tool for the Formative Assessment of Student Teachers

Nezha El Mahmouhi[1], Souad Kemmou[2], Mohamed Benbrahim[3], and Hafida Rachidi[4]

[1]Department of Life and Earth Sciences, Regional Centre for Education and Training, CRMEF Casablanca, Casablanca, Morocco

[2]Department of Life and Earth Sciences, Ministry of National Education, Preschool and Sports, Casablanca, Morocco

[3]Department of Life and Earth Sciences, Regional Centre for Education and Training, CRMEF Souss-Massa, Inzegane, Morocco

[4]Ministry of National Education, Preschool and Sports, Rabat, Morocco

Copyright © 2023 ISSR Journals. This is an open access article distributed under the ***Creative Commons Attribution License***, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

ABSTRACT: This article proposes an experimentation of an evaluation tool, the portfolio, in the formative evaluation of trainee teachers in the college cycle. A grid of criteria will allow, and the follow-up, and the visibility of the evolution of the training of these future teachers of the sciences of the life and the earth to the Regional Center of the Trades of Education and the Training (CRMEF) of Tangier in 2017. Thus, it is clear from the results obtained by using the portfolio as an evaluation instrument that can be adapted to different learning/teaching situations, that the trainees appear to be more involved in the training process. This instrument is able to stimulate their self-evaluation. They are thus made aware of the importance of evaluation and given responsibility for it thanks to the added value that the portfolio offers them. It allows trainees to become aware of their strengths, to value their work and also to measure the progress of their skills by rectifying and correcting their own mistakes.

KEYWORDS: formative assessment, portfolio, self-assessment, errors, trainee teacher.

1 INTRODUCTION

Formative assessment is intended to regulate learning within the framework of a limited pedagogical process [1] and to allow the learner to correct himself, in order to master the knowledge and skills targeted in a teaching/learning process. It aims to provide the learner with the means to drive his or her learning [2] and to pilot his or her own learning process. It is in this sense that the tool we propose, the portfolio, allows for the pragmatic and scientific implementation of formative evaluation.

The formative evaluation at the regional training center is mainly based on classical tools such as tests, exams with closed questions (MCQ questions multiple choise, true or false...) or open questions. To our knowledge, no study has yet been done on formative evaluation using the portfolio approach. In our country, such an approach is often ignored, although it has many advantages in the evaluation process. Our questioning involves the quality of evaluation tools in the context of the relevance of the portfolio in the initial training of trainee teachers. Our objective is to highlight the function and role of this tool in their training.

The professional knowledge constructed by the trainee constitutes formalized statements alternating between reference knowledge for the profession (academic-scientific knowledge, knowledge prescribed by the educational institution, knowledge transmitted by trainers in the field) and knowledge constructed from experience.

Both novice and expert teachers develop changes in their theories through reflection on their own conceptions, problematization of their practice, and possible changes to their theories and practices [3].

However, the classic methods used until now in evaluation do not allow the follow-up or the progression of these trainees. Their work remains dependent on these old tools of summative/ certificative evaluation.

Corresponding Author: Nezha El Mahmouhi

2 PROBLEMATIC

Since its introduction in the CRMEFs' teaching system in 2012, the portfolio, as a summative evaluation tool, has remained a dead letter. Following this state, a reflection has emerged inciting us to transfer and test the use of this tool to formative evaluation.

The research presented here is interested in the portfolio as a didactic engineering and the effects generated by its use on the evolution of trainees' learning. Nevertheless, although our experimentation involved several modules, we have chosen to limit our work to support activities for greater relevance and conciseness.

What then are the barriers and levers regarding the tools, processes used in these proposed support activities? What do students learn by taking ownership of the portfolio? is the portfolio a substitute for traditional formative evaluation tools? how does the portfolio help the trainer in the support of trainees? First, the text presents the theoretical framework, the methodology and the results that we discuss.

3 THEORETICAL FRAMEWORK

The portfolio is originally a methodical and organized collection of work done in artistic professions (photographer, architect, journalist) and it represents and marks their artistic evolution. The portfolio in education takes the two notions of representativeness and progression and turns them into an instrument for learning and evaluation [4]. It can include a variety of information, such as lesson plans, student information/evaluations [5]...

The use of portfolios to assess students has emerged as a result of the evolution of most training programs into observable outcome-based means of assessment. Trainees are asked to demonstrate that they have reached the level required to teach both pedagogically and in terms of subject matter content [6]. Furthermore, it is crucial to prepare future teachers to adopt a reflective and analytical approach to their work [7]. Therefore, we have adopted the portfolio as one element, among others, to develop in the trainees the spirit of reflection, analysis and self-evaluation.

It thus allows us to understand the strengths of the subjects, their learning processes, their progress and their training needs. It also attests to their professional development and the skills they have attained [8-12].

This professional development portfolio is the tool that "seems to best meet the needs of pre-service education, teaching and field practice since it emphasizes the intentional nature of the student in the development of their portfolio..." [13]. It is used to support training, stimulate reflection [14] and can be used by students to identify and demonstrate skill acquisition [15].

The portfolio device proposes a process through which the subject thinks about his/her profession. Once internalized, this process becomes the engine that allows the subject to create his or her own professional knowledge, which is the result of both objectification and subjectivation [16-17]. In other words, any training system represents a set of mediations aiming at processes of internalization of knowledge by the subject [18].

4 METHODOLOGY

In this article, the portfolio is designed as a formative assessment tool for part of the evaluation module. The teaching of the support strategy at the CRMEF is integrated into the evaluation module. It goes without saying that its importance is undeniable, not only in terms of certification, but above all in terms of the degree of capitalization of knowledge. Assimilating the teaching of this module would be a challenge to give academic support the quality it deserves.

The research presented in this article was carried out on a class of 30 trainee teachers of life and earth sciences at the CRMEF of Tanger.

By including the use of the portfolio in the formative evaluation, our concern is to allow the trainee to use this tool, not as a constraining task for which he/she fears the result sanctioned by a grade, as is the case with other classic tools (test, exam, control...), but as a support that allows him/her to progress while making the error a lever for transformation and progress.

The present work will focus on the portfolio as a tool for regulation, self-assessment and monitoring of trainees' progress in relation to the support activities carried out by the trainees.

Some programs allow students to determine what should be included in the portfolio [19]. Others mandate specific items to be included in the portfolio, specifying the number and type of required productions, and the type of commentary and

analysis that must accompany the productions. Most training programs probably use a mix of required and self-selected work [20].

For our study, we guided the teacher trainees on how to organize their portfolios as a tool for their formative evaluation. The content of the portfolio is in the form of a laminated document containing:

- A form on the first page containing personal information about the trainee teacher, the classes taken in charge (name of the training establishment, number of students, percentage of girls and boys, level, situation of the establishment, its socio-economic environment...)
- Skills and abilities that trainees should develop at the end of the tutoring course;
- A theoretical part on academic support: definitions, types of support, functions, approaches and tools of support, notes and circulars on academic support in SVT in college, all documents related to academic support;
- Internship activities related to tutoring and the productions of their students.

For each part of the module, the trainee teacher actively participates in the evaluation process by defining criteria and indicators. Their production is accompanied by a grid developed in group. The trainees are also asked to note the constraints and difficulties encountered in the development and implementation of their knowledge and skills in the establishment of internships.

5 RESULTS AND DISCUSSION

The results shown relate to the support and remediation activities established by the trainees for their students during their placement.

The "practice/theory/practice" paradigm adopted in the training of trainees makes it possible to raise the constraints and difficulties encountered during the implementation of support activities in the training institutions.

In principle, during the internships, the trainee teachers organize support sessions for their students. Back at the center, we found that the support activities carried out during the internship were nothing more than the resumption of classes under the same conditions, both in terms of teaching technique and in terms of the work space and illustrations. Following these observations, we scheduled sessions to plan the support strategy and some teaching techniques. As we progressed through the support sequences, we monitored and regulated the trainee teachers' production using the grids already developed in the group (Tab. 1)

Thus, in the portfolio, the support activities are noted from the diagnostic phase, the planning of the support to the verification test of the achievement of the objectives. In order to improve the acquisition of certain skills by the students in the training institutions, some trainees proceeded to diversify the teaching techniques (Philips technique, case study, group technique, technique 1, 2, 4, 8, 16,) and they prepared adequate sessions with an evaluation grid filled in by the students at the end of each session (Tab. 2). These grids make it possible to evaluate the teaching technique, the proposed activities, the work space and the facilitator (trainee).

Table 1. Example of an indicator grid developed in group by the trainees and the trainer

Indicators	Assessment and weighting				
	Very good 5	Good 4	Somewhat Good 3	Fair 2	To correct 1
Use of the results of the diagnostic evaluation					
Diversification of diagnostic tools					
Differentiation of students according to their needs					
Planning the support strategy					
Diversification of support methods					
Diversification of support activities					
consideration of the time of the support					
Adapting the work space to support activities					
support activities are adapted to the heterogeneity of the students.					
activities are consistent with the objectives.					
post-support evaluation situations consistent with the objectives					
Assessment of student progress and achievement.					

Table 2. Example of a grid for students to evaluate the teaching method

Indicators	Appreciations			
	Good 	Fairly good 	Medium 	Poor 
What do you think about group work?				
Do the activities facilitate learning the course?				
Are you satisfied with your participation in the group?				
Does the new space (library) support group work?				
What do you think of the facilitator?				
What is your opinion on group teaching? Compare it with the transmissive method				

Each trainee collects the grids completed by their students in the portfolio. The analysis of these grids allows us to guide the trainees in correcting their teaching style, and to get feedback on their strengths and skills to improve. Thus, the trainee teachers were able to develop and improve their own instruments of evaluation and support of their students with a diversification of tools, trying, each time, to adapt them to the contents of learning

The formative evaluation using the portfolio had an impact on the targeted practices, among others, an improvement in the acquisition of the support strategy planning approach, creativity and initiative of the trainees. Thus, we have noticed a change in their relational behavior. They became more motivated, tolerant and respectful of each other. They also became more creative with their students (Fig.1.).



Fig. 1. Photos showing a model made by two trainees and their students (to facilitate the learning of a geological phenomenon (the phenomenon of erosion and sediment transport)

The teachers then became capable of planning support according to a scientific approach and we noted a diversification of the techniques and tools used in support. Through the self-evaluation process, they have learned to identify the points on which they need to improve. It's through the portfolio that the trainees value their progress. This can be summarized as follows (Fig. 2):

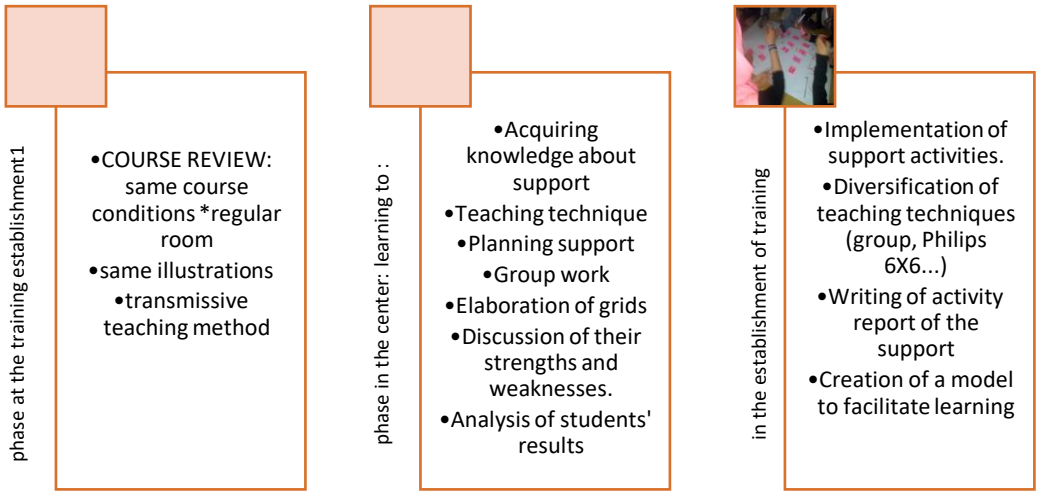


Fig. 2. Diagram showing the progression of trainees

At the end of this process, the trainee will be able to develop his/her own support tools. He/she will have to acquire skills ranging from the analysis of students' results, dividing them according to their level, and the interpretation of these results, which will allow him/her to plan regulation activities with his/her own means. At the end of this training, the trainee will be asked to write a report on his or her activities concerning the support.

6 CONCLUSION

Through our experimentation with this evaluation tool, we note that the portfolio constitutes a substitute for the formative evaluation tools in effect (closed questions, open questions, etc.). It plays an important role in the support arrangements for trainee teachers. It demonstrates their efforts, progress and acquisition in one or more areas.

For this reason, it is preferable to rethink the practice of formative assessment both at the pre-service teacher training center and in primary and secondary schools.

The use of the portfolio as a lever for the improvement and development of professional skills and support for trainees is essential and is undoubtedly a tool that meets the requirements of the Ministry's strategic vision (2015 /2030) for teacher training.

The formative evaluation using the portfolio is not only intended to inform the trainee about the progress of his/her training. It is also essential for the trainer as it allows him/her to measure the gap between what the trainee has achieved and the objective he/she was assigned and helps him/her to assess whether the training strategy adopted meets the real needs of the learners. The portfolio is also a means of support, regulation and self-evaluation.

REFERENCES

[1] M. Fatihi. Formative Assessment, Foundation and Didactic Approaches. (2000).
[2] A. Harouchi. For effective teaching, the competency-based approach. Edition the Fennec. (2010).
[3] G. Fenstermacher, Les arguments pratiques dans la transformation morale de l'enseignement d'une discipline. Revue des sciences de l'éducation, XXII (3), 617-634. (1996).
[4] B. Plumelle. « The portfolio or portfolio of skills » International Review of Education of Sèves [Online], 43| December 2006. postedJune 23, 2011 URL: http://ries.revues.org/253; DOI: 10. 4000/ries. 253 (2011).
[5] A. Carneiro. The teaching portfolio as a (re) construction of the teaching practice. Academia Letters, Article 1794. https://doi.org/10.20935/AL1794 (2021).
[6] K. Zeichner. The adequacies and inadequacies of three current strategies to recruit prepare and retain the best teachers for all students, Teachers College Record, 105 (3), pp. 490-515, (2003).
[7] K. Zeichner., D.Liston. Reflective teaching, Lawrence Erlbaum, Mahwah, NJ. (1996).
[8] J. L. Antonek. The Student Teacher Portfolio as Autobiography: Developing a Professional Identity. Modern Language Journal, 81 (1), 15-27, (1997).
[9] P. Costantino, M. De Lorenzo, E. Kobrinski. Developing a Professional Teaching Portfolio. Boston: Pearson, (2002).
[10] B. R. Foster, M. Walker, K. H. Song A Beginning Teaching Portfolio Handbook. Upper Saddle River (NJ): Pearson. (2007).
[11] S. Paris, L. Ayres. Becoming Reflective Students and Teachers. American Psychological Association. (1994).
[12] S. Vanhulle, A. Schillings. Train competent teachers in reading-writing: social interactions, portfolio, and reflective writing. Brussels: Labor. (2004).
[13] R. Desjardins. Le portfolio de développement professionnel continu. Montréal, Chenelière Education. (2002).
[14] P. Seldin. The Teaching Portfolio: A practical guide to improved performance and promotion/tenure decisions, 3rd Ed., MA: Anker Publishing. (2004).
[15] K. Zeichner, E. Hutchinson. The role of the teacher portfolio as a tool to identify and develop teacher competences. Research and Training, 47, 69-78, (2004).
[16] A. Buysse, S. Vanhulle. Reflective writing and professional development: what indicators? Living Questions 5 (11), 225-245, (2009).
[17] S. Vanhulle. From knowledge in play to knowledge in-I. Reflective paths and subjectivation of knowledge in young teachers in training. Bern/ Neuchâtel: Peter Lang. (2009).
[18] A. Buysse. Controlling and structuring mediations: a basis for thinking about training. Swiss journal of educational sciences, 31 (3), 585-602, (2009).
[19] T. Schram, D. Mills. Using portfolios to mediate learning and inquiry among interns and teachers, Teaching Education, 7 (2), pp. 71-80, (1995).
[20] J. Barton, A. Collins. Portfolios in teacher education, Journal of Teacher Education, 44, pp. 200-210, (1993).

International Journal of Innovation and Applied Studies
ISSN 2028-9324 Vol. 39 No. 2 Apr. 2023, pp. 730-741
© 2023 Innovative Space of Scientific Research Journals
http://www.ijias.issr-journals.org/

Profil et compétences des spécialistes de l'information documentaire à l'ère du numérique: Cas des professionnels africains

[Profile and skills of documentary information specialists in the digital age: Case of African professionals]

Tang-Irmi Dinza[1] and Dia Mamadou[2]

[1]Fonds des Nations Unies pour l'Enfance (UNICEF), Ndjamena, Chad

[2]Agence Universitaire de la Francophonie (AUF), Laboratoire de Recherche en Sciences de l'Information et de la Communication (EBAD, ETHOS - Université Cheikh Anta Diop), Dakar, Senegal

Copyright © 2023 ISSR Journals. This is an open access article distributed under the ***Creative Commons Attribution License***, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

ABSTRACT: Information and communication technologies (ICTs) are profoundly transforming contemporary archival science. Thus, archives, libraries, documentation services and documentary information science actors come up against several dilemmas/technological obstacles such as the management of the hardware and software infrastructure of the services, obsolescence and the fragility of the supports, the volumetric growth of the supports to name but a few. Faced with these obstacles, the traditional skills of the specialist in documentary information are called into question and his career takes shape in an uncertain way. An updating of the profiles of the skills of actors in the management of documentary information is unprecedented. This leads to the review of university and professional training programs followed by themes in capacity building and knowledge management. Archival sciences, librarianship and documentary engineering are at the heart of the dematerialization carried by several more or less related disciplines, and which are the subject of the additional skills that documentary information specialists are supposed to provide. Our article will reveal this aspect of interdisciplinarity which represents a weapon to defy the digital locks/handcuffs that arise for actors in the archiving, librarianship, and documentation professions. The article conducted by surveys and interviews allows us to constitute an up-to-date profile of the skills necessary for the management of information on several counts. We also look at the key skills and qualities documentary information professionals must possess to succeed in today's digital environment.

KEYWORDS: Archivist, Librarian, digital, skills, information management, Africa.

RESUME: Les technologies de l'information et de la communication (TICs) transforment profondément l'archivistique contemporaine. Ainsi, les services d'archives, des bibliothèques, de la documentation et les acteurs des sciences de la discipline se heurtent à plusieurs dilemmes/verrous technologiques tels que la gestion de l'infrastructure matérielle et logicielle des services, l'obsolescence et la fragilité des supports, la croissance volumétrique des supports pour ne citer que ceux-là. Face à ces verrous, les compétences classiques du spécialiste de l'information documentaire sont mises en cause et sa carrière se dessine de manière incertaine. Une réactualisation des profils des compétences des acteurs de la gestion de l'information documentaire est inédite. Ce qui conduit à la revue des programmes de formation universitaire et professionnelle suivi des thèmes en renforcement de capacités et de la gestion des connaissances. Les sciences archivistiques, la bibliothéconomie et l'ingénierie documentaire sont au cœur de la dématérialisation portée par plusieurs disciplines plus ou moins connexes et qui font l'objet des compétences supplémentaires que les professionnels de l'information documentaire sont censés procurer. Notre article dévoilera cet aspect d'interdisciplinarité qui représente une arme pour braver les verrous/menottes numériques qui se posent aux acteurs du métiers d'archivage, de bibliothéconomie et de la documentation. L'article conduit par des enquêtes auprès des professionnels nous permet de constituer un référentiel des compétences à jour nécessaires à la gestion de l'information à plusieurs titres. Nous examinons également les compétences et les qualités clés que les professionnels de l'information documentaire doivent posséder pour réussir dans l'environnement numérique d'aujourd'hui.

MOTS-CLEFS: Archiviste, Bibliothécaire, Documentaliste, Numérique, Compétences, Gestion de l'information, Afrique.

Corresponding Author: Dia Mamadou

1 INTRODUCTION

Quand l'information devient numérique, elle peut être reproduite à l'infini et acquiert potentiellement l'immortalité et pourtant nous rencontrons des difficultés pour préserver nos données à la seule échelle d'une vie: nous sommes bien dans le paradoxe. La transformation numérique a fait évoluer un grand nombre de métiers et le domaine des sciences de l'information documentaire en est un bon exemple. De la mise en ligne de fonds numérisés à l'installation de plateformes d'archivage électronique, en passant par des projets de dématérialisation: progressivement, les compétences des spécialistes de l'information documentaire s'affirment dans leurs missions de collecte, traitement, conservation et de diffusion de l'information. Pour traiter une information souvent hybride, les bases des sciences de l'information documentaire demeurent nécessaires, doublées d'une indispensable pratique de l'informatique (Archimag, 2020) et bien d'autres compétences supplémentaires. Avoir un profil des compétences techniques, managériales et émotionnelles à jour dans le contexte du numérique nécessaires à la gestion de l'information documentaire à plusieurs titres: i) pour les milieux qui emploient ces professionnels pour mieux cibler leurs outils de recrutement; ii) pour les associations et institutions d'enseignement qui les forment pour offrir des formations initiales et continues adaptées aux nouvelles réalités; iii) pour les futur (e) s professionnel (le) s de l'information afin de mieux développer leur portfolio de compétence; iv) pour les jeunes dans la recherche de leur orientation de carrière en fournissant des exemples de tâches et de responsabilités liées à l'emploi; v) pour les nouveaux arrivants de faire le bilan de leurs compétences (acquises dans leur pays) pour combler la formation manquante (reconnaissance des acquis).

Les derniers profils de compétence datant déjà de quelques années, le besoin d'une mise à jour se faisait sentir. La fracture numérique causée par les technologies est aujourd'hui une réalité (Plantard, 2021). Ainsi, l'information documentaire est un élément essentiel pour la prise de décision dans diverses organisations. Avec l'avènement de l'ère numérique, les spécialistes de l'information documentaire doivent évoluer pour répondre aux besoins actuels de la gestion de l'information. Dans cet article, nous allons proposer une actualisation du profil du spécialiste de l'information documentaire à l'ère du numérique.

2 OBJECTIFS

L'objectif général de cette recherche est de décrire le nouveau profil type que doit avoir le spécialiste de l'information documentaire à l'ère du numérique. Faciliter la compréhension des compétences nécessaires pour réussir dans le domaine de l'information documentaire à l'ère du numérique et la recommandation de stratégies pour améliorer la formation et le développement professionnel dans le domaine.

Les objectifs spécifiques sont:

- Identifier les compétences clés ou essentielles que les spécialistes de l'information documentaire doivent posséder pour réussir dans un environnement numérique.
- Évaluer les besoins de formation pour les professionnels de l'information documentaire afin de développer les compétences clés identifiées.
- Évaluer l'impact de la technologie sur la profession de spécialiste de l'information documentaire, notamment en ce qui concerne les processus de travail, les outils de gestion de l'information, les normes et les réglementations, etc.
- Identifier les opportunités d'innovation pour les professionnels de l'information documentaire à l'ère numérique.

3 METHODOLOGIE

3.1 REVUE DE LA LITTERATURE

Nous débutons par une revue de la littérature exhaustive afin de recueillir des informations existantes sur le sujet. Cela pourrait inclure des articles de recherche, des rapports, des études, des blogs et des sites web spécialisés.

Le numérique a introduit une rupture pour toutes les professions de l'information documentaire: archivistes, bibliothécaire et documentalistes sont tous concernés. Toute stratégie de valorisation doit prendre en compte l'aspect du numérique. Une théorie du changement dans les administrations publiques et privées vers le numérique et de la gestion documentaire implique une réactualisation des profils des spécialistes de la gestion documentaire autour des pratiques numériques propres aux services d'archives, des bibliothèques et de la documentation (Caron & all., 2021). Cette théorie du changement a engendré de nouvelles opportunités dans tous les domaines, mais aussi de nouvelles formes d'inégalité et d'exclusion, on parle alors d'une fracture numérique (Elmqaddem, 2007), les acteurs des sciences de l'information documentaire ne sont pas épargnés avec des profil très variés et controversés. Il est donc très difficile pendant cette révolution numérique de parler d'un référentiel commun à tous les spécialistes de la gestion documentaire.

Aujourd'hui, la transformation numérique bouleversent profondément nos services d'information documentaire et nos sociétés: l'informatique, le développement du réseau internet, l'intelligence artificielle, les géants du web (GAFAM et BATX) [1], l'internet des objets et bientôt le déploiement de la 5G[2], tous, engouffrés dans une boulimie numérique et qui nous conduisent inévitablement vers un monde dématérialisé dont les objets sont interconnectés et forment ainsi une constellation des réseaux informatiques. Ce trilliard des objets stocke et échange des données et documents en temps réel: C'est l'ère de la socialisation numérique et de la création de l'intelligence collective où l'information est diffusée à une vitesse exponentielle. De prime abord, nous constatons des prouesses technologiques dans nos sociétés, apportées par la transformation numérique, mais en réalité ces prouesses sont imbriquées des menottes numériques. Des nouvelles tâches naissent, des nouvelles connaissances sont requises et donc des nouvelles compétences ! Une réactualisation du profil des spécialistes de l'information documentaire est inédite. C'est le paradoxe du progrès. Selon la CIA[3] et le CNR[4], une hyper connectivité en réseau hyper rapide pourra atteindre 64 milliards d'objets d'ici 2025 contre 75 milliards prévus par Siebel Thomas M. (2019), tous surveillés en temps réel. Dans ce vortex informationnel, une défense intellectuelle interdisciplinaire doit être constituée pour réduire au maximum les verrous numériques qui se posent aux spécialistes de l'information documentaire dans notre société qui se veut de plus en plus numérique.

Après un bref tour d'horizon de la littérature archivistique sur la question, nous démontrons en quoi la question sur le profil des spécialistes en sciences de l'information documentaire constitue une critique des approches contemporaine à l'ère de la transformation numérique, par la même occasion, nous observons la nécessité d'un mouvement de partage et de collaboration interdisciplinaire des professionnel (le) s envers les acteurs des disciplines connexes aux sciences de l'information documentaire. Pour ce faire, nous abordons les principales problématiques qu'elle soulève: l'accroissement du volume documentaire, l'objectivité de la décision de professionnel (le) s dans l'évaluation des documents numériques, la transformation des documents à l'ère des technologies de l'information et, enfin, la question de la pérennisation des documents numériques et le déploiement des infrastructures logicielles et matérielles.

3.2 COLLECTE DE DONNEES

Une enquête a été menée sur le terrain auprès des acteurs des sciences de l'information documentaires: professionnel (le) s de l'information documentaires, associations et institutions d'enseignement en sciences de l'information documentaire, aux futures professionnel (les) de l'information, aux jeunes et seniors chercheurs en sciences de l'information documentaire, aux jeunes employé (e) s pour obtenir leur avis sur les profils des compétences nécessaires à l'ère du numérique. Le questionnaire est anonyme et se base sur le modèle développé par Pierre de Peretti (1992). Nous avons décidé de cibler directement les professionnels pour recueillir leur avis sur les questions. Notre stratégie réflexive va certainement identifier les nouvelles tâches, les nouvelles pratiques, les nouveaux outils, les nouvelles connaissances, les nouvelles compétences pour aboutir à une réactualisation des profils sur une base des référentielles des compétences.

3.3 ANALYSE DES DONNEES

Les données collectées ont été minutieusement analysées pour comprendre les tendances et les compétences clés qui sont nécessaires pour réussir dans le domaine de l'information documentaire à l'ère du numérique. Nous avons emprunté le modèle d'analyse des données basée sur la Netnographie. Une méthode d'enquête qualitative basée sur les communautés virtuelles des consommateurs (Bernard, 2004). Ce modèle cadre parfaitement à l'ère d'internet des objets où la transformation numérique est au cœur des innovations technologiques dans les services de l'information documentaire.

4 RESULTATS DE LA RECHERCHE

4.1 LA CONDUITE DE L'ENQUETE

Le croisement et la réconciliation des résultats issus des analyses des données provenant de l'enquête sur l'usage du numérique dans les pratiques de gestion de l'information documentaire en Afrique auprès des différents professionnels nous donne une base des connaissances essentielles pour analyser, interpréter et proposer une cartographie dynamique et évolutive de profils adaptés à la transformation numérique.

[1] Google, Amazon, Facebook, Apple et Microsoft et Baidu, Alibaba, Tencent, Xiaomi

[2] Réseau cellulaire de 5eme génération

[3] La Central Intelligence Agency (CIA, « agence centrale de renseignement » est l'une des agences de renseignement les plus connues des États-Unis.

[4] Le CNR (Conseil national du renseignement) est un organisme de coordination des services de renseignement français créé le 23 juillet 2008. C'est une formation spécialisée du Conseil de Défense et de Sécurité nationale.

L'enquête qui a principalement ciblé les professionnels africains a eu 82 répondants répartis dans 12 pays sur un total de 55, soit 22%: Algérie, Bénin, Burkina Faso, Congo, Côte d'Ivoire, Gabon, Mali, Maroc, Sénégal, Tchad, Togo et Tunisie. Parmi les pays répondant, nous avons 9 sur 26 pays francophones représentant 35% et 3 pays du Maghreb.

Cette motivation se justifie par le fait que l'enquête est diffusée en français en moins d'une semaine. La diffusion est faite à travers les réseaux sociaux dans les groupes professionnels: Facebook, Twitter, Télégram, WhatsApp et LinkedIn. Nous constatons une bonne communication et interactivité des professionnels de l'information documentaire africains à travers les réseaux sociaux.

4.2 Usage Du Numerique Au Quotidien Dans Nos Differents Services

À l'ère où les services d'archives, de la bibliothèque et de la documentation et leurs acteurs sont marqués par l'évolution technologique accrue, on se pose des questions sur le devenir de ces métiers avec et par le numérique.

Il apparaît clairement que les spécialistes de l'information documentaire officient plus dans le secteur public soit 52.6% contre 36,8% dans le privé et 10,5% les autres situations. Les services publics des archives, des bibliothèques et des centres de documentation en Afrique sont représentés par les archives nationales, archives départementales, archives ministérielles, archives communales, les bibliothèques nationales, les bibliothèques universitaires, les centres nationaux des recherches avec quelques structures dans le privé et les particuliers.

Quant à l'usage du numérique, 92,2% affirme faire l'usage du numérique contre 7,8% qui n'utilisent pas le numérique dans leurs tâches quotidiennes ce qui représente le système d'archivage purement physique. Cela montre bien que les services de l'information documentaire sont marqués par la transformation numérique. Il est donc intéressant de s'intéresser aux compétences des spécialistes.

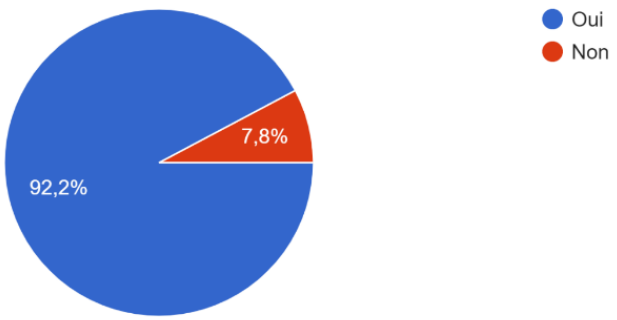


Fig. 1. Usage du numérique dans les différentes activités

4.3 Nouvelles Taches, Nouvelles Competences

La transformation numérique caractérisée par la multiplication des sources documentaires et des infrastructures virtuelles fait naître de nouvelles tâches dans les services de l'information documentaire. Les « 4C » (collecte, classement, conservation et communication) archivistiques classiques changent d'infrastructure et d'outils avec le numérique. Cette transformation se confirme à 84% par notre enquête auprès des professionnels qui déclarent que les nouvelles tâches apparaissent avec le numérique dans leurs tâches quotidiennes contre 16% qui pensent qu'aucune nouvelle tâche apparaît avec le numérique.

Les réponses des professionnelles par rapport aux nouvelles tâches nous donnent la possibilité de les regrouper et les synthétiser dans les 4 maillons de la chaîne et d'autres tâches sont considérées comme des infrastructures applicatif, outils décisionnels et de gestion.

Tableau 1. Nouvelles tâches dans la chaîne documentaire

Maillon	Nouvelles tâches
Collecte	1. Versement numérique des documents aux services; 2. Utilisation des matériels informatiques (ordinateur, scanner, imprimante, photocopieur) pour la numérisation des fonds patrimoniaux et les documents essentiels; 3. La migration des données et documents depuis les disques de partage vers les plateformes documentaires; 4. Utilisation des logiciels de numérisation et de traitement de documents: Océrisation; 5. Collecte des archives audiovisuelles; 6. Le record management; 7. La numérisation des livres;
Classement	1. Nommage et assignation des métadonnées aux documents numériques; 2. Utilisation des logiciels GED (Gestion électronique des documents), SIGB (système intégré de gestion des bibliothèques), Catalogue en ligne, veille, curation, médiation numérique; 3. Enregistrement, gestion des répertoires, gestion des bases de données; 4. Analyse des données massives, big data, développement d'intelligence artificielle; 5. Des documents à scanner et à classer dans des différentes bibliothèques par rapport à leur typologie, le traitement des documents numérique par rapport à leur typologie; 6. Le record management; 7. Utilisation de matériels informatiques
Conservation	1. Utilisation du système d'archivage électronique (SAE), gestion de l'information documentaire (GID); 2. La signature électronique; 3. Pilotage du Dashboard numérique, veille technologique, mise à jour des formats et supports, mise à jour des paramètres d'accès sur la base du référentiel des habilitations; 4. Migration des documents numérique sur des sites de collaboration des section et unités des programmes et opérations; 5. Compilation de données, vérification des données, entretien de supports et mise a jours de logiciel de gestion… 6. La gestion et la protection des données, 7. Cybersécurité, archivage numérique; 8. Le sauvegarde des documents déjà traitées; 9. Utilisation de matériels informatiques
Communication	1. Prêt lecteur avec carte numériser exportation de notice vers PMB 2. Catalogue en ligne, veille, curation, médiation numérique; 3. Indexation automatique, diffusion de contenu 4. Gestion des tableaux de bord 5. La recherche à travers les bases de données internationales / le traitement numérique des tâches documentaires / les prêts inter bibliothèques avec l'existence de bibliothèques numériques; 6. Usage quotidien de l'outil informatique; 7. La Diffusion Sélective de l'information, la veille documentaire 8. Diffusion à distance 9. Utilisation de matériels informatiques
Infrastructure, outils décisionnels et outils de gestion	1. Travail collaboratif, communication à distance, informatisation des services 2. Utilisation des ordinateurs 3. Gestion des tableaux de bord 4. Automatisation des tâches 5. Gestion et sécurité des accès à distance 6. Dématérialisation par exemple 7. Service question réponses à distance 8. Formation à distance webinaire 9. La signature électronique 10. Pilotage du Dashboard numérique, veille technologique, mise à jour des formats et supports, mise à jour des paramètres d'accès sur la base du référentiel des habilitations 11. Vidéo-conférence, télétravail, travail de collaboration à travers les applications collaboratives 12. Migration des documents numérique sur des sites de collaboration des section et unités des programmes et opérations 13. Compilation de données, vérification des données, entretien de supports et mise a jours de logiciel de gestion.

Si nous tenons compte du nombre d'occurrence des nouvelles tâches apparues dans les différents maillons de la chaine avec le numérique, nous aurons une représentation suivante:

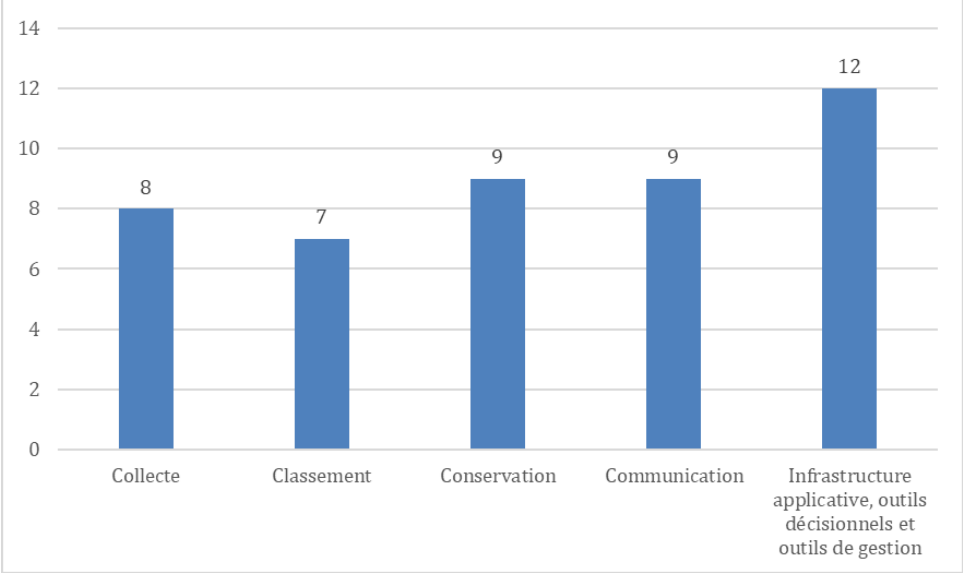


Fig. 2. Répartition des nouvelles tâches sur les maillons de la chaîne documentaire

Nous voyons que les nouvelles tâches apparaissent sur tous les maillons de la chaîne avec bien plus des nouvelles tâches (12) sur les infrastructures applicatives avec l'utilisation des outils numériques décisionnels et de gestion. Les 4 maillons classiques voient apparaître des nouvelles tâches variant de 7 à 9.

Les nouvelles tâches apparues avec le numérique font effectivement appel aux nouvelles compétences. Cela se justifie par les réponses des spécialistes. 82,9% avouent que les nouvelles compétences sont nécessaires c'est ce qui justifie les 84% des réponses évoquant l'apparition des nouvelles tâches contre 17,1% qui jugent leurs compétences suffisantes à exécuter avec succès ces nouvelles tâches puisqu'effectivement 16% des réponses ne voient pas de nouvelles tâches apparaître. Nous avons donc l'algorithme:

« *si* nouvelle (s) tâche (s) *alors* nouvelle (s) compétence (s) »

Notons également que 89% des professionnels de l'information documentaire interviewés font le plus usage du numérique dans la diffusion/communication de l'information (fig. 3).

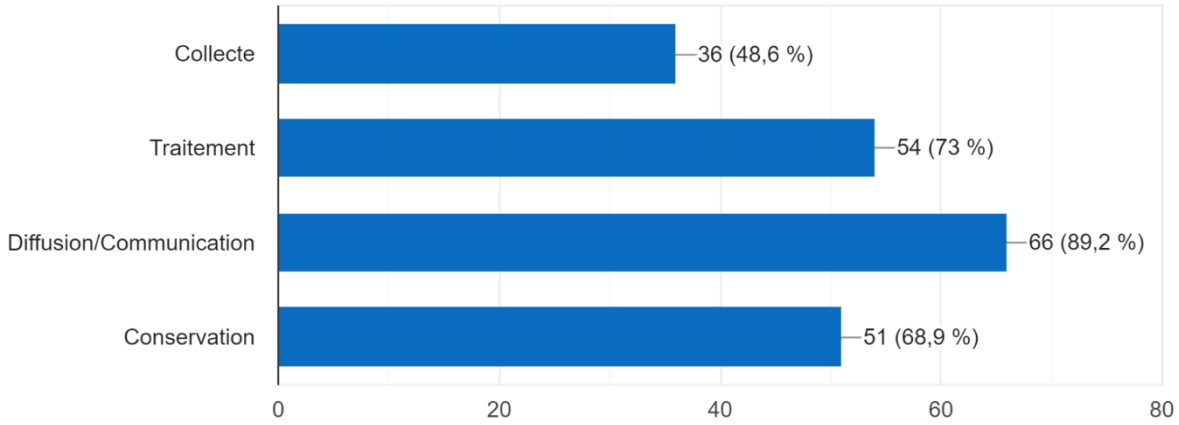


Fig. 3. Utilisation du numérique dans les différentes étapes de la chaîne documentaire

4.4 VERROUS À L'USAGE DU NUMERIQUE ET CONNAISSANCE DES NORMES

À l'ère où les sciences de l'information documentaire et leurs acteurs sont marqués par une révolution numérique irréversible, on se pose des questions sur le devenir des disciplines avec et par le numérique. Les recherches animées par une forte mobilisation des chercheurs

placent effectivement le numérique au cœur des activités inhérentes (Chabin, 2020). C'est ainsi que différents systèmes, outils et normes sont conçus, mis en place et déployés pour accompagner et encadrer la gouvernance de l'information et la dématérialisation. Le processus de conception, d'administration et d'usage de ces systèmes, outils et normes est tout à fait pluridisciplinaire, voire transdisciplinaire. Les acteurs des disciplines se retrouvent face à une gestion très complexe des documents et données numériques à cause de la forte variété des sources, de la croissance volumétrique sans précédent de ces sources hétérogènes et dont les formats de fichiers, les matériels, les logiciels de gestion et de communication de ces documents et données sont victimes de l'obsolescence absolument très accélérée conduite depuis 1965 par la loi de Gordon Earle Moore appelée « Loi de Moore ».

Notre enquête révèle que 50,7% des professionnels rencontrent des difficultés dans l'usage du numérique contre 49,3%. Cet équilibre justifie l'aspect d'une prise en compte du numérique par les acteurs africains dans les sciences de l'information documentaire.

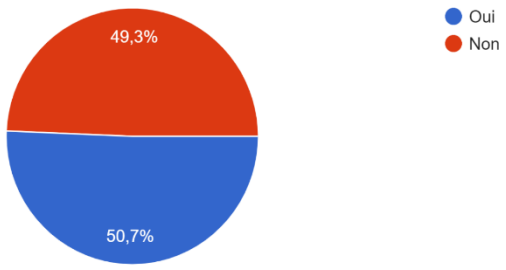


Fig. 4. Difficultés de maîtrise du numérique dans les activités professionnelles

Quant à la connaissance des normes et outils, seulement 38% des professionnels utilisent des normes pour les pratiques documentaires contre 62% qui ne l'utilisent pas ou qui l'utilisent sans le savoir. Ce résultat dénote peut-être l'immaturité des connaissances des normes par les professionnels dans les disciplines et pourtant avec les numérique, la connaissance et la mise en œuvre des normes est inédites.

4.5 Competences Additionnelles Des Specialistes Des Sciences De L'information Documentaire

Les bases des connaissances classiques en sciences de l'information documentaire constituent un socle dans les professions. La transformation numérique apparaît ainsi comme le résultat de la collision et de la confluence du numérique et de la collaboration. Les acteurs des disciplines des sciences de l'information documentaires doivent se repositionner au regard de cette transformation pour ne pas tomber dans une myopie technologique. Ainsi, il est impératif d'observer et d'intégrer les proposition des compétences additionnelles suivantes dans tous les aspect: i) pour les milieux qui emploient ces professionnels pour mieux cibler leurs outils de recrutement; ii) pour les associations et institutions d'enseignement qui les forment pour offrir des formations initiales et continues adaptées aux nouvelles réalités; iii) pour les futur (e) s professionnel (le) s de l'information afin de mieux développer leur portfolio de compétence; iv) pour les jeunes dans la recherche de leur orientation de carrière en fournissant des exemples de tâches et de responsabilités liées à l'emploi; v) pour les nouveaux arrivants de faire le bilan de leurs compétences pour combler la formation manquante.

Tableau 2. Compétences additionnelles dans chacun des maillons de la chaîne

Maillon	Compétences additionnelles
Collecte	• Base de données documentaire • Outils bureautiques • Outils de collaboration • Outils de communication instantanée • Formation distancielle
Classement	• Formation distancielle • Gestion électronique des documents (GED) • Système d'archivage électronique (SAE) • Thésaurus • Taxonomie • Intelligence artificiel (tri et sélection des vracs numériques) • Informatique de base (connaissances logicielles: paramétrage et administration)
Conservation	• Gestion de base de données documentaire • Migration d'une plateforme à une autre • Sécurité informatique • Gestion d'accès • Infrastructure matériel et logiciel, gestion des contenus d'entreprise • Formation distancielle
Communication	• Instruments de recherche • Les normes du records management et de la dématérialisation • Normes des description ISAD (G) -EAD • XML/EAD, • Catalogage et SIGB

5 AU-DELA DE L'ENQUETE ET DES RESULTATS

Les résultats de l'enquête invitent les professionnel (le) s africain (e) s à actualiser leur profil des compétences à l'ère de la transformation numérique par l'acquisition des nouvelles compétences sur chaque maillon de la chaîne (les 4C archivistiques) mais aussi à partager, collaborer, s'adapter et comprendre les infrastructures matérielles et logicielles pour répondre aux normes internationales appliquées aux sciences de l'informations documentaires. L'article nous recommande ici des récentes compétences jugées incontournables aux professionnel (e) s africain (e) s:

5.1 LES DONNEES OUVERTES: LES PRINCIPES FAIR

Les données ouvertes sont des enregistrements factuels (textes, images et sons) qui sont utilisés comme sources principales pour la recherche scientifique et sont généralement reconnus par la communauté scientifique comme nécessaires pour valider des résultats de recherche (Arènes, 2020). Les principes FAIR pour Findable, Accessible, Interoperable and Re-usable, un ensemble de principes directeurs élaborés pour gérer les données de la recherche visant à les rendre faciles à trouver, accessibles, interopérables et réutilisable par des opérateurs mais aussi par des machines (Quimbert & all., 2022).

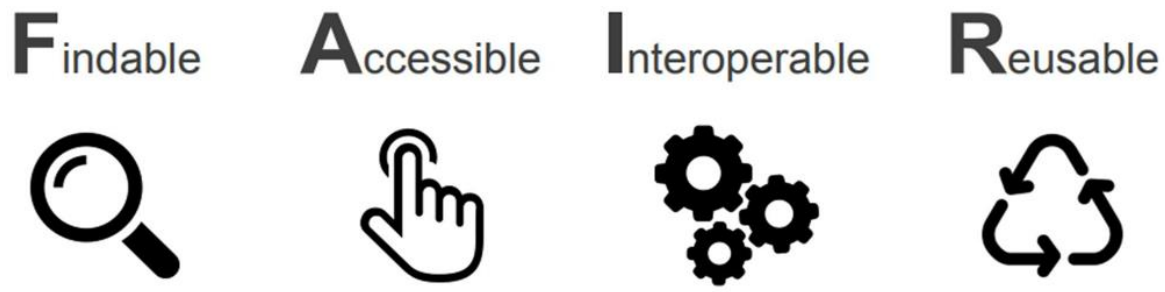


Fig. 5. Principes FAIR (Denecker, 2023)

La science ouverte a pour objectif de faciliter l'accès aux publications et aux données de la recherche et les professionnel (e) s de l'information documentaire africain (e) s ne doivent pas rester en rade. La science ouverte a pour objectif d'accélérer les avancées scientifiques en encourageant le partage, les collaborations, la réutilisation des données et l'interdisciplinarité. Avoir une approche interdisciplinaire intégrée entre les acteurs nécessite de pouvoir combiner des données hétérogènes de différents types, de différentes disciplines et provenant de différentes sources. Pour favoriser la réutilisation des données et l'interdisciplinarité, l'interopérabilité des données et des systèmes sont des enjeux cruciaux. Les professionnel (e) s de l'information documentaire sont au cœur de ces principes puisqu'il s'agit de la gestion et l'ouverture des données, des protocoles, des algorithmes et des codes informatiques de la recherche. Ainsi, les professionnel (e) s de l'information documentaire africains sont interpellés puisqu'il est urgent d'améliorer l'infrastructure de réutilisation des données scientifiques. Un ensemble d'acteurs - représentant le monde universitaire, l'industrie, les organismes de financement et les éditeurs universitaires - se sont réunies pour concevoir et approuvé conjointement un ensemble de principes concis et mesurables que nous appelons les principes des données FAIR. L'objectif est que ces principes puissent servir de lignes directrices à ceux qui souhaitent améliorer la réutilisation de leurs données pour un panorama et perspectives en Afrique. Plusieurs acteurs dans le monde sont alignés sur ces principes (Arènes, 2020) sans l'Afrique:

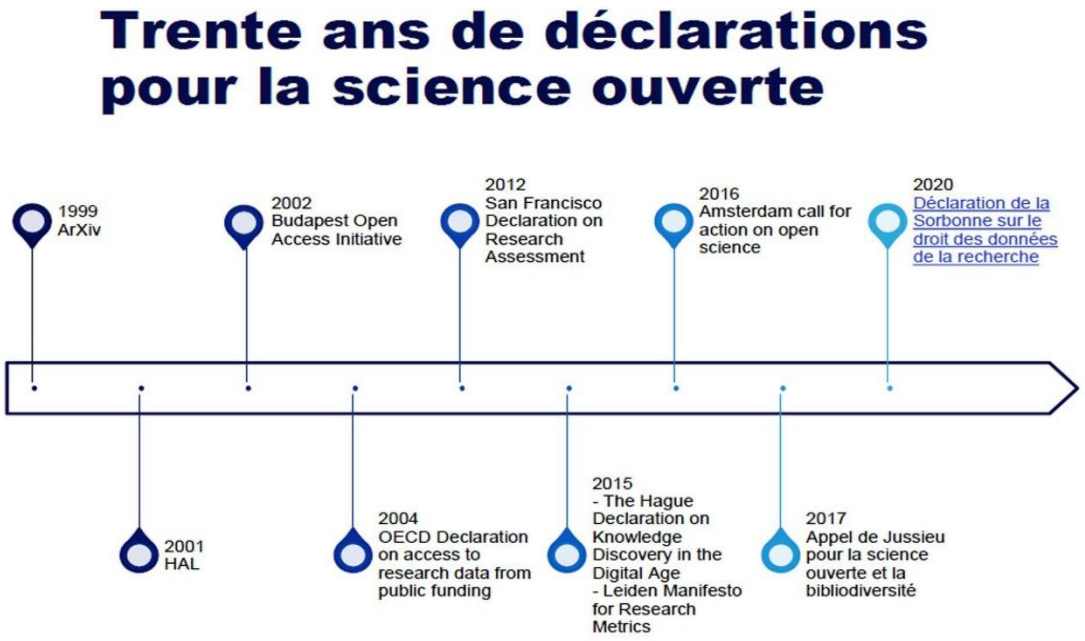


Fig. 6. Mouvement de la science ouverte (Arènes, 2020)

5.2 INTELLIGENCE ÉMOTIONNELLE

Dédale dans les revers de *tout numérique,* les professionnel (le) s africain (e) s en sciences de l'information documentaires, en plus de leurs pratiques des "4C" archivistiques, des principes FAIR, les collaborations, le partage dans l'interdisciplinarité sont invités à transformer leurs émotions en intelligence pour faire face aux revers causés par le numérique. Les émotions qui régissent pour une grande partie le comportement humain sont souvent caractérisées par la peur, la colère, le dégoût, la surprise et la joie peuvent être transformées en des stratégies pour développer l'intelligence émotionnelle: bonheur, empathie, pleine conscience, résilience. Elle est basée sur la maîtrise de soi, sur la persévérance, la résilience, sur le respect d'autrui et sur l'aisance sociale. Ces qualités aident à réussir tandis qu'une forme quelconque d'instabilité affective, des difficultés diverses avec les autres pèsent négativement sur le bon déroulement d'une carrière ou l'harmonieuse construction d'une vie familiale. De plus, avec l'intelligence émotionnelle, les choses ne sont pas figées parce que chacun peut apprendre à comprendre, à maîtriser et surtout à utiliser ses émotions (Verdonk & all., 2017).

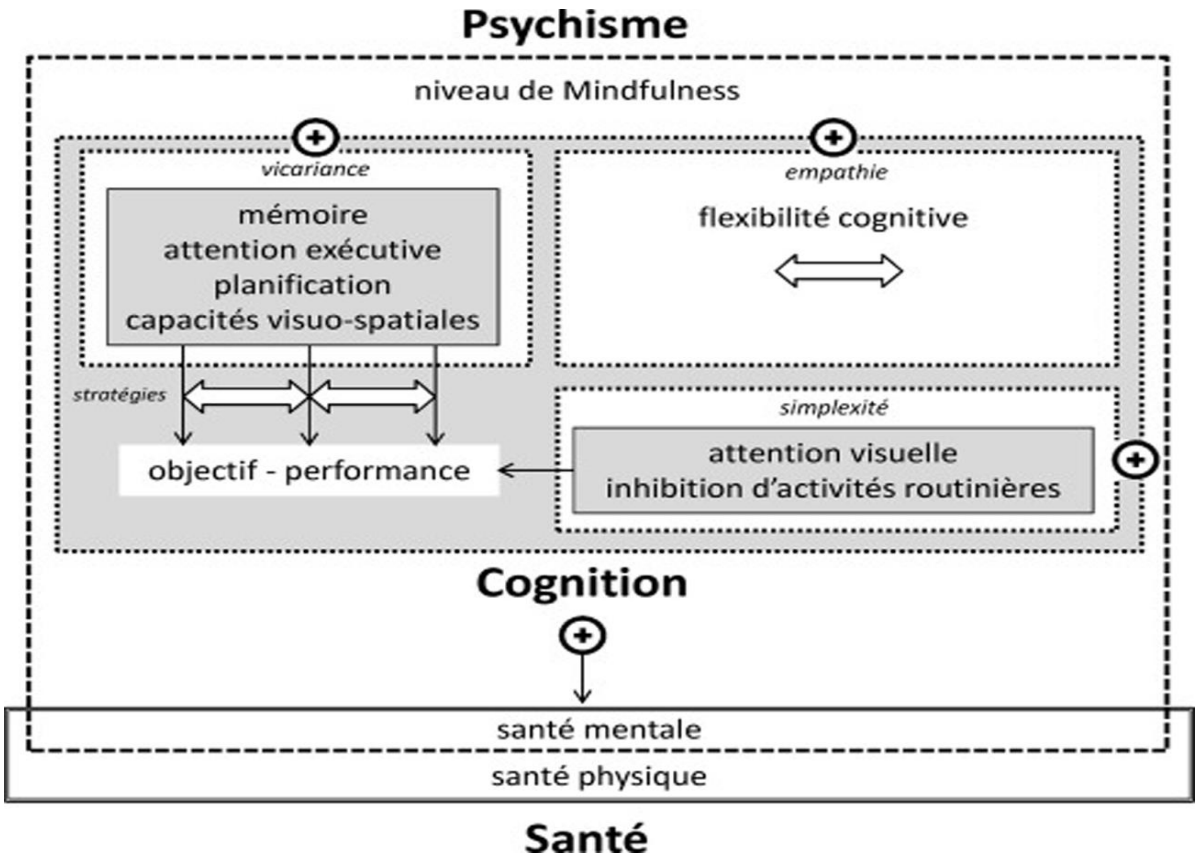


Fig. 7. Evaluation cognitive de la disposition Mindfulness (Verdonk & all., 2017)

6 CONCLUSION

Les services des sciences de l'information documentaire sont entraînés dans un environnement de travail étrange martelé par la transformation numérique. De la transformation numérique, ont émergé des avancées technologiques vertigineuses, des matériels informatiques très performants avec des dispositifs de stockage et de conservation très volumineux dans les services en imposant un nouveau mode de travail, des nouveaux outils et finalement des nouvelles infrastructures matérielles, logicielles et applicatives: tous les maillons de la chaîne sont impactés et transformés. Les sciences de l'information documentaire font face à des nouvelles connaissances, des nouvelles compétences, des nouvelles pratiques et des nouvelles théories. Il est inédit pour les professionnels africains de mettre à jour leurs compétences et avoir des profils qui répondent aux exigences apportées par la transformation numérique. Une franche collaboration interdisciplinaire voir transdisciplinaire est nécessaire. Vivre en Afrique, ce n'est pas seulement s'adapter à la transformation numérique, ce n'est pas subir non plus les menottes numériques. Vivre en Afrique, dans un monde numérique, c'est réactualiser son profil des compétences, tenter de maîtriser les infrastructures matérielles et logicielles, embrasser les nouveaux outils, les nouveaux usages, pour nourrir notre autonomie, notre créativité, pour enrichir nos savoirs, notre réflexion. Vivre, c'est inventer de nouvelles solutions, plus douces, solidaires, plus protectrices de chacun et de la planète qui nous héberge. Vivre en Afrique, c'est partager, collaborer, c'est inventer des nouvelles manières de vivre ensemble sinon, nous risquons de tout perdre ou nous perdre dans le tout.

REMERCIEMENTS

Nos remerciements vont à l'endroit de nos institutions de travail et de recherche pour l'appui constant. Nos vifs remerciements à tous les collègues archivistes, bibliothécaires et documentalistes africains qui ont bien voulu offrir de leur temps et mettre à contribution leurs réseaux afin de nous permettre de mener à bien cette étude.

Merci également au Réseau-action de formation Afrique et Archives (RAFAA) regroupant l'Ecole de bibliothécaires, archivistes et documentalistes (EBAD), l'Ecole nationale des chartes – PSL et l'Université Senghor d'Alexandrie qui grâce à l'organisation de l'École d'été internationale en sciences des archives (Dakar, mars-avril 2022) a permis aux deux auteurs de cet article que nous sommes de nous rencontrer physiquement, tisser autour d'une bonne collaboration de mêmes centres d'intérêts et finir par réaliser ce projet commun.

REFERENCES

[1] Archimag, Qu'est-ce qu'un e-archiviste ? Découvrez son métier, ses difficultés et ses espoirs. 2020 https://www.archimag.com/archives-patrimoine/2020/02/07/e-archiviste-metier-difficultes-espoirs.

[2] Plantard, P. (2021). La fracture numérique: mythe ou réalité ? *Éducation permanente,* (1), 99-110.

[3] Caron, D. J., Nicolini, V., Bernardi, S., Beauchamp, D., & Duque, R. (2021). Transformation de l'administration publique vers le numérique et gestion documentaire: revue de la littérature et réflexion sur l'avenir.

[4] Elmqaddem, N. (2007). La fracture numérique: mythe ou réalité ? *Journal of Information Sciences, 17* (1).

[5] Peretti, P. (1992). La déontologie des archivistes: une enquête de l'Association des archivistes français. *Gazette des archives, 157* (1), 105-118.

[6] Bernard, Y. (2004). La netnographie: une nouvelle méthode d'enquête qualitative basée sur les communautés virtuelles de consommation. *Décisions marketing,* 49-62.

[7] Chabin, Marie-Anne. La recherche en archivistique à l'épreuve de la société numérique. *Archives,* 2020, vol. 49, no 1-2, p. 141-160.

[8] Quimbert, E., Fichaut, M., & Maudire, G. (2022). Guide de principes FAIR.

[9] Denecker, T. (2023, March). Science ouverte et principes FAIR dans un projet de bio-informatique. In *Journée Science ouverte.*

[10] Accart, J-P., RETHY, M-P., Le Métier de documentaliste, Paris: Électre-Éd. du Cercle de la librairie, 2015.

[11] Verdonk, C., Alescio-Lautier, B., Paban, V., Chambon, C., Ferrer, M. H., & Trousselard, M. (2017). Évaluation cognitive de la disposition Mindfulness: approche expérimentale classique et perspectives d'une approche intégrative. *L'Évolution Psychiatrique, 82* (4), 775-790.

[12] ADBS, « L'Euroréférentiel en cinq groupes de compétences » [en ligne], 2012, http://www.adbs.fr/l-euroreferentiel-en-cinq-groupes-de-competences-27624.htm?RH=METIER8REFCOMP, page consultée le.

[13] ADBS, « Documentaliste » [en ligne], 2013, http://www.adbs.fr/documentaliste--131359.htm?.

[14] Association des Archivistes du Québec. Actes 2021 | Congrès annuel de l'AAQ. Dans : *Association des archivistes du Québec* [en ligne]. 2021. [Consulté le 15 mars 2022]. Disponible à l'adresse : http://congres.archivistes.qc.ca/actes-2021/.

[15] Blanquet, M.-F., Documentalistes, leur histoire de 1900 à 2000, Poitiers: Canopé, 2014.

[16] Cotte, D. et al., « Les métiers, entre traditions et modernité », Documentaliste – Sciences de l'information, vol.50, n°3, 2013, p.42-59.

[17] Dares, « Professionnels de la communication et de l'information ».
[en ligne], 2014, http://dares.travail-emploi.gouv.fr/IMG/pdf/u0z.pdf

[18] Dares, « La nomenclature des familles professionnelles, version 2009: table de correspondance FAP/PCS/ROME » [en ligne], 2009, http://travail-emploi.gouv.fr/IMG/pdf/FAP-2009_Introduction_et_table_de_correspondance.pdf

[19] Deschamps, J. (2010). Science de l'information: de la discipline à l'enseignement. Archives contemporaines.

[20] Dosa, M. L., & Froehlich, T. J. (1991). Prévision des besoins en main-d'œuvre du secteur de l'information. Communications présentées lors du Séminaire FID/ET (Espoo, Finlande, 24-27 août 1988) (Prediction of the Labor Needs of the Information Sector. Papers presented a FID/ET Seminar (Espoo, Finland, August 24-27, 1988)).

[21] Féret, R., Bracco, L., Cheviron, S., Lehoux, E., Arènes, C., & Li, L. (2020). Améliorer son projet ANR grâce à la Science Ouverte.

[22] Flichy, P., Le sacre de l'amateur. Sociologie des passions ordinaires à l'ère numérique, Paris: Seuil, 2010.

[23] Frochot, D., « La communication dans les métiers de l'information-documentation » [en ligne], Les Infostratèges, 2003 http://www.les-infostrateges.com/article/031262/la-communication-dans-les-metiers-de-l-information-documentation.

[24] Gardies, C., Fabre, I., « Définition et enjeux de la médiation numérique documentaire«, in GALAUP, X., Développer la médiation documentaire numérique [en ligne], Lyon: Presses de l'ENSSIB, 2012, http://mediationdoc.enssib.fr/lire-en-ligne.

[25] Inaudi Aude, Carnel Jean-Stéphane, « Les métiers de l'information, quels profils recherchés ? Le cas des documentalistes », *Les Enjeux de l'information et de la communication,* 2017/2 (N° 18/2), p. 61-78. DOI: 10.3917/enic.023.0061. URL: https://www.cairn.info/revue-les-enjeux-de-l-information-et-de-la-communication-2017-2-page-61.htm

[26] Lajeunesse, M., & Couture, C. (2004). L'EBSI, les compétences disciplinaires et professionnelles et la question de la relève. *Documentation et bibliothèques, 50* (2), 169-174.

[27] La Treille, G., La naissance des métiers en France, 1950-75. Étude psycho sociale, Lyon: Presses Universitaires de Lyon, 1980.

[28] Marcerou-Ramel, N. (2017). Référentiels métiers, référentiels de compétences.

[29] Melot, Michel « Archivistes, documentalistes, bibliothécaires: compétences, missions et intérêts communs », *Bulletin des bibliothèques de France (BBF),* 2005, n° 5, p. 9-12. En ligne: https://bbf.enssib.fr/consulter/bbf-2005-05-0009-003 ISSN 1292-8399.

[30] Meyriat, J., « Document, documentation, documentologie.«, Schéma et schématisation, 14, [repris dans] COUZINET, V. (dir.), Jean Meyriat, théoricien et praticien de l'information-documentation, Paris: ADBS éditions, p.143-159, 2001.

[31] Meyriat, J., « Un siècle de documentation: la chose et le mot », Documentaliste – Sciences de l'information, vol.30, n°4-5, 1993, p. 192-198.

[32] Ministère de l'enseignement supérieur et de la recherche, Diplôme Universitaire de Technologie - Information et communication - Programme Pédagogique National.
[en ligne], 2013, http://cache.media.enseignementsup-recherche.gouv.fr/file/30/15/0/Infocom_262150.pdf

[33] Mkadmi, A., & Romdhane, M. B. (2007). L'Institut Supérieur de Documentation de Tunis entre les défis des TICs et les besoins de la formation à l'ère du numérique. In *Information Technology Training Needs in North Africa Countries, Rabat, 28–31 mars, 2007* (pp. 18pages).

[34] Pedauque, R.T., « Document: forme, signe et médium, les re-formulations du numérique ».
[en ligne], 2003, https://archivesic.ccsd.cnrs.fr/sic_00000511.
[35] Pôle emploi, « Gestion de l'information et de la documentation (ROME: K1601) » [en ligne], 2017, http://candidat.pole-emploi.fr/marche-du-travail/fichemetierrome?codeRome=K1601.
[36] Principles, O. E. C. D. (2007). Guidelines for Access to Research Data from Public Funding. *URL:* http://www.oecd.org/science/scienceandtechnologypolicy/oecdprinciplesandguidelinesforaccesstoresearchdatafrompublicfunding.htm
[37] Ratnane, M. (2019). La diversité des domaines de compétences et l'innovation fondée sur les connaissances: cas des projets de l'entreprise MCI (Doctoral dissertation, Université de Poitiers).
[38] Rauzier, J. M., Battisti, M., Anceschi, O., & Lamouroux, M. (2011). Métiers et compétences. *Documentaliste-Sciences de l'information, 48* (4), 4-9.
[39] REGIMBEAU, G., « La médiation », in GARDIES, C. (dir.), Approche de l'information-documentation: concepts fondateurs, Toulouse: Éditions Cépadues, 2011.
[40] Romdhane, M. B. (2007). L'institut supérieur de documentation entre les défis des tics et les besoins de la formation à l'ère du numérique. *Journal of Information Sciences, 17* (1).
[41] Rosemberg, N. (2019). La gestion des compétences en bibliothèque: une approche par les référentiels métiers. *Enssib, mémoire d'études.*
[42] Salaun, J-M., Vu, lu, su, les architectes de l'information face à l'oligopole du Web, Paris: La Découverte, 2012.
[43] Stiller, H., et al. « Ruptures et mutations », Documentaliste – Sciences de l'information, vol.48, n°2, 2011, p. 36-48.
[44] Texier, B., « Les métiers de la documentation sont-ils has been ? ».
[en ligne], Archimag, 25 avril 2014, http://www.archimag.com/emplois/2014/04/25/emploi-metiers-documentation-has-been.
[45] Tourmen, C., « Activités, tâches, poste, métier, profession: quelques pistes de clarification et de réflexion », Santé publique, vo.19, suppl. n°1, janvier-février 2007, p. 15-20.
[46] Utard Jean-Claude, « Bibliothécaire, documentaliste et archiviste: convergence ou hybridation des métiers ?«, dans: Nathalie Marcerou-Ramel éd., *Les métiers des bibliothèques.* Paris, Éditions du Cercle de la Librairie, Bibliothèques», 2017, p. 157-166. DOI: 10.3917/elec.rame.2017.01.0157. URL: https://www.cairn.info/les-metiers-des-bibliotheques--9782765415268-page-157.htm
[47] Wilkinson, M. D., Dumontier, M., Aalbersberg, I. J., Appleton, G., Axton, M., Baak, A.,... & Mons, B. (2016). The FAIR Guiding Principles for scientific data management and stewardship. *Scientific data, 3* (1), 1-9.

International Journal of Innovation and Applied Studies
ISSN 2028-9324 Vol. 39 No. 2 Apr. 2023, pp. 742-750
© 2023 Innovative Space of Scientific Research Journals
http://www.ijias.issr-journals.org/

Smoke and fire detection by a convolutional neural network based on a combinatorial model

Tidiane Fofana[1-2-3], Sié Ouattara[1-2-3-4], and Alain Clement[5]

[1]Laboratory of Signals and Electrical Systems (L2SE)), Institut National Polytechnique Houphouët Boigny, Yamoussoukro, Côte d'Ivoire

[2]Institut National Polytechnique Houphouët Boigny (INPHB), Yamoussoukro, Côte d'Ivoire

[3]Laboratory in Signals and Geographic Information Systems (LARSSIG) of EGT, Abidjan, Côte d'Ivoire

[4]Ecole de Géomatique et du Territoire (EGT), Abidjan, Côte d'Ivoire

[5]LARIS, SFR MATHSTIC, Université d'Angers, Angers, France

Copyright © 2023 ISSR Journals. This is an open access article distributed under the ***Creative Commons Attribution License***, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

ABSTRACT: Work in the field of fire and smoke detection is becoming an increasingly covered subject. Conventional algorithms use exclusively models based on feature vectors. These vectors are difficult to define and depend largely on the type of fire being treated. These traditional methods give results with low detection rates and high false classification rates. The current trend is to take an innovative approach to solving this problem by using an algorithm to automatically determine useful features to classify fire and smoke. In this paper, we propose a convolutional neural network to identify fire and smoke from real-time images. Convolutional neural networks have shown their great performance in the field of object classification. Tested on real image sequences, the proposed approach achieves better classification performance than conventional methods. These results clearly indicate that the use of convolutional neural networks for fire detection is very encouraging.

KEYWORDS: Fire, Smoke, classification, dropout, convolutional neural network.

1 INTRODUCTION

Forest fires like any other sites (house, business, etc.) are one of the disasters that affect humans, animals and vegetation [1]. To avoid large-scale damage, it is essential to detect fires early and accurately. The majority of fire detection systems used today are based on particle sampling, temperature and air transparency tests. Unfortunately, these systems are generally limited indoors, require close proximity to the fire, and cannot provide additional information about the circumstances of the fire, such as size, location and spread. They cannot be used in open spaces and large green areas [2]. This explains the use of video surveillance systems to detect fire and smoke in open spaces [3-8]. Deep learning algorithms have the ability to learn features useful for fire and smoke classification. The main objective of this work is to implement a classification method to detect the presence of fire using cameras with the aim of avoiding large-scale fire damage with accuracy [9 We use a convolutional neural network as a powerful detector of fire and smoke in video images. We have classified our image learning base according to four classes, namely the fire class, the smoke class, the fire and smoke class and the negative class (which does not take into account the first three classes). To this end, different parameters of convolutional neural networks have been dynamically explored in order to optimize the classification or detection of fire and smoke. These include dropout, image augmentation, training image base proportions, number of recursion (epochs). We used the classification model evaluation criteria to evaluate our method, which resulted in a better classification rate of 97%.

2 METHODOLOGY AND PROPOSED METHOD

2.1 CONVOLUTIONAL NEURAL NETWORK

Convolutional networks were first introduced by Fukushima [10], he derived a hier-archical neural network architecture inspired by the research work of Hubel [11]. Lecun [12] generalized them to successfully classify numbers and to recognize handwritten control numbers by LeNet-5. Ciresan [13] used convolutional networks and achieved the best performance in the literature for multiple object recognition for multiple image databases. A convolutional neural network consists of several layers. Figure 1 shows the different layers.

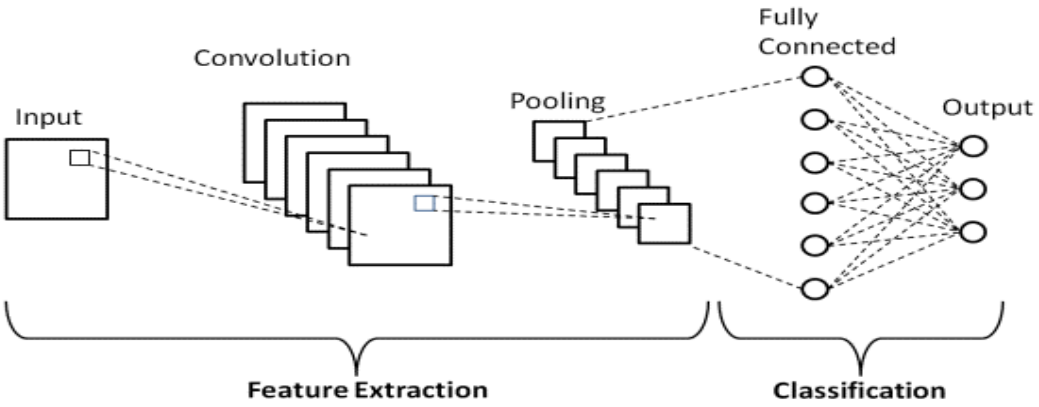


Fig. 1. CNN layers

2.1.1 CONVOLUTIONAL LAYERS

The convolutional layers form the core of the convolutional network. These layers consist of a rectangular grid of neurons that have a small receptive field extended through the entire depth of the input volume. Thus, the convolutional layer is just an image convolution of the previous layer, where the weights specify the convolution filter.

2.1.2 POOLING LAYERS

After each convolutional layer, there may be a pooling layer. The pooling layer subsamples their input. There are several ways to do this pooling, such as taking the average or the maximum. For example, Figure 2 shows max pooling on a 2 × 2 Windows.

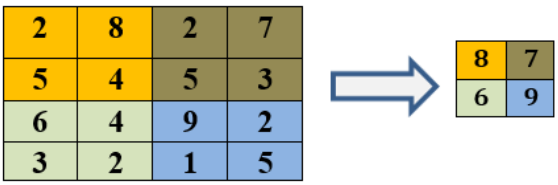


Fig. 2. Max pooling

2.1.3 FULLY CONNECTED LAYERS

Finally, after several layers of convolution and pooling, the high-level reasoning in the neural network is done via fully connected layers. In convolutional neural networks, each layer acts as a detection filter for the presence of specific features or patterns present in the original data. The first layers of a convolutional network detect features that can be easily recognized and interpreted. Later layers increasingly detect more abstract features. The last layer of the convolutional network is able to make an ultra-specific classification by combining all the specific features detected by the previous layers in the input data.

3 EXPERIMENTAL WORK

The work of this paper being based on fire detection we have set up an image database divided into two parts (train, validation). The image database used for our study consists of 25,000 images; the image database contains 6250 fire images, 6250 smoke images, 6250 smoke and flames images and 6250 negative images (containing no fire, smoke, and smoke and flames). Our images have dimensions of 150 x 150 pixels for the convolution network. The normalization of the data is done by dividing all the pixel values by 255 to make them compatible with the initial values of the network. The percentage used in this work is 80% and 20%. The choice of the split ratio is based on previous work: 80% and 20% [15].



Fig. 3. Example of images available in the dataset

3.1 OVERCOMING OVERFITTING

Overfitting usually involves storing the training data set and usually leads to poor performance on the test data set. This means that performance on the training set may be excellent, but performance on the test set is quite poor. The loss of network generalization capability can be due to many factors, such as the capacity of the network or the nature of the training data set itself. Many measures have been introduced in the literature to overcome overfitting. The following are some of the techniques that have been used in this research to overcome overfitting.

3.2 DROPOUT

A regularization layer introduced by [16] can be applied to any layer of the network. During the training of the network, some neurons are disabled with a predefined dropout rate probability P. This can be understood as a kind of bagging for neural networks.

3.3 IMAGE AUGMENTATION

Increasing the size of the training set improves network performance. For image datasets, many duplicates can be created by simple modifications to the original dataset, including rotating, flipping, zooming, and cropping. These transformations make the network more robust by defending it against overfitting, and also improve network performance. In our case, the original images were flipped, rotated, zoomed, and shifted. The rotation range used was 40°; and the images were randomly flipped horizontally and vertically; the shift range used was 20%; and the zoom range used was 20%.

3.4 EARLY STOPPING

Early termination is a precautionary measure used to prevent the network from over-adapting. It can be defined as stopping the training phase of the network when the performance on the validation set stops improving for a predefined number of epochs. In our case, the number of epochs is 100.

3.5 Model Evaluation Criteria

The evaluation of the fire and smoke detection model can be assessed from the effect and reliability. These two indicators are usually precision and time to test, while the former includes three indicators: precision, recall rate and error rate. Among them, precision is defined as (1), and recall is defined as (2). The error rate is defined as (3).

$$P=\frac{TP}{TP+FP} \tag{1}$$

$$recall=\frac{TP}{TP+FN} \tag{2}$$

$$\text{Error rate}=\frac{FP+FN}{TP+TN+FP+FN}=1\text{-recall} \tag{3}$$

Among them, TP is the number of positive samples determined by the model to be positive, TN is the number of negative samples determined by the model to be truly negative, and FP is the number of positive samples determined by the model. However, the actual number of negative samples is FN, which is the number of negative samples determined by the model but actually positive, as shown in Table 1.

Table 1. Definition of TP, TN, FP and FN parameters

	Positive	Negative
True	TP	TN
False	FP	FN

4 Fire Detection Using A Neural Network Model

In this section, the proposed convolutional network architecture for fire detection is presented in Figure 4. Our classification architecture is classical [14], combining convolution and Max pooling. However, in order to achieve a fast classification for real-time detection and localization, we chose a lightweight network. Fig. 4 shows the four convolution layers with a 3 x 3 core. An RGB color image in the visible spectrum passes successively through convolutional operations with kernel of size 3x3 followed by a Max pooling of size 2x2 with a step of 2. The values of the filters used range from 32, 64, 128 and 256. To make our model more stable and efficient, we used a Dropout value of 0.5 before the flatten layer. At the fully connected layers, between the two dense layers we used a Dropout value of 0.1. The output of the last fully connected layer feeds a 4-way Softmax producing a 4-class distribution. For the fully connected layers, we used a ReLu activation function.

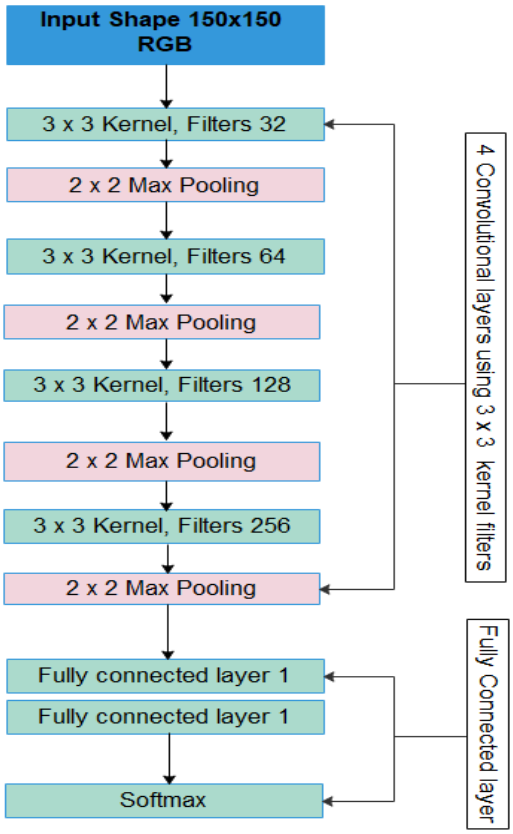


Fig. 4. Convolutional network architecture for fire detection

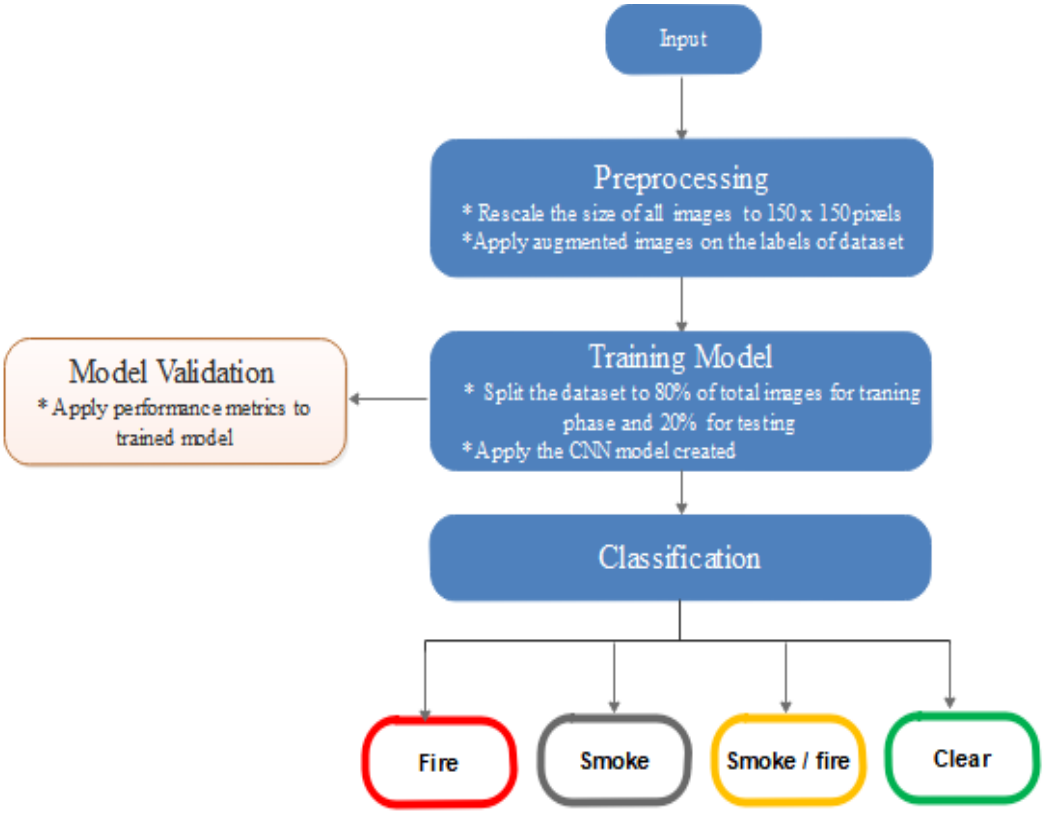


Fig. 5. The proposed method

The proposed method includes three main steps to accomplish the fire detection procedure, as follows:

• Step 1: Pretreatment

All images were collected in a dataset and loaded to be scaled to a fixed size of 150 X 150 pixels to be suitable for further processing in the created model. The idea of image augmentation is to add small variations without damaging the core object so that the neural network is more robust to these types of real-world variations. Thus, using image augmentation, we introduce these new images (refined by using various parameters such as zoom, rotation, width and height modification) into our training dataset and train the model.

• Step 2: Training model and validation

The pre-processed data set is divided into 80%; 20% according to the Pareto principle. This means that 20% of the image data will be used for the validation phase and 80% of the data will be used to build the training set. We use this breakdown in our created model, and then apply evaluation metrics to show the performance recorded on the validation set.

• Step 3: Classification

In the final step of the proposed model, the test data is passed to the classifier set to classify all image patches in one of four cases: fire, smoke, smoke and fire, and clear (no fire, no smoke, smokeless), as shown in Figure 2.

5 RESULTS AND DISCUSSION

Our new model was trained and tested on Google Colab, the platform was equipped with 3 GPUs, 25 GB of RAM, python 3.7 and TensorFlow 2.6.0. This model can be used for fire detection in open spaces using cameras as a disaster prevention measure. In this work, we used a substantial number of images for training, preprocessing operations such as rotation, scaling, horizontal tilting on the image axis, random zoom increase and shearing are performed on the set of images used. The particularity of our model is its ability to classify images of simple fires, fires with smoke, smoke and images not containing the three cases mentioned above.

The number of training samples is 25000 images. The data set was divided into four samples; fire, smoke, fire and smoke and the last negative sample (which corresponds to none of the three mentioned). The four samples have 6250 images each, 5000 images for the training phase and 1250 images for the validation phase. This means that we use 20,000 images for the training and 5000 images for the validation.

5.1 TRAINING EXPERIENCE

All training and test data are divided into two folders with a ratio of 80% for training and 20% for testing. Our entire image base is used as a training set for the model in order to have good grip and generalization ability to avoid overfitting. The target detection threshold in deep learning refers to a threshold value that allows the algorithm to distinguish between positive and negative samples. The model finally provides the score of the target area through the Softmax layer to perform the classification [17].

During the threshold setting process, the algorithm tends to accept the area of the object frame closest to the actual label for setting the high threshold value, discarding the frame area from the object with lower scores, causing the model to generate high precision and low recall. Instead, the low threshold tends to accept low score object frame areas, resulting in high recall and low accuracy. It is therefore necessary to consider the state of equilibrium "between the precision rate and the recall rate. During the training phase, in order to avoid the loss of data diversification caused by too rapid a descent of the gradient, the number of iterations of the network model is set to 100, and the number of batches per iteration is 32, that is, the number of iterations is 3200, and the learning rate is 0.0001. It was important that we could determine the value of the loss and plot the iterative curve of this loss from the pattern of network formation. Fig. 6 is a trend graph of the loss value and the number of iterations caused according to the above steps.

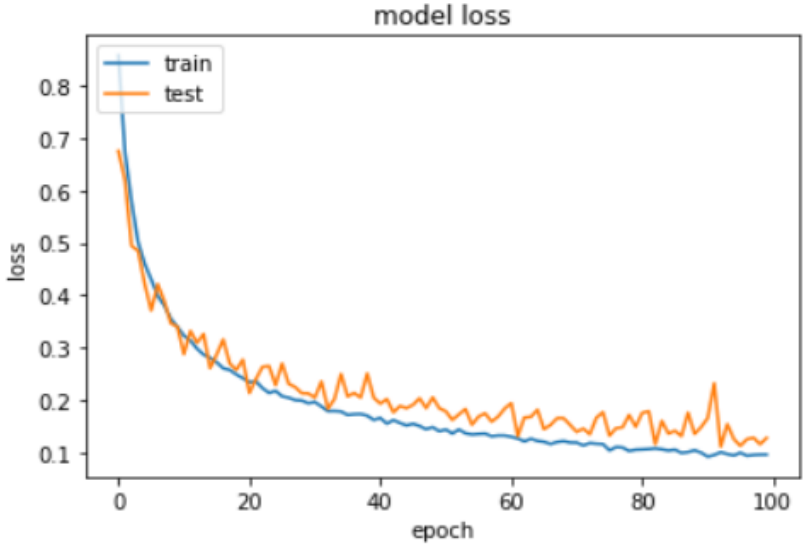


Fig. 6. Relationship between the two loss curves and the number of iterations

The abscissa is the number of iterations, and the ordinate is the loss value. It can be seen that the value of the loss decreases with the number of iterations within a certain range. The learning time of the images is 6.8 hours, and the loss value eventually tends to a stable minimum value of 0.0580 while avoiding other overfitting conditions. During this training phase the accuracy obtained for the test set is 96.68% with our entire image base.

5.2 TESTS AND EVALUATION

The evaluation of our model created for the detection of fire images consists of 5000 images that we had divided as follows: 650 fire images, 970 smoke images, 1136 fire and smoke images and 2244 negative images (not including the other three). All images identified from human vision, in order to realize that they are in the corresponding test directories. All 5,000 test images are evaluated to see the relevance of our model for recognizing fires in open spaces. At the same time, the parameters TP, FP, TN, and FN of the model are identified and counted by human observation according to the results provided by our model. The evaluation of our model is calculated according to the formulas for calculating precision, recall rate and error rate above. The results of the classification of our model are presented in Table 2.

Table 2. Recognition effects of our model

	TP	FP	TN	FN	Precision	Recall	Error rate
Fire	650	20	4350	33	97,01 %	96,01%	3,99%
Smoke	970	28	4030	48	97,19 %	95,28%	7,27%
Smoke /Fire	1136	30	3864	46	97,43 %	96,10%	4,94%
Clear	2244	65	2756	83	97,18%	96,43%	3,15%

Most fire detection methods use two class classification techniques [18] fire or no fire and smoke or no smoke to detect and classify the object on original or resized images.

Each image passes through the convolutional neural network and the fully connected layers to the classifier. Our approach is quite different, it is based on the use of 4 classes and a resizing of the images of size 150 x 150 pixels in the original RGB image to locate the fire images or not. This work takes into account the method of image augmentation which allows us to generalize the classification method much more and to obtain a good accuracy. Our neural network consists of two parts.

The first part is composed of 4 convolutional layers and 4 Max pooling layers, the second part is composed only of fully connected layers. Using the first part of the network, we manage to extract the features of the input image. The second part is used for the classification of the output images with a 4-class Softmax. Our experimental approach is in the same vein as the one proposed [19], in which the authors studied some alternatives of fire detection with sensors.

In this work, the results obtained are about 97% overall for fire detection. Our model makes a good classification and manages to determine the four classes studied. One of the strong points of the model is that it can distinguish between images containing fire and smoke and images of fire only and can distinguish between smoke-like objects.

We can conclude that the parameters of our convolutional network model allow a good classification distinction between fire, smoke, and fire and other images without fire images.

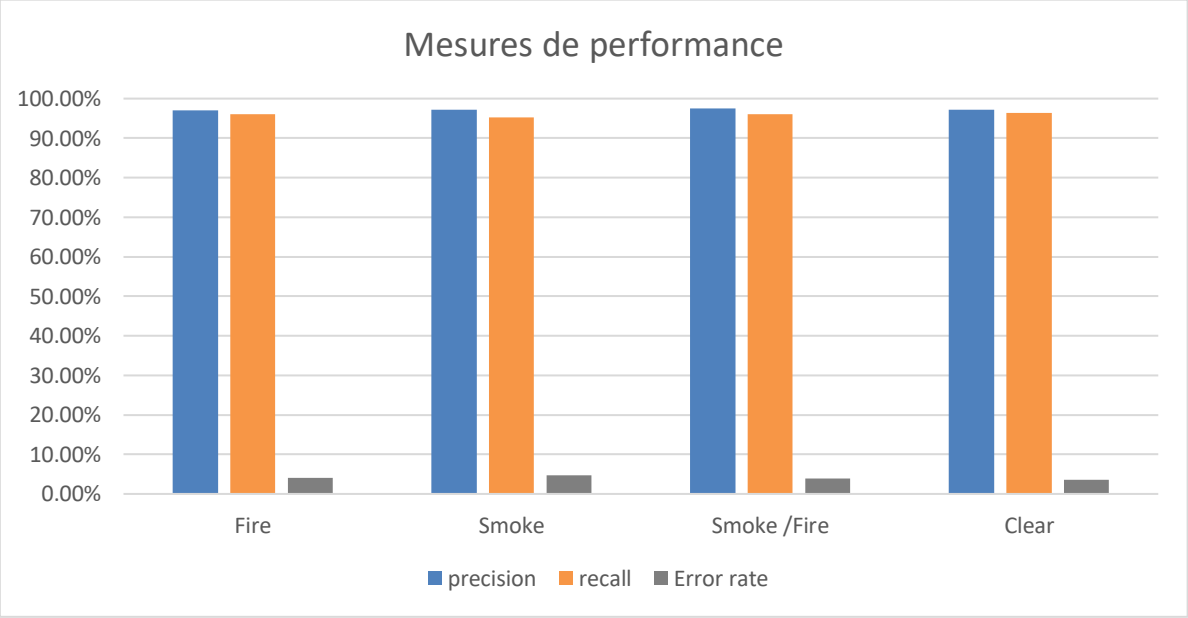


Fig. 7. Performance measures for the 4 classes: fire, smoke, smoke and fire and net area

The classification results obtained from our model are shown in Figure 8.

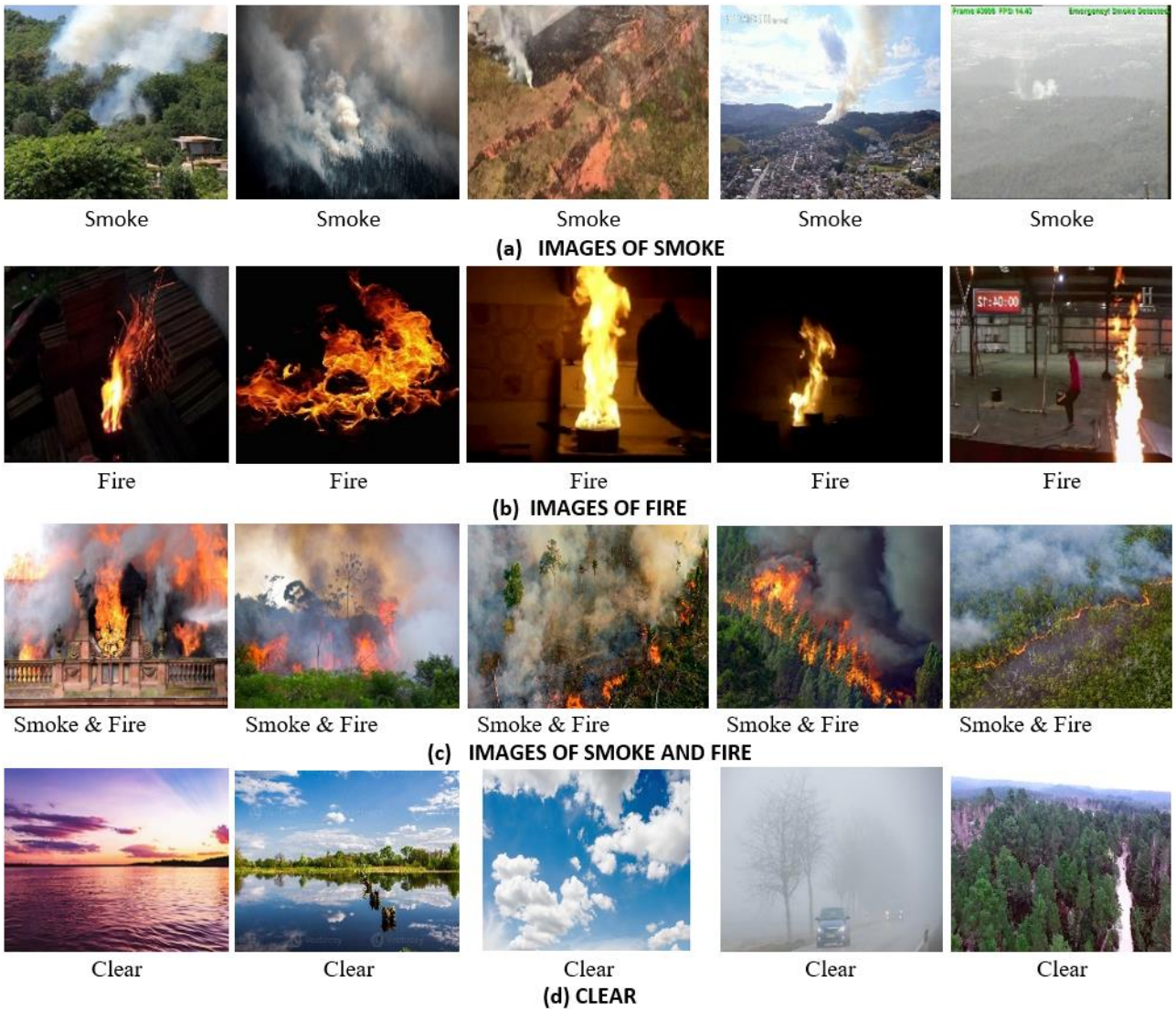


Fig. 8. ***Raw images of the four cases: (a) positive image for smoke detection; (b) positive image for fire detection; (c) positive image for smoke and fire detection; (d) negative image for fire detection***

6 CONCLUSION

This paper describes the image-based fire detection method. One of the findings of our work is that all the essential features of smoke and fire, namely texture, color, sharp edge detection, perimeter clutter analysis, direction of movement and growth of smoke and fire areas were extracted using CNN. Our method allows to determine efficiently; fire, smoke, fire and smoke simultaneously and images not containing the three cases mentioned. Our method makes it possible to determine efficiently; fire, smoke, fire and smoke simultaneously and the images not containing the three cases cited.The accuracies obtained for the detection of fire, smoke, smoke and fire and the net appearance without all three cases are respectively; 97.01%, 97.19%, 97.43% and 97.18%. The proposed work also works well in difficult shooting conditions such as clouds, fog, and cloud reflection in water, which are very similar to smoke. The results show that the current method can learn effective flame and smoke characteristics with high accuracy. Our next challenge is to detect in real time the start of a fire or to characterize a fire from a video in a complex environment.

REFERENCES

[1] H. N. Le Houérou, «Vegetation wildfires in the mediterranean basin: evolution and trends, » *Ecologia Mediterranea,* vol. 13, pp. 13-24, 1987.

[2] S. Verstockt, B. Merci, B. Sette, P. Lambert and R. Van de Walle, «State of the art in vision based fire and smoke detection,*» Internat. Conf. on Automatic Fire Detection,* vol. 2, pp. 285-292, 2009.

[3] R. Sahal, S. H. Alsamhi, J. G. Breslin, and M. I. Ali, «Industry 4.0 towards forestry 4.0: fire detection use case,» Sensors, vol. 21, no. 3, p. 694, 2021.

[4] C. Yuan, Y. Zhang, and Z. Liu, «A survey on technologies for automatic forest fire monitoring, detection, and fighting using unmanned aerial vehicles and remote sensing techniques,» Canadian Journal of Forest Research, vol. 45, no. 7, pp. 783– 792, 2015.
[5] A. Gaur, A. Singh, A. Kumar, A. Kumar, and K. Kapoor, «Video flame and smoke based fire detection algorithms: a literature review,» Fire Technology, vol. 56, no. 5, pp. 1943–1980, 2020.
[6] Y. Luo, L. Zhao, P. Liu, and D. Huang, «Fire smoke detection algorithm based on motion characteristic and convolutional neural networks,» Multimedia Tools and Applications, vol. 77, no. 12, pp. 15075–15092, 2018.
[7] H. Yin, Y. Wei, H. Liu, S. Liu, C. Liu, and Y. Gao, «Deep convolutional generative adversarial network and convolutional neural network for smoke detection,» Complexity, vol. 2020, Article ID 6843869, 12 pages, 2020.
[8] R. Wang, Y. Li, H. Sun, and K. Yang, «Multisensor-weighted fusion algorithm based on improved AHP for aircraft fire detection,» Complexity, vol. 2021, Article ID 8704924, 10 pages, 2021.
[9] A. Gaur, A. Singh, A. Kumar et al., «Fire sensing technologies: a review,» IEEE Sensors Journal, vol. 19, no. 9, pp. 3191–3202,2019.
[10] K. Fukushima, Neocognitron: A self-organizing neural network model for a mechanism of pattern recognition unaffected by shift in position. Biological Cybernetics, 1980, 36 (4), pp.193–202.
[11] D. H. Hubel and T. N. Wiesel, Ferrier lecture: Functional architecture of macaque monkey visual cortex, Proceedings of the Royal Society of London, Series B, Biological Sciences, 1977, 198 (1130): pp.1–59.
[12] Y. Lecun, L. Bottou, Y. Bengio and P. Haffner, Gradient-based learning applied to document recognition, in *Proceedings of the IEEE,* vol. 86, no.11, pp. 2278-2324, Nov 1998.
[13] S. Frizzi, R. Kaabi, M. Bouchouicha, J. M. Ginoux, E. Moreau and F. Fnaiech, «Convolutional neural network for video fire and smoke detection,» *IECON 2016 - 42nd Annual Conference of the IEEE Industrial Electronics Society,* Florence, 2016, pp.877-882.
[14] Ibrahem K., Mauro C., Aleš P.: Comparative Study of First Order Optimizers for Image Classification Using Convolutional Neural Networks on Histopathology Images, Journal of Imaging 6 September 2020, p1-17.
[15] Srivastava, N.; Hinton, G.; Krizhevsky, A.; Sutskever, I.; Salakhutdinov, R. Dropout: A Simple Way to Prevent Neural Networks from Overfitting. J. Mach. Learn. Res. 2014, 15, 1929–1958.
[16] Zolzaya Dashdorj, Min Song. An application of convolutional neural networks with salient features for relation classification [J]. BMC Bioinformatics, 2019, 20 (10suppl).
[17] A. Gaur, A. Singh, A. Kumar et al., «Fire sensing technologies: a review,» IEEE Sensors Journal, vol. 19, no. 9, pp. 3191–3202, 2019.
[18] S. Ye, Z. Bai, H. Chen, R. Bohush, and S. Ablameyko, «An effective algorithm to detect both smoke and flame using color and wavelet analysis,» Pattern Recognition and Image Analysis, vol. 27, no. 1, pp. 131–138, 2017.
[19] D. Sheng, J. Deng, W. Zhang, J. Cai, W. Zhao, and J. Xiang, «A Statistical Image Feature-Based Deep Belief Network for Fire Detection» Research Article 2021, 12 pages.

International Journal of Innovation and Applied Studies
ISSN 2028-9324 Vol. 39 No. 2 Apr. 2023, pp. 751-759
© 2023 Innovative Space of Scientific Research Journals
http://www.ijias.issr-journals.org/

Statut Nutritionnel et parasitoses intestinales chez des habitants de la commune rurale de Niou, Burkina Faso

[Nutritional status and intestinal parasites among residents of the rural commune of Niou, Burkina Faso]

Boubacar Savadogo[1], Tasseré Kindo[2], Drissa Sanou[3], Moustapha Nikiema[2], Justine Kabore[2], Nawidimbasba Augustin Zeba[1], and Awa Gneme[2]

[1]Institut de Recherche en Sciences de la Santé (IRSS), Centre National de la Recherche Scientifique et Technologique (CNRST), 03 BP 7192, Ouagadougou, Burkina Faso

[2]Laboratoire de Biologie et Ecologie Animales, Université Joseph Ki-Zerbo, 03 BP 7021, Ouagadougou, Burkina Faso

[3]Institut International des Sciences et Technologies (IISTECH), 02 BP 5572, Ouagadougou, Burkina Faso

Copyright © 2023 ISSR Journals. This is an open access article distributed under the ***Creative Commons Attribution License***, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

ABSTRACT: Malnutrition and particularly undernutrition and intestinal parasites represent a real public health issue in developing countries. In order to highlight the nutritional and parasitic status of the populations, a cross-sectional study was carried out in the rural commune of Niou. The objective of this study was to determine the different prevalences both in terms of nutritional and parasitic status. A total of 380 people took part in the study, of which 61.84% were women. Overall, 69.2% of the study population had a normal nutritional status, 24.2% suffered from malnutrition due to deficiency and 6.6% suffered from obesity or overweight. At least one in two people in our study population harbored a parasite in their digestive tract, an overall prevalence of 58.95. Among the subjects in a situation of nutritional deficiency, 61.95% were parasitized against 57.79% of parasitized in people with normal nutritional status and 56.0% in subjects in a situation of overweight or obesity. In total, 58.72% of women were carriers of parasites against 59.31% in men. Gender as well as sociodemographic situation are not determining factors for the occurrence of malnutrition and intestinal parasites. It is necessary in the fight against malnutrition and parasites in the population of Niou, to guarantee not only adequate food and hygiene but also to combine it with an effective treatment against intestinal parasites.

KEYWORDS: Malnutrition, intestinal parasites, Niou, Burkina Faso.

RESUME: La malnutrition et particulièrement la sous-nutrition et les parasitoses intestinales représentent un véritable enjeu de santé publique dans les pays en développement. Afin de mettre en évidence le statut nutritionnel et parasitaire des populations, une étude transversale a été réalisée dans la commune rurale de Niou. Cette étude avait pour objectif la détermination des différentes prévalences aussi bien au niveau des statuts nutritionnels que celui parasitaire. Au total, 380 personnes ont participé à l'étude dont 61,84 % de femmes. Globalement, 69,2 % de la population étudiée avait un état nutritionnel normal, 24,2 % était atteinte d'une malnutrition par carence et 6,6 % était atteinte d'obésité ou de surpoids. Au moins une personne sur deux de notre population d'étude hébergeait un parasite dans son tube digestif, soit une prévalence globale de 58,95. Parmi les sujets en situation de carence nutritionnelle, 61,95 % étaient parasités contre 57,79 % de parasités chez les sujets à statut nutritionnel normal et 56,0 % chez les sujets en situation de surpoids ou d'obésité. Au total, 58,72 % de femmes étaient porteuses de parasites contre 59,31% chez les hommes. Le sexe, de même que la situation sociodémographique ne sont pas des facteurs déterminants pour la survenue de la malnutrition et des parasitoses intestinales.

Corresponding Author: Boubacar Savadogo

Il s'avère nécessaire dans la lutte contre la malnutrition et les parasitoses dans la population de Niou, de garantir non seulement une alimentation et une hygiène adéquates mais également d'y associer un traitement efficace contre les parasites intestinaux.

MOTS-CLEFS: Malnutrition, parasites intestinaux, Niou, Burkina Faso.

1 INTRODUCTION

De nos jours, le nombre de personnes touchées par la malnutrition dans le monde a augmenté pour atteindre 828 millions, soit une hausse de 46 millions par rapport à 2020. Cette augmentation est de 150 millions de malnutris depuis l'apparition de la pandémie de covid-19 (Rapport mondial sur la nutrition, 2021). La malnutrition désigne soit une insuffisance, un excès ou un déséquilibre des apports nutritionnels (Daboné et al., 2011). Dans le contexte du Burkina Faso, la malnutrition désigne très souvent une sous-nutrition. Les conséquences de la malnutrition sont évaluées en termes de fréquence des maladies infectieuses et de mortalité chez les enfants (Savadogo, 2011). Il est établi que la malnutrition contribue à affaiblir le système immunitaire, rendant les enfants plus susceptibles aux maladies infectieuses; inversement certaines infections comme le paludisme et les parasitoses intestinales et urinaires peuvent profondément influencer le statut nutritionnel chez l'Homme (Daboné et al., 2011). Pour ces parasitoses intestinales, il est également connu que leurs fortes prévalences sont le plus souvent associées à une anémie ferriprive et à une malnutrition protéino-énergétique (Kabatereine et al., 2006 et 2007; WHO 2008 et 2010).

Au Burkina Faso, à l'image des pays sahéliens à déficits pluviométriques récurrents, les hydroamé-nagements constituent une alternative pour résoudre le problème de la sécurité alimentaire liée aux incertitudes climatiques et à la pression démographique (Parent et al., 2002, Karthe et al., 2011,). En effet, cette pluviométrie n'arrive pas à combler les attentes des populations qui sont à 90 % agriculteurs. Pour pallier à ce déficit hydrique, des barrages ont été érigés dans le but de maîtriser l'eau à des fins agricoles. Toutefois, les aménagements hydrauliques, du fait des changements démographiques et ambiants qu'ils occasionnent sont des zones à haut risque sur le plan sanitaire (Urbani et al., 1997; Parent et al., 1997, 1999 et 2002; Poda et al., 2006; Poda, 2007; Zongo et al., 2012). Les parasitoses intestinales bien qu'elles suscitent de nos jours peu d'intérêt à côté des maladies comme le sida et le paludisme constituent en milieu tropical et particulièrement au Burkina Faso (INSD, 2011), un problème de santé publique en raison essentiellement de conditions climatiques favorables, de l'absence ou l'insuffisance de mesures d'hygiène et d'assainissement et enfin de la pauvreté. Elles sont particulièrement sévères chez l'enfant chez qui elles peuvent engendrer malnutrition, anémie, baisse de résistance aux infections, voire une augmentation du risque de mortalité. Les activités récréatives dans les retenues d'eaux rendent également les enfants d'âge scolaire vulnérables à l'infection parasitaire (Dianou et al., 2004; Poda et al., 2006, Savadogo, 2008).

La prolifération de ces parasitoses est favorisée par des facteurs de risques qui exposent toute les populations, compte tenu du fait que les zones rurales soient réputées être des terrains de prédilection pour les parasites intestinaux (Savadogo, 2008). Cependant, la plupart des études précédentes ont été réalisées sur des enfants d'âge scolaires (Savadogo et al., 2015; Erismann et al., 2016; Knoblauch et al., 2017; Séverine et al., 2017). Très peu d'études ont pris en compte la population dans sa globalité, alors que les infections parasitaires touchent toutes les tranches d'âge. La population dans sa quasi-totalité est constamment exposée aux facteurs de risque.

D'où, l'intérêt de notre étude sur les parasites intestinaux des habitants de la commune rurale de Niou, où les conditions de vie sont favorables à la survenue des parasitoses. L'objectif général de notre étude visait donc à déterminer le profil des statuts nutritionnels et des parasites intestinaux des populations à Niou. Il s'agissait plus spécifiquement de déterminer le statut nutritionnel, d'identifier les parasites intestinaux des populations et d'évaluer l'impact de la transmission parasitaire sur l'état nutritionnel des sujets inclus dans l'étude.

2 MATÉRIEL ET MÉTHODE

2.1 TYPE D'ÉTUDE, PÉRIODE ET NATURE DES DONNÉES COLLECTÉES

Il s'agit d'une enquête transversale qui s'est déroulée pendant deux mois (Mai et Juin 2020) dans la population rurale de Niou. Les données collectées sont des facteurs démographiques (lieu de résidence, activité professionnelle, âge, sexe), des paramètres anthropométriques (poids, taille), les comportements en matières d'hygiène et d'assainissement dans les ménages (lavage des mains, source d'approvisionnement en eau, utilisation des toilettes...) et des échantillons biologiques (selles) auprès de la population.

2.2 PRÉSENTATION DU SITE D'ÉTUDE

L'étude s'est déroulée à Niou, une commune rurale de la province du Kourwéogo dans la Région du Plateau central au Burkina Faso. Elle est à 65 Km au Nord de la ville de Ouagadougou (12° 46' 08" Nord, 1° 56' 11" Ouest). Avec une superficie de 224 $km^{2,}$ elle compte 22682 habitants selon le recensement général de la population et de l'habitat en 2020. C'est une zone semi-aride, comprise entre les isohyètes 600 et 800 mm avec un réseau hydrographique constituée de réserves d'eau temporaires (Rapport du Conseil Municipal, 2018).

Le choix de Niou pour notre étude se justifie premièrement par le fait que les zones rurales sont des terrains de prédilection pour les parasites intestinaux dans notre pays. En plus, à Niou, la gestion quotidienne de la salubrité dans les ménages et les comportements humains tendent à favoriser la transmission parasitaire dans la commune (Rapport du Conseil Municipal, 2018). Aussi il n'y a pas eu d'étude similaire antérieure dans la zone. Il est donc nécessaire de dresser un inventaire des parasites digestifs et le statut nutritionnel des habitants de cette commune.

2.3 POPULATION D'ÉTUDE

Les sujets inclus dans l'étude sont des résidents permanents de la commune rurale de Niou sans distinction de sexe, et d'âge et qui acceptent de signer le consentement éclairé pour participer ou faire participer son enfant. Les résidents ponctuels et handicapés mentaux ne sont pas inclus dans l'étude. Les participants ont été choisis de façon aléatoire parmi les habitants.

Sur les différents sites de l'étude, les consentements éclairés des participants ont été recueillis par écrit après avoir expliqué l'objet et l'intérêt de l'étude. Des identifiants uniques ont été attribués aux participants, la saisie des données a été anonyme. Tous les sujets diagnostiqués positifs aux parasitoses ont été traités gratuitement. A la fin de l'étude, tous les échantillons ont été incinérés selon les règles et précautions en la matière (WHO, 2010).

2.4 COLLECTES DES DONNÉES

La taille de notre échantillon a été déterminée en s'inspirant de la formule utilisée par Thrusfield en 2007. La prévalence des parasitoses intestinales dans la région du plateau central était comprise entre 55,2 % à 60,3 % (Cissé et al., 2011). En faisant la moyenne de cet intervalle, on obtient une prévalence de 57,75%. Cette prévalence de 57,75 % a été considérée comme la prévalence attendue pour notre étude afin de pouvoir calculer la taille de notre l'échantillon. La formule suivante a été utilisée:

$$N = \frac{t^2 \times p\,(1-p)}{m^2} = \frac{1{,}96^2 \times 0{,}5775\,(1-0{,}5775)}{0{,}05^2}$$

N: la taille de notre échantillon;
t = 1,96 lorsque le degré de confiance est de 95 %;
m = 5 % est la marge d'erreur accordé;
p = est la prévalence attendue.

En appliquant la formule de calcul de la taille de l'échantillon, la taille de notre échantillon sera N = 375.

2.5 MESURE DU POIDS

Les étapes suivantes ont été suivies pour la mesure du poids: un pèse-personne électronique de précision (0,01 près de marque SECA 803) a été déposé sur une surface plate, horizontale et stable. La balance est ensuite mise en marche et après l'affichage du chiffre zéro, il est demandé au sujet (déchaussé et diminué éventuellement du surplus de vêtements) de monter sur la balance et de se tenir bien droit. Le sujet doit poser les pieds de sorte à ne pas cacher le cadran de lecture. Après stabilisation de la balance et affichage d'un nombre qui correspond au poids du sujet, la valeur du poids est notée. L'opération est répétée une deuxième fois et la moyenne des deux mesures est retenue. Si la différence entre les deux mesures dépasse 0,2 kg, une troisième mesure est faite (Food and Nutrition Technical Assistance Project, 2003).

2.6 MESURE DE LA TAILLE

Pour la mesure de la taille, une toise est posée sur une surface horizontale et stable accolée à un support vertical. Il est demandé au sujet d'enlever ses chaussures et n'importe quel nœud ou coiffure de cheveux supplémentaires sur la tête. Le sujet monte ensuite sur le plancher de la toise, le dos contre la planche principale. La mesure est prise à 0,1 cm près. Une deuxième mesure est faite et la moyenne des deux mesures est retenue. Si la différence entre les deux mesures dépassent 0, 5 cm, une troisième mesure est faite (Daboné et al., 2011, Savadogo, 2011). Pour les enfants de moins de 24 mois, la mesure de la taille se fait en position couchée.

2.6.1 INDICE DE MASSE CORPORELLE (IMC) POUR ADULTE

La taille (en mètre) et le poids (en kilogrammes) ont été utilisés pour le calcul de l'indice de masse corporelle. L'interprétation se fait sur la base de la valeur de l'IMC selon les tables de détermination.

La formule de calcul de l'IMC est la suivante:

$$IMC = \frac{\text{Poids (kg)}}{\text{Taille}^2 \text{ (m)}}$$

IMC < 18,5 il est considéré comme maigre et souffre d'un déficit énergétique chronique.

IMC est acceptable entre 18,5 et 24,9.

IMC entre 25 et 29,9 = surpoids et un IMC ≥ 30 = obésité (OMS, 2000).

2.6.2 INDICES CHEZ LES ENFANTS DE 0 À 15 ANS

Indice poids pour âge (P/A) a été utilisé pour les enfants de 0 à 5ans: Il est un indicateur de l'insuffisance pondérale traduisant à la fois la malnutrition aiguë et la malnutrition chronique. L'indice P/A a été interprété à l'aide du z-score selon le sexe de l'enfant. Pour les enfants de 5 à 15 ans, l'indice taille pour âge (T/P) a été utilisé pour l'évaluation du statut nutritionnel. Un tableau de comparaison recommandé par l'OMS a été utilisé pour cette tranche d'âge en fonction du sexe.

- Dénutrition modérée: -3 et - 2 Z-scores
- Dénutrition aiguë sévère: < -3 Z-scores
- Statut normal: -1 à 1 Z-scores
- Surpoids: >1 Z-scores, Obésité: >3 Z-scores

2.7 ENQUÊTE PARASITOLOGIQUE

Des pots de prélèvements de selles ont été remis aux sujets inclus dans l'étude. Les échantillons ont été récupérés tôt le lendemain matin pour être acheminé au laboratoire le plus vite possible. Tous les échantillons collectés ont été traités dans les plus brefs délais.

Chaque prélèvement a fait l'objet d'un examen macroscopique; suivi d'un examen direct microscopique à l'eau physiologique et au Lugol entre lame et lamelle puis un enrichissement par la méthode de Willis, et la technique de Kato-katz pour quantifier les œufs d'helminthes par gramme de selles.

2.8 ANALYSE DES DONNÉES

Les données recueillies ont été traitées au moyen des logiciels excel et EPI-INFO version 6. Les comparaisons des différents paramètres ont été faites avec le test de Khi deux avec un seuil de significativité de 5%.

3 RÉSULTATS

3.1 CARACTÉRISTIQUES SOCIO DÉMOGRAPHIQUES

Au total, 380 personnes ont participé à l'étude. Le sexe féminin était représenté à 61,84 % (235/380) contre 38,15 % (145/380) pour le sexe masculin. Le sexe ratio était en faveur des femmes (0,61). L'âge de la population variait entre 06 mois et 73 ans. La population d'âge scolaire était majoritaire (46,57 %). Plus de la moitié des individus était des écoliers (52,36 %). Les résultats sont consignés dans le tableau I ci-dessous.

Tableau 1. Caractéristiques sociodémographiques de la population d'étude

Caractéristiques	Effectif	Fréquence %
Sexe		
Femmes	**235**	**61,84**
Hommes	145	38,16
Âge		
Moins 5ans	75	19,74
6-15ans	177	46,58
16-30ans	54	14,21
Plus de 30ans	74	19,47
Profession	5	1,32
Commerçant		
Cultivateurs	59	15,53
Eleveurs	3	0,79
Elèves	199	52,37
Préscolaire	55	14,47
Nourrisson	21	5,53
Ménagères	37	9,73
Fonctionnaire	1	0,26

3.2 RÉPARTITION DE LA POPULATION ÉTUDIÉE SELON LE STATUT NUTRITIONNEL

Globalement 69,2 % (263) de la population étudiée avait un état nutritionnel normal, 24,2 % (92) était atteinte d'une malnutrition (modérée/sévère) et 6,6 % était atteinte d'une obésité ou de surpoids.

Tableau 2. Répartition de la population selon le statut nutritionnel

Statut nutritionnel	Effectif homme	Effectif Femme	Pourcentage (Total)
Normal **Z-scores compris (1; -1)**	97	166	69,2% (263)
Dénutri **(Z-scores < -2 SD)**	42	50	24,2% (92)
Surpoids**/obésité (Z-scores > 1 SD)**	06	19	6,6% (25)

3.3 PRÉVALENCE DE L'INFECTION PARASITAIRE DANS LA POPULATION ÉTUDIÉE 3.3.1 PRÉVALENCE GLOBALE

Globalement, au moins une personne sur deux de notre population d'étude hébergeait un parasite dans son tube digestif, soit une prévalence globale de 58,95 % (224/380).

3.3.1 LES ESPÈCES DE PARASITES IDENTIFIÉES ET LEUR PRÉVALENCE

Parmi les protozoaires rencontrés dans la présente étude, *Entamoeba coli* est majoritaire avec une prévalence de 19,47 %. Au niveau des helminthes identifiés, *Hymenolepis nana* est le plus fréquent avec 3,68 %.

Tableau 3. Prévalence des parasites intestinaux selon le sexe

Etat parasitaire	Hommes	Femmes	Total
Entamoeba histolytica	17/235 (7,23%)	10/145 (6,89%)	27/380 (7,11%)
Entamoeba coli	40/235 (17,02%)	34/145 (23,45%)	74/380 (19,47%)
Giardia intestinalis	38/235 (16,17%)	14/145 (9,65%)	52/380 (13,68%)
Trichomonas intestinalis	20/235 (8,51%)	16/145 (11,03%)	36/380 (9,47%)
Blastocystis hominis	5/235 (02,13%)	3/145 (2,07%)	8/380 (2,11%)
Necator americanus	2/235 (0,85%)	0/145 (0,00%)	2/380 (0,53%)
Taenia sp.	4/235 (1,70%	2/145 (1,38%)	6/380 (1,58%)
Hymenolepis nana	9/235 (3,83%)	5/145 (3,45%)	14/380 (3,68%)
Ascaris lumbricoïdes	3/235 (1,28%)	2/145 (1,38%)	5/380 (1,32%)
Total parasites intestinaux	138/235 (58,72%)	86/145 (59,31%)	224/380 (58,95%)

Au total 138/235 (58,72 %) femmes étaient porteuses de parasites contre 86/145 (59,31%) hommes parmi la population étudiée. Le test de Khi deux montre une différence non significative de l'infection parasitaire en fonction du sexe (**p= 0,9955).** Le sexe n'est pas un facteur favorisant l'infection parasitaire dans cette étude.

3.4 Prévalence Des Parasites Intestinaux Selon Le Statut Nutritionnel Et Le Groupe Socio-Professionnel

Parmi les sujets dénutris, 61,95 % sont parasités contre 57,79 % chez les personnes à statut nutritionnel normal et 56,0 % de parasités chez les sujets en situation de surpoids ou d'obésité. Le test de Khi deux montre qu'il n y a pas de différence statistiquement significative entre statut nutritionnel et infection parasitaire (**p = 0,8839**). Les parasites intestinaux touchent toutes les catégories de personnes incluses dans l'étude. Les personnes en situation de surpoids ou d'obésité sont aussi bien touchées par les parasites intestinaux que les personnes dénutries. Tous les groupes sociodémographiques sont atteints par les différentes formes de malnutrition et par les parasites intestinaux.

4 Discussion

La présente étude a montré la présence de la malnutrition sur toutes ses formes et des parasites intestinaux chez les sujets enquêtés. Les parasites intestinaux trouvés dans notre étude sont: *Hymenolepis nana, Taenia sp, Trichirus trichiura, Necator americanus, Ascaris lumbricoïdes, Entamoeba histolytica, Blastocystis hominis, Entamoeba coli* et *Giardia intestinalis*. La prévalence globale des parasites intestinaux trouvée dans cette étude est de 58,95%. La plus part des sujets sont concernés par les parasitoses quel que soit l'âge, le sexe et la profession. Chez les personnes de sexe masculin, la prévalence parasitaire est de 59,31% contre 58,72% chez les femmes**.** L'absence d'association significative entre parasitisme et sexe des participants s'expliquerait par l'égalité d'exposition à l'infection parasitaire. Ainsi, les deux sexes sont soumis aux mêmes conditions d'hygiène de l'environnement et subissent les mêmes risques d'infestation. Cependant, nos résultats sont en contradiction avec ceux de certains auteurs qui ont rapporté une infection parasitaire plus importante chez les garçons que chez les filles; c'est le cas de Basma en 2020 qui a trouvé 18,16% chez les garçons et 6,97% chez les filles. De même, Guellati et collaborateurs en 2020 ont noté que 18.48 % des sujets parasités étaient des garçons contre 7,57 % des filles. Belkadi et Boukert en 2015 ont trouvé dans leur étude que les sujets de sexe féminin étaient plus parasités que ceux de sexe masculin (36% contre 17 %). La prévalence des parasites intestinaux trouvés dans la présente étude est comparable à celle d'autres auteurs Burkinabè: 52,47 % (Karou, 2011), 54,7 % (Cissé, 2011), 60,82 % (Ouermi, 2012). Elle est supérieure à celle enregistrée par Dianou en 2004 (46,5%) et inférieure à celles rapportées par Sangaré en 2015 (65,3 %), Zida en 2014 (71,5 %), Kientega en 2015 (81,6%). Les

différentes prévalences enregistrées dans ces diverses études peuvent être attribuables à la zone d'étude. En effet, la prévalence des parasites intestinaux peut être différente selon que la zone soit rurale, urbaine, hydro agricole, humide, aride. Nos résultats sont en dessous de ceux rapportés par Kyambikwa au Congo en 2017 (91,4 %), mais supérieurs à ceux de Diouf en 2016 au Sénégal (45,5%), à ceux trouvés par Youness en 2018 (15,01 %) au Maroc et Benouis en 2012 (19,96%) à Oran (Kindo, 2022). Ces différentes prévalences enregistrées dans diverses études peuvent être attribuables au statut socioéconomique, aux conditions climatiques, à la population étudiée, à l'année au cours de laquelle ces enquêtes ont été menées et aussi à la politique sanitaire développée dans ces pays. Dans la présente étude, Les protozoaires étaient dominants. Ils représentaient 72,41% de l'ensemble des parasites isolés et le taux des helminthes était à 27,59 %. Cette différence pourrait être en relation avec les cycles biologiques qui sont plus rapides et simples chez les protozoaires et un peu lents, parfois complexes chez les helminthes. Les formes intermédiaires de nombreux helminthes sont obligées de séjourner dans le milieu extérieur avec des conditions environnementales parfois difficiles (milieu chaud et sec) pour leur maturité. La prédominance des protozoaires a été rapportée par Sangaré (2015), (Erismann, 2016). Cette forte prévalence des protozoaires intestinaux résulte du niveau élevé de contamination des eaux de boissons et des aliments par les matières fécales et la défaillance d'hygiène au sien de la population (Monjour et al., 1998). Ce travail révèle que le portage parasitaire n'est pas lié à l'âge. Toutes les tranches d'âge sont concernées par les parasites intestinaux. Néanmoins, la tranche d'âge la plus touchée est celle de 16 à 30 ans (64,15 %). Ceci pourrait être expliqué par le fait que cette tranche d'âge n'est pas incluse dans les traitements de masse antiparasitaire du ministère de la santé au Burkina Faso. Ce traitement de mase concerne surtout les enfants d'âge scolaire. Il a été établi par d'autres auteurs que l'exposition chronique des facteurs liés au manque d'hygiène entraine nécessairement des infections parasitaires (Séverine et al., 2017)

Des indicateurs nutritionnels ont été utilisés dans cette étude pour évaluer la malnutrition notamment le déficit pondéral, l'obésité et la surcharge pondérale. Cette étude a révélé une prévalence globale de 24,2 % pour le déficit pondéral. En 2021, une étude menée par le ministère de la santé du Burkina Faso a trouvé 17,5 % de déficit pondéral chez les enfants de 0 à 5 ans. Une étude menée par Savadogo et al. en 2014 en milieu scolaire à Ouagadougou et villages environnants a trouvé une insuffisance pondérale similaire de 20,1 % (Savadogo et al., 2014). Au Tchad en 2002, Beasley et al. ont trouvé une prévalence de 18,7 % pour le déficit pondéral (Beasley et al., 2002). Daboné et al. en 2008 et 2009 dans douze écoles de la ville de Ouagadougou ont décelé une prévalence du déficit pondéral de 13,7 %. La présente étude a révélé que 6,6% des sujets étaient atteints de surpoids/obésité. En 2009, Daboné et al. ont trouvé 2,3 % pour le même indicateur. Pour la présente étude, 69,2 % des sujets avaient un statut nutritionnel normal. L'enquête nutritionnelle nationale de 2021 au Burkina Faso a trouvé que 52% des enfants âgés de 0 à 5 ans avaient un statut nutritionnel normal. La crise alimentaire dans les pays en développement contribue à réduire l'accès à l'alimentation en qualité et en quantité particulièrement au niveau des populations vulnérables (Daboné et al., 2011). Dans la présente étude, parmi les sujets dénutris, 61,95 % sont parasités contre 57,79 % de parasités chez les personnes à statut nutritionnel normal et 56,0 % chez les sujets en situation de surpoids ou d'obésité. Les parasites intestinaux touchent la majorité de la population quel que soit le statut nutritionnel. Savadogo et collaborateurs en 2014 avaient trouvé à Yamtenga et à Koubri chez les enfants d'âge scolaire au Burkina Faso, une prévalence des sujets ayant à la fois un déficit pondéral et parasités plus élevée que ceux en état nutritionnel normal et parasités (91,2 % contre 72,1 % à Yamtenga; 84,2 % contre 71,7 % à Koubri). La même étude avait décelé la présence de la schistosomiase urinaire qui est un facteur de risque pour la survenue de l'anémie chez les enfants. Les parasites intestinaux peuvent reduire l'absorption intestinale des nutriments, occasionnent une perte de l'appétit et peuvent provoquer une anémie chez les sujets atteints (Stephenson et al., 1993; Kabateerine et al., 2006 et 2007, WHO; 2006 et 2010).

5 CONCLUSION

Le présent travail se veut être une évaluation de l'état nutritionnel et des parasitoses intestinales dans la commune rurale de Niou. Les paramètres anthropométriques ont été utilisés pour l'évaluation des différents statuts nutritionnels. Pour la coprologie parasitaire, des examens de selles ont permis d'établir les prévalences et l'intensité de l'infestation dans la zone de l'étude. La présente étude a montré la présence de la malnutrition sur toutes ses formes et des parasites intestinaux chez les sujets enquêtés. Toutes les tranches d'âge et les catégories sociodémographiques sont concernées aussi bien par la malnutrition (par défaut et par excès) que les parasitoses intestinales. Le sexe n'a pas été un facteur déterminant pour la survenue des différentes pathologies étudiées dans la zone. Il convient donc aux différents acteurs de la santé et du développement de prendre en charge et de manière indépendante les problèmes nutritionnels et ceux parasitaires afin d'atteindre les objectifs de bien-être des populations.

CONFLIT D'INTÉRÊT

Les auteurs déclarent qu'il n'y a aucun conflit d'intérêt pour cette publication

REMERCIEMENTS

Nous remercions le ministère de la santé du Burkina Faso et le personnel du laboratoire d'analyse médicale de Niou pour leur appui dans la collecte et l'analyse des échantillons de l'étude.

REFERENCES

[1] Beasley M., Brooker S., Ndinaromtan M., (2002). First nationwide survey of the health of schoolchildren in Tchad. *Trop. Med. int. Health* 7 (7): 625-630.
[2] Cissé, M., Coulibaly, S., Guiguemdé, R., (2011). Aspects épidémiologiques des parasitoses intestinales rapportées au Burkina Faso de 1997 à 2007. *Med Trop* 71, pp257–260.
[3] Daboné C., (2011). Le double fardeau de la malnutrition à l'âge scolaire en milieu urbain: Une étude au Burkina Faso. *Thèse de doctorat,* Université de Montréal, 284 p.
[4] Daboné C., Delisle H, Receveur O., (2011). Anthropometric status and perceived body size in schoolchildren findings in Ouagadougou, Burkina Faso. 4th FANUS (Abuja Nigeria), 12-13 September.
[5] Dianou D., J.N. Poda, l.G. Savadogo, (2004). Parasitoses intestinal es dans la zone du complexe hydroagricole du Sourou au Burkina Faso. *Vertigo,* 5 (2), 1-8.
[6] Food and Nutrition Technical Assistance Project, (2003). Guide de Mesure des Indicateurs Anthropométriques 104 p.
[7] INSD, (2000). Recensement général de la population et de l'habitat en Décembre 1996. INSD, 305 p.
[8] INSD, (2011). Institut National de la Statistique et de la Démographie. Annuaire statistique (Edition 2013), 420p.
[9] Kabatereine N. B., Brooker S., Koukounari A., (2007). Impact of a National Helminth Control Programme on infection and morbidity in Ugandan schoolchildren. *Bulletin of the World Health Organization* 200, 85: 91-99.
[10] Kabatereine N. B., Tukahebwa E., Kazibwe F., Namwangye H., Zaramba S., (2006). Progress towards countrywide control of schistosomiasis and soiltransmitted helminthiasis in Uganda. *Transactions of the Royal Society of Tropical Medicine and Hygiene* 100: 208–215.
[11] Karthe D., Traoré I., Reeh T., (2011). Le projet d´irrigation dans la Vallée du Sourou/Burkina Faso – Une condition de durabilité pour la sécurité alimentaire? Zentralblatt für Geologie und Paläontologie - Teil 1.
[12] Kientega, (2015). Parasitoses intestinales en milieu scolaire et détection de Giardia intestinalis par PCR en temps Réel au Burkina Faso, *Université Joseph KI ZERBO,* pp4-46.
[13] Kindo, (2022). Diversité et facteurs associés à la transmission des parasites gastro- intestinaux chez la population dans la commune rurale de Niou. Mémoire de Master, *Université Joseph KI ZERBO,* 68p.
[14] Knoblauch, A.M., Utzinger, J., Cissé, G., (2017). School Children's Intestinal Parasite and Nutritional Status One Year after Complementary School Garden, Nutrition, Water, Sanitation, and Hygiene Interventions in Burkina Faso. *Am. J. Trop. Med. Hyg*. 97, 904–913.
[15] Monjour, L, Noel, B; Bounkoungou B., (1998). L'utilisation d'une eau potable associée ou non à des mesures de protection de l'environnement apporte- t 'elle des bénéfices à la santé ou à l'état de santé des enfants en milieu péri urbain tropical ? Ouagadougou, Burkina Faso. *Eau agriculture et santé en milieu tropical,* 34 p.
[16] Ouermi, D., Karou, D.S., Ouattara, I., (2012). Prevalence of Intestinal Parasites at Saint-Camille Medical Center in Ouagadougou (Burkina Faso), 1991 to 2010. *Médecine Santé Trop*. 22 (1), 40–44.
[17] Parent G., Poda J. N., Zagré N. M., (1999). Les hydro-aménagements risquent-ils d'être néfastes pour la santé et l'état nutritionnel des populations en Afrique ? Revue de l'EIER *Sud sciences et technologies*: N°3- janvier 1999 14-20.
[18] Parent G., Poda J. N., Zagré N.M., (2002). Irrigation, santé et sécurité alimentaire en Afrique: quels liens? *Cahiers agriculture* 2002: 11 (1): 9-15.
[19] Parent Gérard, André Ouédraogo, (1997). Grands barrages, santé et nutrition en Afrique. Au-delà de la polémique. *Cahiers Santé,* 7, 417-422.
[20] Poda J. N, Mwanga J., Dianou D., Garba A., (2006). Les parasitoses qui minent les nouveaux pôles de développement au Burkina Faso: cas des schistosomoses et des géo-helminthes dans le complexe hydro agricole du Sourou. *Vertigo,* l7 (2): 1-7.
[21] Poda J. N. Traoré A., Sondo K.B., (2004). L'endémie bilharzienne au Burkina Faso. *Bull. Soc. Pathol. Exot.,* 97, 1, 47-52.
[22] Poda J. N., Wango S. P., Sorgho H., Dianou D., (2004). Evolution récente des schistosomoses dans le complexe hydroagricole du Sourou au Burkina Faso. *Bull. Soc. Pathol. Exot*. 97, 1, 15-18.

[23] Poda, J. N., (2007). Les maladies liées à l'eau dans le bassin de la Volta: état des lieux et perspectives. Volta Basin Focal Project Report No 4. IRD, Montpellier, France, and CPWF, Colombo, Sri Lanka, 87 p.
[24] Rapport Conseil Municipal, 2018. Plan communal de développement actualisé de la commune rurale de Niou (Rapport définitif), pp87.
[25] Rapport mondial sur la nutrition, (2021). Rapport d'un comité d'expert, 2021, 1-12.
[26] Sangaré, I., Bamba, S., Cissé, (2015). Prevalence of intestinal opportunistic parasites infections in the University hospital of Bobo-Dioulasso, Burkina Faso. Infect. Dis. Poverty 4, 32 p.
[27] Savadogo B., (2008). Contribution à la lutte contre les schistosomoses et autres parasotoses intestinales dans la réserve de biosphère de la mare aux hippopotames (Ouest de Burkina Faso: cas des élèves du collège d'enseigne-ment général de Balla, 2008. Mémoire de DESS, Université de Ouagadougou, 59 p.
[28] Savadogo B., (2011). Prévalence de la Vitamine A chez des adultes de la ville de Ouagadougou. Mémoire de DEA, Université de Ouagadougou, 2011, 54 p.
[29] Savadogo B, M. D. Bengaly2, H. Sorgho1, D. Zongo (2014). Statut nutritionnel et parasitoses (intestinales et urinaires) chez les enfants d'âge scolaire au Burkina Faso: cas des écoles de Yamtenga, Koubri et Daguilma. *Revue Sciences et Techniques/ Sciences de la santé,* Vol. 37, n°s 1 et 2 Janvier-décembre 2014.
[30] Séverine, E., Serge, D., Christian, S., (2017). School Children's Intestinal Parasite and Nutritional Status One Year after Complementary School Garden, Nutrition, Water, Sanitation, and Hygiene Interventions in Burkina Faso. *Am J Trop Med Hyg* 97, 904– 913.
[31] UNICEF, (2012). Evaluation du projet « Approvisionnement en Eau Potable, Assainissement de base et Hygiène dans les provinces du Ganzourgou et de la Gnagna, Burkina Faso – 2007 - 2010 ». Rapport final, Mai-2012, 113 p.
[32] Urbani C., Touré A., Hamed A.O., Albonico M., Kane I., Cheikna D., (1997). Parasitoses intestinales et schistosomiases dans la vallée du fleuve Sénégal en République Islamique de Mauritanie. *Médecine Tropicale,* 57, 157-160.
[33] WHO: WHO reference (2007). SPSS macro package, 2008.
[34] World Health Organization, (2010). Working to overcome the global impact of neglected tropical diseases, First WHO report on neglected tropical diseases. Geneva, 2010.
[35] Zida, A., Sangaré, I., Bamba, S., (2014). Intestinal parasites in prisoners in Ouagadougou (Burkina Faso). *Médecine Santé Trop*. 24, 383–387.
[36] Zongo D., Kabré B. G., Dayeri D., (2012). Étude comparative de la transmission de la schistosomiase (formes urinaire et intestinale) dans dix sites du Burkina Faso. *Médecine et Santé Tropicales* 22, 323-329.

International Journal of Innovation and Applied Studies
ISSN 2028-9324 Vol. 39 No. 2 Apr. 2023, pp. 760-765
© 2023 Innovative Space of Scientific Research Journals
http://www.ijias.issr-journals.org/

Connaissance et observance de la complétude du partogramme par les infirmières dans les maternités de Kisantu au Kongo-central, République Démocratique du Congo

[Knowledge and observance of partogram completeness by nurses in Kisantu maternity wards in Kongo-central, Democratic Republic of Congo]

K.K. Kena[1], N.B. Mukuna[2], N.J. Nsimba[1], and K.D. Muamba[2]

[1]Section des Sciences Infirmières, Institut Supérieur des Techniques Médicales ISTM Kisantu, RD Congo

[2]Faculté des Sciences de la Santé, Université Pédagogique Nationale UPN, RD Congo

Copyright © 2023 ISSR Journals. This is an open access article distributed under the ***Creative Commons Attribution License***, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

ABSTRACT: *Introduction:* The partograph is the particular tool for monitoring childbirth, maternal and newborn health when used correctly. The misuse of it and/or its absence constitutes a real danger for the parturient and the newborn.
Material and Method: Sixty-two (62) nurses in three health facilities in the city of Kisantu in the province of Kongo-central in the DR. Congo were followed in the maternities. The observational survey method in a cross-sectional quantitative approach was used. The results are presented as percentage and mean compliance and partogram completeness.
Results: It appears from this study that the population of respondents is made up only of registered nurses (24.2%), basic graduates (37.1%) and graduates (38.7%). Their professional seniority varies from 4 to 26 years; 50% opens the partograph when the parturient arrives; the average knowledge of the partogram is 20.3% and the consideration of the parameters of the partogram is 33%.
Conclusion: The observance and completeness of the partogram by nurses in the city of Kisantu is largely low compared to the prescriptions of the WHO and the ICM.

KEYWORDS: partograph, childbirth, knowledge, observance.

RESUME: *Introduction:* Le partogramme est l'outil particulier de suivi de l'accouchement, de la santé de la mère et du nouveau-né lorsqu'il est utilisé correctement. La mauvaise utilisation de celui-ci et/ou son absence constitue un danger réel pour la parturiente et le nouveau-né.
Matériel et Méthode: Soixante et deux (62) infirmières dans trois formations sanitaires de la cité de Kisantu dans la province du Kongo-central en RD. Congo ont été suivi dans les maternités. La méthode d'enquête par observation dans une approche quantitative transversale a été utilisée. Les résultats sont présentés en pourcentage et en moyenne d'observance et complétude du partogramme.
Résultats: Il ressort de cette étude que la population des enquêtées est constituée uniquement des infirmières brevetées (24,2 %), des diplômées de base (37,1 %) et des graduées (38,7 %). Leur ancienneté professionnelle varie de 4 à 26 ans; 50 % ouvre le partogramme à l'arrivé de la parturiente; la moyenne de connaissance du partogramme est de 20,3 % et la prise en compte des paramètres du partogramme est de 33 %.
Conclusion: L'observance et la complétude du partogramme par les infirmières dans la cité de Kisantu est largement faible par rapport aux prescrits de l'OMS et de l'ICM.

MOTS-CLEFS: partogramme, accouchement, connaissance, observance.

1 INTRODUCTION

Le partogramme est un enregistrement graphique des progrès du travail et des principales données sur l'état de la mère et du fœtus. Cet outil permet d'évaluer le pronostic de l'accouchement et d'en surveiller le déroulement. Il avertit le personnel de santé de tous les

problèmes pouvant survenir chez les mères ou les fœtus durant le travail d'accouchement. Il s'agit concrètement d'une représentation graphique qui, en décrivant les diverses étapes de la progression du travail, permet l'identification précoce des anomalies du travail et, au bout de compte, facilite la prise de décision et la communication entre le professionnel [1].

L'organisation Mondiale de la Santé (OMS) soutien qu'avec le concours du partogramme, le personnel de santé peut suivre la progression du travail et y inscrire le degré de dilatation ou d'ouverture du col utérin à des intervalles de quatre heures [1]. Ce faisant, il devient possible d'identifier les phases de travail qui progressent lentement.

L'OMS soutient également que le partogramme distingue la phase active: lorsque le travail normal est beaucoup plus rapide et la phase de latence du travail, c'est-à-dire lorsque le travail se fait lentement. Dans ce dernier cas, il peut être nécessaire d'accélérer le travail s'il n'y a pas des contre-indications à un accouchement par voie basse.

La surveillance des parturientes n'exige pas nécessairement l'emploi de machines spécialisées, mais demande une observation attentive du travail par le remplissage rigoureux du partogramme. Plusieurs auteurs ont remarqué que, dans la plupart des hôpitaux et centres de santé d'Afrique, les infirmiers (e) ne donnent plus d'importance au remplissage du partogramme [2].

Mis en œuvre depuis la deuxième moitié du 20ème siècle dans les pays développés, il est promu par l'OMS depuis 1988. L'objectif de l'utilisation du partogramme est de diminuer la mortalité maternelle et néonatale. Il présente un intérêt clinique, décisionnel, pédagogique et médico-légal.

Il est un bon reflet de la qualité de la prise en charge materno-fœtale. Il permet de réduire le risque de dystocie, de souffrance fœtale ainsi que d'autres complications de l'accouchement.

Faute de son utilisation, l'OMS estime que chaque jour 1600 femmes environ succombent dans le monde suites à des complications liées à la grossesse et à l'accouchement, soit un décès par minute; ce qui représente environ 600.000 décès maternels par an [3].

En 1988 l'Unité de Santé Maternelle et Infantile de l'OMS élabore un modèle reprenant les divers travaux principalement ceux de Friedmann et Phillpott, partogramme dont l'utilité est particulièrement prouvée dans les pays en développement [4]. Actuellement utilisé dans bon nombre de pays, le partogramme de l'OMS a été récemment modifié pour en simplifier l'utilisation.

Friedman a instauré le concept d'un partogramme décrivant graphiquement la dilation cervicale durant le travail [5]. Tandis que Philpott et al, ont développé le concept de Friedman [4], en faisant du partogramme un outil de surveillance du travail par l'ajout du graphique de ce qu'on appelle les lignes « d'action » et « d'alerte ».

Le partogramme actuel est destiné à surveiller non seulement la progression du travail, mais également l'état de santé de la mère et du fœtus. Il comporte différentes variables (le rythme cardiaque fœtal, les contractions et le pouls maternel), représentées sur un document pré - imprimé. Les tracés des données permettent aux professionnels de santé intervenants de dépister de façon précoce toutes les anomalies et d'aider à la prise de décisions en matière d'intervention directe ou de transfert. Il souhaite éviter les retards de diagnostics de disproportions foeto-pelviennes et d'inerties utérines principales causes de morbidité dans les pays du tiers-monde.

Une étude réalisée auprès de 3500 femmes ayant accouché dans les hôpitaux d'Indonésie, de Malaisie et de Thaïlande, avait montré que le partogramme permet de réduire la proportion des phases de travail trop longues, limiter l'augmentation de la durée du travail et réduire le nombre d'accouchement par césarienne [3].

L'étude similaire menée en Afrique Subsaharienne par le groupe inter institutionnel réuni pour l'initiative de maternité sansrisque [2], conclut que « le partogramme en tant qu'un témoin fidèle de l'évolution du travail et le support de transmission aide à la décision par la présentation visuelle des informations du travail à tout moment et partout entre les membres de l'équipe soignante.

En République du Congo (Brazzaville), le ratio de mortalité maternelle s'élève à 781 décès pour 100 000 naissances vivantes; alors que plus de 74 % des femmes enceintes bénéficient de plus de quatre consultations prénatales et 82% accouchent en présence d'un personnel de santé formé pour la prise en charge de la grossesse et de l'accouchement. Le taux de mortalité néonatale est de 33 décès pour 1000 naissances vivantes [6]. L'analyse de ces chiffres pose clairement le problème de la qualité de l'offre de service dans les maternités de ce pays. La plupart de ces décès maternels pourraient être évités, si les femmes avaient accès à des soins médicaux de qualité durant la grossesse (la consultation prénatale), l'accouchement (utilisation correcte du partogramme) et le post-partum (consultation post-natal). En réponse à cette situation, le Congo s'est doté d'une Feuille de Route Nationale pour accélérer la réduction de la mortalité maternelle, néonatale et infantile [7].

En République Démocratique du Congo (RDC), une étude menée par l'OMS avait démontré que le taux de césariennes et de mortalité materno-fœtalene cesse d'accroitre suite à la mauvaise qualité de la tenue du partogramme [8].

Pour sa mise en œuvre en République Démocratique du Congo, le Ministère en charge de la santé s'est engagé dans un processus de renforcement de capacité des infirmiers de santé en charge de suivi de la grossesse, de l'accouchement et des suites de couches. L'un des moyens efficaces de la surveillance du travail d'accouchement aussi bien dans les pays développés que dans les pays en développement est

l'utilisation du partogramme. Le partogramme étant un outil destiné à la surveillance et à la conduite du travail, il sert de « système d'alarme précoce » autorisant la mise en œuvre des mesures nécessaires.

Plusieurs modèles de partogramme sont utilisés en RDC; cependant, aucun d'eux n'est accompagné d'un guide d'utilisation; ce qui pourrait expliquer de nombreuses difficultés observées dans l'utilisation de ces outils dans les différentes maternités. Le Guide d'utilisation du partogramme se doit de contribuer au renforcement des capacités des cadres qui interviennent dans les maternités. Ce document devra être disponible dans toutes les structures sanitaires publiques et privées en charge de la santé de la mère et du nouveau-né. Les grandes lignes de la surveillance de travail d'accouchement guideront les prestataires de soins.

Le partogramme ne dispense pas d'un compte rendu de l'accouchement qui reste obligatoire (décret no 92329 du 30 mars 1992). Celui-ci sera d'autant plus détaillé qu'il y aura des complications (liquide teinté, extractions instrumentales, épisiotomie, césarienne réanimation de l'enfant) [9].

Une étude menée en Afrique subsaharienne, particulièrement en Afrique Centrale a démontré que les principales causes de la mauvaise utilisation de partogramme sont: le transfert précoce, la mort maternelle, l'incompétence de personnel de santé, l'enfant en souffrance fœtale et un travail prolongé. Toutefois, ces causes ne se trouvent pas chez une même femme: plus de 70% des parturientes sont dépourvues de ces complications.

Cette négligence qui réduit les possibilités de dialogues entre différentes équipes soignantes, a comme conséquence une prise de décision tardive qui fait courir le risque d'accouchement par voie haute et/ou la mort materno-fœtale.

On estime pour chaque femme qui meure qu'il y a plus de 20-30 autres qui souffrent de complications douloureuses, débilitantes liées au travail d'accouchement, à l'accouchement et aux suites de couches. Parmi les complications figurent entre autres: la rupture utérine, le prolapsus utérin; l'anémie et des fistules obstétricales.

Au regard de ces statistiques, les auteurs sont unanimes que l'utilisation correcte du partogramme peut contribuer significativement à la réduction des décès maternel, périnatal et néonatal.

Le constat fait ailleurs sur la faible et mauvaise utilisation du partogramme, ne fait pas exception aux maternités de la cité de Kisantu au Kongo-central (RDC). Nous avons observé durant les périodes d'encadrement professionnel des apprenants le manque d'uniformisation sur le remplissage du partogramme avec un nombre important des discordances quant aux éléments pouvant y figurés. Ceci met en doute les connaissances dont disposeraient ces professionnels de santé sur le partogramme ainsi que sa complétude d'où la nécessité de la présente étude.

2 MATERIEL ET METHODE

La présente étude est une recherche quantitative observationnelle effectuée dans la cité de Kisantu située à 120 km de la ville de Kinshasa dans la province du Kongo-central au Sud-Ouest de la RDC.

Trois centres de santé ont été sélectionnés sur base de l'importance de leur taux de fréquentation: Kandu 1, Kintanu 1 et Kintanu (Cerphytoco). La méthode d'enquête par questionnaire soutenue par la technique d'interview semi-structurée a été utilisée lors de la récolte des données sur les connaissances et observance de la complétude du partogramme.

L'instrument de récolte de données utilisé renfermer les informations relatives sur les caractéristiques socioprofessionnelles des enquêtés (1), les connaissances du partogramme (2), la complétude du partogramme par ses prestataires de soins (3), et la corrélation entre la complétude et le niveau de connaissance du partogramme (4).

Au total, 62 infirmières ont été interviewées et ont constitué à cet effet la taille de l'échantillon, dont 23 à Kandu1; 20 à Kintanu 1 et 19 à KintanuCerphytoco.

Les données de l'enquête ont été soumises à une vérification et une correction. Leurs analyses statistiques ont consisté dans la mesure du possible en la description des paramètres par le calcul des pourcentages et des moyennes.

3 RESULTATS

3.1 CARACTÉRISTIQUES DES ENQUÊTÉS

A travers nos analyses deux principales caractéristiques étaient retenues et sont supposées influencer les connaissances et le bon usage du partogramme: le niveau d'étude et l'ancienneté dans le service.

S'agissant du niveau d'étude, il ressort de nos analyses que 38,7 % de l'échantillon a un niveau universitaire de graduat; suivi des diplômés d'état en raison de 37,1 % et 24,2 % des infirmiers brevetés.

Quant à l'ancienneté dans le service, 73, 6% ont une ancienneté qui varie de 4 à 26 ans et 26,4 % leur ancienneté est comprise entre 27 à 49 ans.

3.2 OUVERTURE DU PARTOGRAMME

Tableau 1. Réponses des enquêtés sur le moment d'ouverture du partogramme

Moment d'ouverture du partogramme	Effectif	Pourcentage
A l'arrivée de la parturiente	31	50
Après l'accouchement	11	18
Dilatation à 4 cm	20	32
Total	62	100

Il résulte des données ci-dessus que la moitié des infirmières interrogées, soit 50% ouvrent le partogramme à l'arrivée de la parturiente.

Tableau 2. Répartition des infirmières en rapport avec comment faites-vous pour compléter le partogramme et pourquoi

Comment compléter le partogramme	Effectif	Pourcentage
Après accouchement	43	69.4
A la fin de la journée	10	16,1
Après la consultation	4	6.4
On le complète pendant la consultation	5	8.1
Total	62	100

Au regard de ce tableau, il ressort que 69,4% de nos infirmières complètent le partogramme après l'accouchement, 16,1% à la fin de la journée, 8,1% complètent pendant la consultation et 6,4% après la consultation.

3.3 CONNAISSANCE DU PARTOGRAMME

Tableau 3. Connaissance des paramètres du partogramme

Paramètres	Effectif attendu	Effectif observé	Pourcentage
Signes vitaux	62	24	39
Dilatation et effacement	62	27	44
Contraction utérine	62	16	26
Comportement de la parturiente	62	3	5
Toucher vaginal	62	17	27
Bruit du Cœur Fœtal	62	7	14
Hauteur Utérine	62	2	3
Engagement et effacement	62	5	8
Moyenne globale	62	12,6	20,3

Selon la connaissance des paramètres observés sur le partogramme, 44% des enquêtées parlent de la dilatation et effacement, 26% de contractions utérines, 27% de toucher vaginal, 14 % de BCF et 8% de l'engagement et effacement.

3.4 PRISE EN COMPTE DES PARAMÈTRES DU PARTOGRAMME

Tableau 4. Raisons de prise en compte des paramètres par les infirmières

Raisons de prise en compte des paramètres	Effectif attendu	Effectif observé	Pourcentage
Pour assurer un bon déroulement de l'accouchement	62	26	42
Pour prévenir les anomalies	62	23	37
Pour éviter les complications	62	13	21
Pour connaitre l'état de santé de la mère et enfant	62	20	32
Moyenne globale	62	20,5	33

Les motifs de prise en compte du partogramme sont diversifiés dans ce tableau: 42% pour assurer un bon déroulement de l'accouchement; 37% pour prévenir les anomalies, 32% pour connaitre l'état de santé de la mère et de l'enfant et 21 % pour éviter les complications à l'accouchement.

4 DISCUSSION

La présente étude sur la complétude du partogramme a été réalisée chez les infirmières dont 38,7% ont un niveau d'étude universitaire du premier cycle (gradué), 37,1 % des infirmières de l'école de base et, 24,2 % des infirmières brevetées. Nous signalons que dans cette population d'étude les sages-femmes n'ont pas été rencontrées dans ces FOSA.

Selon la Confédération Internationale des Sages-femmes (ICM), le personnel qualifié pour travailler dans la lutte contre le décès maternel dans la salle d'accouchement est la sage-femme du niveau universitaire [10].

Selon l'ancienneté dans le service, 73,6% sont entre 4 à 26 ans dans le service. Bien que cette ancienneté soit de longues années, elle n'a pas influencé un rôle capital dans le remplissage du partogramme. Or, l'ancienneté joue un rôle dans la correction de l'acte à poser, et partant de nombre d'erreurs commises, la pratique s'améliore d'elle-même de façon automatique (selon le principe d'essai et erreur). Dans le même ordre d'idée plus l'ancienneté est prolongée et que l'infirmier ne subit pas une remise à niveau, il risque de tomber dans la route [11].

Kaswera, R, estime que, le partogramme est le document de la sage-femme qui permet de déceler la dystocie et oriente à la prise de décision lors du travail d'accouchement [8]. Cette attitude est à décourager parce qu'elle dénote une négligence de la part des infirmières enquêtées. Le partogramme est un outil nécessaire permettant d'assurer le suivi d'un travail d'accouchement et reste le seul instrument indispensable de la lutte contre le décès maternel survenant au moment d'accouchement [3]. Nous estimons que, l'utilisation du partogramme dans la surveillance d'un travail d'accouchement oriente la prise de décision sur l'issue de l'accouchement.

La présente étude a révélé que 69,4 % des infirmières complètent le partogramme après l'accouchement; 16,1 % à la fin de la journée; 8,1 % complètent pendant la consultation et 6,4 % après la consultation. Et pourtant, 85% des infirmiers reconnaissent que le partogramme est très important pour le bien-être de la mère et du fœtus contre 15% qui n'ont pas reconnu.

L'utilisation des outils d'aide à la décision telle que le partogramme et les protocoles de soins facilitent une standardisation des pratiques et une amélioration du pronostic sur les femmes en améliorant la qualité des soins fournis.

Le partogramme (appelé aussi pantographe) est un outil clé pour le suivi de l'évolution du travail d'accouchement. Il reste le seul instrument idéal dans des situations où les ressources sont limitées et /ou 99 % des décès maternels et néonatals se produisent. Il aide les cliniciens à mieux communiquer entre eux, dans les formations sanitaires (FOSA) souvent en manque de personnel [12].

Du point de vue connaissance des paramètres observés sur le partogramme, 44 % ont parlé de dilatation et effacement, 26 % de la contraction utérine, 27 % de toucher vaginal, 14 % du BCF et 8 % de l'engagement et effacement.

A cet effet Walraven J, recommande de surveiller la mère, le fœtus et les annexes lors du travail d'accouchement en vue de déceler les dystocies qui peuvent survenir [13]. Pour sa part Zongo A, a trouvé une diminution de taux de décès maternel qui est passé de 131 à 106.6 pour 100.000 naissances vivantes de 1988 à 1994 suite à l'usage du partogramme [14].

De même Batunganaya C. et Col font mention d'une diminution significative de la fréquence de la souffrance fœtale qui est passé de 74 à 41 pour 1000 naissances vivantes de 1990 à 1992. Selon la même étude, le taux de mortinaissance a diminué de 65 à 32 pour 1000 naissances vivantes [15].

Depuis 2009, l'OMS, a recommandé que le partogramme soit utilisé à large échelle dans les régions à ressources limitées parce qu'il est pratique, abordable et donne de bons résultats quand il est utilisé correctement. Néanmoins, malgré la promotion du partogramme depuis

des décennies, les études montrent que son utilisation est beaucoup plus exception que routine. La plupart des prestataires ont des barrières sur l'utilisation du partogramme. D'autres par contre, n'ont pas de connaissances suffisantes sur son utilisation.

Les résultats de nos analyses ne corroborent pas avec l'idée de l'OMS quant aux motifs d'utilisation du partogramme par les enquêtés: 42 % pour assurer un bon déroulement de l'accouchement; 37 % pour prévenir les anomalies, 32 % pour connaitre l'état de santé de la mère et de l'enfant et 21 % pour éviter les complications à l'accouchement. La moyenne observée est de 12,6 %.

Cette situation est similaire aux études réalisées ailleurs. L'étude réalisée au Gabon, à l'HGR de Libre ville par Gueye Baba, sur les facteurs des accouchements dystociques révèle que, le travail d'accouchement à l'aide du partogramme n'était pas correctement suivi par les prestataires [16].

Nous pensons que, le partogramme actuel dans ses différentes variables (le rythme cardiaque fœtal, la dilatation cervicale, les contractions et le pouls maternel), est destiné à surveiller non seulement la progression du travail, mais également l'état de santé de la mère et du fœtus pendant le travail. Il permet au professionnel de santé intervenant de dépister de façon précoce toute anomalie et d'aider à une prise de décision en matière d'intervention directe ou de référence.

Contrairement à cette logique, la présente étude fait état d'une moyenne observée de 20,5 % en ce qui concerne les raisons de prise en compte du partogramme chez les enquêtées. Pourcentage largement inférieur à la norme de l'OMS située à 99 %.

5 CONCLUSION

L'observance et la complétude du partogramme durant le travail d'accouchement est l'un des critères d'un accouchement assisté de qualité sur lequel l'OMS et l'ICM ont focalisé leur politique de réduction de décès maternel, périnatal et néonatal. Dans les formations sanitaires de la cité de Kisantu où nous avons réalisé cette étude, le partogramme est connu par les infirmières à moyenne à 12,6 % et les raisons de son utilisation s'élèvent à 20,5 %. D'où la nécessité d'une formation de remise à niveau de tout le personnel qui travaille au chevet des parturientes.

REFERENCES

[1] Organisation mondiale de la santé, Fonds des Nations Unies pour l'enfance, Fonds des Nations unies pour la population, Banque internationale pour la reconstruction et le développement. *Mortalité-maternelle en 2006,* Genève.

[2] Organisation Panaméricaine de la Santé. 2018. Google Scholar; *Stop mortalité, réfléchissons, accoucher et naitre au XXI^{ème} siècle,* Genève.

[3] Organisation Mondiale de la Santé, Mortalité maternelle: soustraire les femmes de l'engrenage fatal. OMS, 1986, Genève.

[4] Philpott *Obstétrique mon art,* Genève, 1ère édition 1972.

[5] Friedman EA, 1954: *The graphic analysis of labor,* AM ObstGynecol.

[6] Lassana Diakite, Partogramme et pathologie dans la surveillance du travail d'accouchement à la maternité du centre de sante de référence de la commune IV, 2008.

[7] Ministère de la Santé, des Affaires Sociales et de la Famille, Feuille de route nationale pour accélérer la réduction de la mortalité maternelle, néonatale et infantile. République du Congo, 2008, Brazzaville.

[8] Kaswera, R, Cours d'obstétrique à l'usage des étudiants de première licence Sage-femme, 2019, Kinshasa.

[9] Décret n° 92329 du 30 mars 1992 sur la maternité sans risque en RDC.

[10] Samba L Mariko, Contribution à l'étude de la mortalité féminine liée à la grossesse et à l'accouchement dans les centres de santé de cercle de la 41ème région. Thèse médecine. 1992; N°154. 8- Koné A.

[11] Omanyondo O., et Bolombe, G., Cours d'obstétrique à l'usage des étudiants de première année de graduat Sage-femme, 2019, ISTM Kinshasa.

[12] Lansac J, Carbonne B, Pierre F. Le partogramme: un outil toujours actuel pour évaluer la qualité des soins en obstétrique. J Gynécologie Obstétrique BiolReprod. 2007; 36: 2-14.

[13] Walraven J, Kyelem D, Bastert G, Utz B, Lankoande J. *Introduction of a simplified round partogram in rural maternity units*: Seno province, Burkina Faso, West Africa. Trop Doct 1998; 28: 146-152.

[14] Zongo A, Traoré M, Faye A, Gueye M, Fournier P, Dumont A. Obstetric care in Mali: *effect of organization on in-hospital maternal* mortality. Rev.

[15] Batungwanayo C.; Dujardin B.; QuestauxG.; Dusabemaria B. *Résultat de l'introduction du partogramme à l'hôpital de Kabgayi* (Rwanda) Médecine d'Afrique Noire 1995 PP 628-635.

[16] Gueye B. Evaluation de l'utilisation du partogramme au Centre de Santé de Référence de la commune V du District de Bamako. Université de Bamako, 2010.

International Journal of Innovation and Applied Studies
ISSN 2028-9324 Vol. 39 No. 2 Apr. 2023, pp. 766-777
© 2023 Innovative Space of Scientific Research Journals
http://www.ijias.issr-journals.org/

Dynamique temporelle des infestations naturelles des hétéroptères aquatiques par *Mycobacterium ulcerans* dans deux districts sanitaires à endémicité différente à l'ulcère de Buruli, au Sud de la Côte d'Ivoire

[Temporal dynamics of natural infestations of aquatic Heteroptera by Mycobacterium ulcerans in two health districts with different endemicity to Buruli ulcer, in southern Côte d'Ivoire]

Allali Kouadio Bernard[1], Konan Kouassi Lambert[1], Coulibaly Zankoungo Ibrahima[1], Dosso Mireille[2], and N'Goran Kouakou Eliézer[3]

[1]Department Environnement et Santé, Institut Pasteur de Côte d'Ivoire, 01 BP 490 Abidjan, Côte d'Ivoire

[2]Département Bactériologie Virologie, UFR Sciences médicales, Université Félix Houphouët-Boigny, 22 BP 1106, Abidjan, Côte d'Ivoire

[3]Laboratoire de Biologie et Santé, UFR Biosciences, Université Félix Houphouët-Boigny, 22 BP 582 Abidjan, Côte d'Ivoire

Copyright © 2023 ISSR Journals. This is an open access article distributed under the ***Creative Commons Attribution License***, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

ABSTRACT: Buruli ulcer (BU) is a human infection caused by Mycobacterium ulcerans. This disease currently occurs in 33 countries with tropical, subtropical and temperate climates in the Americas, Asia, the Western Pacific and Africa. In Côte d'Ivoire, the endemic foci of BU are distributed in the central, central-western, western, south-western and north-eastern regions. Our study was to examine insects likely to carry Mycobacterium ulcerans. Aquatic Heteroptera were therefore collected from ponds and identified. They were then tested for Mycobacterium ulcerans by real-time PCR using a set of primers and probes targeting the IS2404 gene. Thirty-six (36) species of aquatic insects belonging to nine families and 21 genera have been identified. The Naucoridae family has the largest number of species (nine species) or 25%. Real-time PCR tests carried out on monospecific batches (345 batches) revealed 18 positive batches, i.e. 5.22%. Sokrogbo and Vieil Alkodj localities respectively recorded prevalences of 7.62 (16 positive lots out of 210 lots in total) and 1.48% (2 positive lots out of 135 in total). The improvement of our knowledge on the natural infestation of the Heteroptera studied as well as the human presence in the ponds of Vieil Aklodj and Sokrogbo allow us to better understand the risk of contracting Buruli ulcer.

KEYWORDS: Aquatic heteroptera, *Mycobacterium ulcerans,* Buruli ulcer, Côte d'Ivoire.

RESUME: L'Ulcère de Buruli (UB) est une infection humaine causée par Mycobacterium ulcerans. Cette maladie sévit à ce jour, dans 33 pays au climat tropical, subtropical et tempéré des Amériques, d'Asie, du Pacifique occidental et d'Afrique. En Côte d'Ivoire, les foyers endémiques de l'UB se répartissent dans les régions du centre, centre-ouest, de l'ouest, du sud-ouest et du nord-est. Notre étude consistait à examiner les insectes susceptibles de porter Mycobacterium ulcerans. Les hétéroptères aquatiques ont donc été récoltés dans des mares et identifiés. Ensuite ils ont été testés pour la recherche de Mycobacterium ulcerans par PCR en temps réelle en utilisant un jeu d'amorce et sonde ciblant le gène IS2404. Trente-six (36) espèces d'insectes aquatiques appartenant à neuf familles et 21 genres ont été identifiées. La famille des Naucoridae compte le plus grand nombre d'espèce (neuf espèces) soit 25%. Les tests PCR en temps réel réalisés à partir des lots monospécifiques (345 lots) a révélé 18 lots positifs soit 5,22%. La localité Sokrogbo et Vieil Alkodj ont enregistré respectivement des prévalences de 7,62 (16 lots positifs sur 210 lots au total) et 1,48% (2 lots positifs sur 135 au total). L'amélioration de nos connaissances sur l'infestation naturelle des hétéroptères étudiés ainsi que la présence humaine dans les mares de Vieil Aklodj et Sokrogbo permettent de mieux appréhender le risque de contracter l'ulcère de Buruli.

MOTS-CLEFS: Hétéroptères aquatiques, *Mycobacterium ulcerans,* ulcère de Buruli, Cote d'Ivoire.

1 INTRODUCTION

L'Ulcère de Buruli (UB) est une infection épidermique chez les humaines. Elle est causée par la bactérie *Mycobacterium ulcerans* [1]. Cette maladie sévit à ce jour, dans 33 pays au climat tropical, subtropical et tempéré des Amériques, d'Asie, du Pacifique occidental et d'Afrique [2]. Cependant, la plus grande charge de morbidité est toujours présente dans les zones rurales à faible revenu d'Afrique de l'Ouest et du Centre, où 1 750 nouveaux cas ont été notifiés par l'OMS en 2017 [3]. En Côte d'Ivoire, les foyers endémiques de l'UB sont multiples depuis sa première

observation en 1978 [4]. Selon Kangah *et al.* [5], ces foyers se répartissent dans les régions du Centre (Taabo, Yamoussoukro, Tiébissou et Bouaké), du Centre-Ouest (Daloa, Zoukougbeu), de l'Ouest (Zouan-Hounien, Danané, Man), du Sud-Ouest (San-Pedro) et du Nord-Est (Tanda). Malgré cette distribution des cas en Côte d'Ivoire, le mode exact de transmission de la maladie et le (s) réservoir (s) environnemental (aux) de *M. ulcerans* dans ce pays restent à élucider [3]. Cependant, le principal facteur de risque semble être la proximité d'eau à faible débit ou stagnante [6]. Deux voies potentielles d'infestation par *M. ulcerans* ont été décrites: l'ingestion ou l'inhalation de bactéries en aérosol et la pénétration par des lésions cutanées d'un environnement contaminé (par exemple, le sol, l'eau, la végétation, les insectes vecteurs) [7]. Certaines sources de données suggèrent que les insectes aquatiques piqueurs (ordre des Hemiptera) vivant dans les mares et les cours d'eau peuvent agir comme vecteurs (porteurs) de *M. ulcerans* [8], [9]. Notre étude a consisté à examiner les insectes susceptibles de porter cette bactérie.

2 MATERIEL ET METHODES

2.1 PRESENTATION DE LA ZONE D'ETUDE

Les échantillons d'insectes aquatiques utilisés dans le cadre de ce travail, ont été collectés à Sokrogbo dans le district sanitaire de Tiassalé et à Vieil Aklodj dans le district Sanitaire de Dabou (Figure 1). La sélection des sites d'étude a été faite avec l'appui du Programme National de Lutte Contre l'Ulcère de Buruli de Côte d'Ivoire. Les données relatives au nombre de cas d'Ulcère de Buruli enregistrés dans les établissements de prise en charge dans les différents districts sanitaires de la Côte d'Ivoire, pour les années 2014 et 2015, ont donc été fournies par ce programme. Sokrogbo et Vieil Aklodj situés respectivement dans les districts de Tiassalé et Dabou, dans le sud de la Côte d'Ivoire, sont des localités présentant un taux d'endémicité différent d'ulcère de Buruli. L'incidence et la prévalence sont élevées à Tiassalé, alors que dans le district sanitaire de Dabou, contigu à celui de Tiassalé; à climat égal, très peu de cas sont notifiés

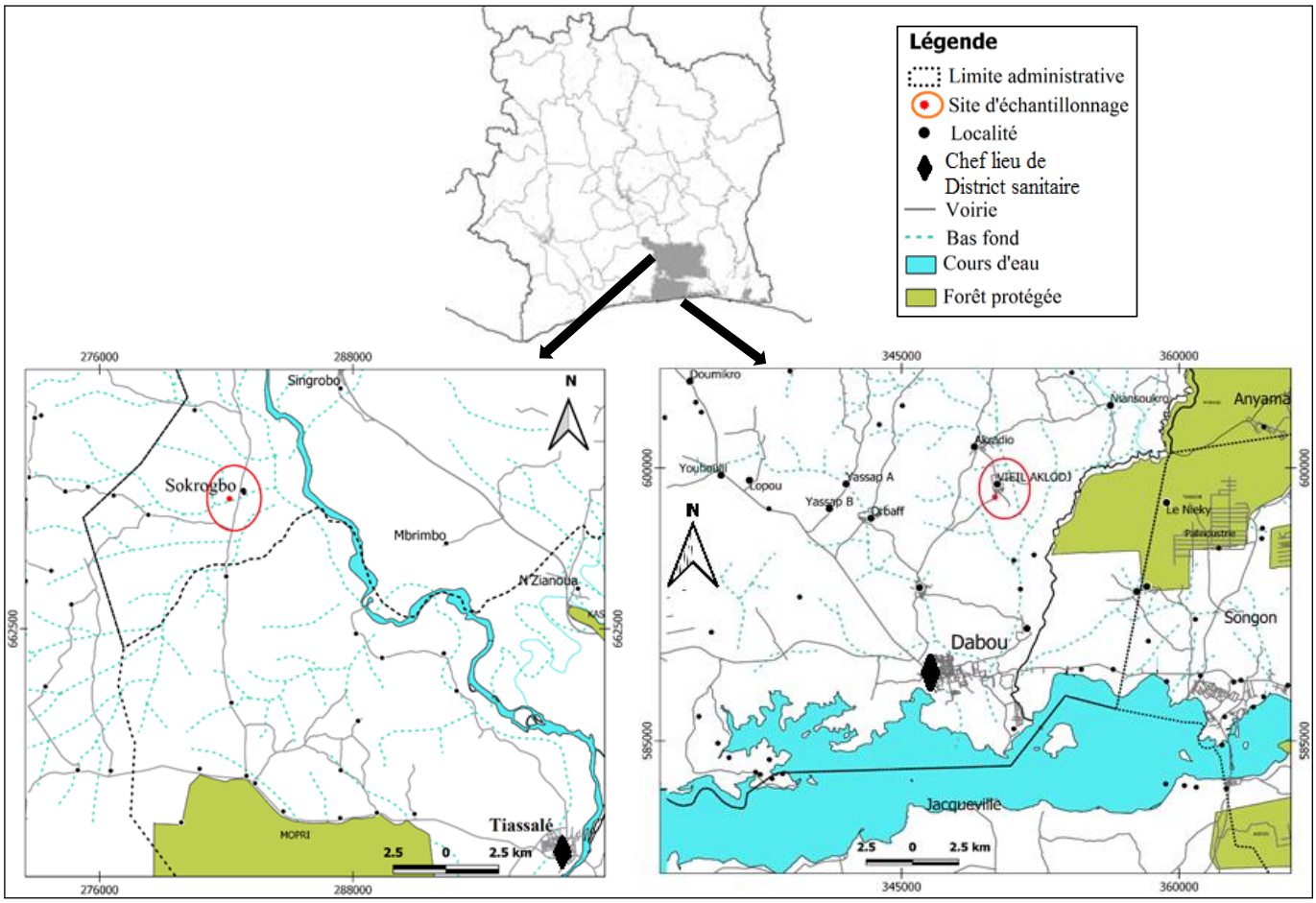


Fig. 1. Localisation de la zone d'étude

2.2 METHODOLOGIE D'ETUDE

2.2.1 ECHANTILLONNAGE, PRÉLÈVEMENT, IDENTIFICATION ET BROYAGE CONSERVATION

Les insectes ont été collectés de janvier à décembre 2016, à l'aide d'un filet épuisette de type Troubleau, dont les caractéristiques sont les suivantes: mailles de 2 mm, un cadre à ouverture carrée de 30 cm de côté, fixé à un manche en bois plastifié ou en fer dont la longueur varie entre 100 à 150 cm. Le filet en polyester a une profondeur de 48 cm. Pour ce qui est de l'identification et le dénombrement des spécimens, le contenu de chaque pot a été déversé dans un bac émaillé à fond blanc. Ensuite les caractéristiques recherchées étaient les appendices externes tels que les antennes, la longueur du rostre, la forme des pattes antérieures, médianes et postérieures, les hémélytres et la forme du corps. Ainsi, ces caractéristiques ont permis à tous les spécimens d'être identifiés à l'aide des guides de références notamment ceux de Poisson [10] et [11]. Après identification des insectes, des lots monospécifiques de 1 à 10 spécimens pour les insectes de grande taille (15 à 100 mm) et 50 spécimens pour les espèces de petite taille (1 à 4 mm) ont été constitués et conservés dans des tubes de flacon contenant de l'alcool à 70%. Sous une hotte de marque ICN Gelaire, les Hétéroptères ont été broyés dans 2 ml de soude à 50 mM stérile à l'aide d'un mortier et d'un pilon. Après le broyage, 1 ml de la suspension obtenue est transféré à l'aide d'une micropipette dans un microtube (Eppendorf) stérile de 2 ml portant le numéro de lot (avec un marqueur indélébile).

2.2.2 EXTRACTION ET AMPLIFICATION DE L'ACIDE NUCLÉIQUE

L'extraction de l'ADN des homogénats des lots d'Hétéroptères aquatiques a été effectuée à l'aide du QIAGEN (QIAamp DNA mini kit) conformément aux instructions du fabricant. En ce qui concerne la détection moléculaire, elle a été réalisée par la PCR en temps réel ciblant le gène *IS2404* de *Mycobacterium ulcerans*. Les tests PCR ont été effectués dans un thermocycleur 7500 d'Applied biosystems en utilisant le programme d'amplification suivant: un cycle de 2 min à 50°C, puis d'une dénaturation initiale de 5 min à 95°C, suivi 35 cycles de 15 secondes à 95°C et 1 min à 60°C.

2.2.3 ANALYSE STATISTIQUE

Le test de Shapiro-Wilk (W) au seuil de significativité 5% soit une plus-value $p < 0,05$ a été effectuée pour vérifier la normalité des données à posteriori. Les tests univariés utilisés sont de deux types. Les tests non paramétriques et les tests paramétriques. Pour les tests non paramétriques, le test de Kruskal-Wallis et le test de comparaisons multiples des rangs, ainsi que le test U de Mann-Whitney ont permis de mesurer le degré de variabilité des richesses spécifiques, des abondances des hétéroptères aquatiques selon les sites, les mois, les saisons et les lots récoltés. Les tests paramétriques utilisés sont l'analyse de variance à un facteur (ANOVA 1) et le test t de Student pour apprécier le degré de variabilité de la richesse spécifique et de l'abondance des hétéroptères aquatiques selon les sites, les mois, les saisons et les lots récoltés. Le test du coefficient de corrélation de rangs (r) de Spearman traduisant le degré de liaison entre deux variables a été utilisé pour tester la corrélation entre les paramètres physico-chimiques des mares étudiées, la richesse spécifique et l'abondance des hétéroptères aquatiques. Le logiciel STATISTICA 7.1 a été utilisé pour ces analyses.

3 RESULTATS ET DISCUSSION

3.1 DIVERSITÉ DU PEUPLEMENT DES HÉTÉROPTÈRES DE LA ZONE D'ÉTUDE

L'investigation des deux mares a permis d'identifier 36 espèces d'insectes aquatiques appartenant à neuf familles et 21 genres (Tableau 1). La famille des Naucoridae (Figure 2) compte le plus grand nombre d'espèce (neuf espèces) soit 25%, elle est suivie des familles des Belostomatidae et des Nepidae qui comptabilisent cinq espèces (13,89 %) chacune. Les familles des Pleidae et des Veleidae ont moins d'espèces et sont représentées par une espèce (2,78 %) chacune. La composition spécifique de Sokrogbo et de Viel Aklodj diffère avec respectivement 33 et 25 espèces.

A Sokrogbo, 33 espèces d'insectes aquatiques reparties dans neuf familles et 21 genres (Tableau 1) ont été recensées. En considérant le nombre d'espèces par famille, dans cette localité, les Naucoridae ont un plus grand nombre d'espèces (neuf espèces), suivie des Belostomatidae (Figure 3). Les Gerridae (deux espèces), les Pleidae et les Veleidae (une espèce chacune) ont le plus petit nombre d'espèces. Aussi, le nombre d'espèces par famille diffère significativement à Sokrogbo (Test de Kruskal-Wallis: $H((8, N= 64) =16,32688$; $p = 0,037$).

Viel Aklodj regorge 25 espèces de neuf familles et 15 genres (Tableau 1). Les Naucoridae avec six espèces et les Nepidae avec cinq espèces, sont les mieux représentées du peuplement dans cette localité; les familles des Pleidae, Ranatridae et Veleidae (une espèce chacune) ont moins d'espèces d'insectes aquatiques. Cette différence de nombre d'espèces est significative selon les familles (Test de Kruskal-Wallis: $H (8, N= 55) = 24,43170$; $p = 0,001$).

Tableau 1. Liste taxonomique des Hétéroptère échantillonnés dans les marres des localités étudiées

Familles	Genres	Espèces	Sokrogbo	Vieil Aklodj
Naucoridae	*Heleocoris*	*Heleocoris breviceps*	X	X
		Heleocoris sp	X	X
	Laccocoris	*Laccocoris* sp	X	
	Macrocoris	*Macrocoris laticollis*	X	X
		Macrocoris flavicollis	X	X
	Naucoris	*Naucoris maculatus*	X	
		Naucoris laticolis	X	
		Naucoris sp	X	X
	Neomacrocoris	*Neomacrocoris sp*	X	X
Belostomatidae	*Diplonychus*	*Diplonychus annulata*	X	
		Diplonychus nepoides	X	X
		Diplonychus sp	X	X
	Belostoma	*Belostoma cordofana*	X	
	Lethocerus	*Lethocerus* sp	X	
Nepidae	*Laccotrephes*	*Laccotrephes ater*	X	X
		Laccotrephes brachialis	X	X
		Laccotrephes ruber	X	X
		Laccotrephes sp	X	X
		Laccotrephes fabricii		X
Notonectidae	*Anisops*	*Anisops sardea*	X	X
		Anisops stali	X	
		Anisops sp	X	X
	Sigara	*Sigara sp*	X	X
Corixidae	*Stenocorisea*	*Stenocorisea protrusa*	X	
	Micronecta	*Micronecta scutellaris*	X	X
		Micronecta sp	X	X
	Sigara	*Sigara* sp	X	
Gerridae	*Eurymatra*	*Eurymatra sp*	X	X
	Limnogonus	*Limnogonus chopardi*	X	
		Limnogonus sp	X	X
	Rhogardotarsus	*Rhogardotarsus hutchinsoni*	X	X
Ranatridae	*Ranatra*	*Ranatra fusca*	X	
		Ranatra sp		X
	Cercotmetus	*Cercotmetus sp*		X
Pleidae	*Plea*	*Plea pullula*	X	X
Veleidae	*Microvelia*	*Microvelia sp*	X	X

X: présence de l'espèce dans la localité correspondante

3.2 CARACTÉRISTIQUES DES LOTS MONOSPÉCIFIQUES CONSTITUÉS

Au total 345 lots monospécifiques dont 135 (39,13%) à Vieil Aklodj et 210 (60,87%) à Sokrogbo ont été constitués au cours des collectes d'Hétéroptères aquatiques dans les deux mares (Tableau 2). Les lots constitués à Sokrogbo sont significativement supérieurs à ceux collectés à Vieil Aklodj (Test t de de Student: t = -2,397; ddl = 22; p = 0,025). En considérant les espèces, *Micronecta scutellaris* (66 lots; 19,13%) et *Diplonychus nepoides* (52 lots; 15,07%) ont les lots les mieux représentés. Elles sont suivies de *Ranatra fusca* (36 lots; 8,28%) et de *Diplonychus sp* (31 lots; 57,13%). Aucune différence significative n'a été constaté entre les lots selon les espèces (Test de Kruskal-Wallis: H (35, N= 72) =18,43544; p = 0,990). Les mois de mai et novembre enregistrent le plus grand nombre de lots 41 (9,42%). Ils sont suivis de janvier (34 lots; 7,82%), juin (30 lots; 7,0%), octobre (36 lots; 8,28%) et décembre (35 lots; 8,05). Les mois les moins prolifiques en lots monospécifiques d'hétéroptères aquatiques étaient mars (9 lots; 2,07%) et avril (12 lots; 2,76%) (Figure 4). Toutefois, les lots constitués au cours des mois n'ont pas varié significativement (SC = 575,125; ddl = 11; MC = 52,28; F = 1,127; p = 0,417). Par ailleurs, 121 lots (35,07%) ont été constitués à la saison sèche et 224 (64,93%) lots à la saison pluvieuse avec une différence non significative (Test t de de Student: t = 1,326; ddl = 22; p = 0,198). A Sokrogbo, les 210 Hétéroptères aquatiques collectés ont été regroupé en 33 espèces dont *M. scutellaris* (44 lots; 20,95%) a été l'espèce la plus abondante, suivie de *R. fusca* (21 lots; 10,0%) et de *D. nepoides* (20 lots; 9,52%). Toutefois, le nombre de lots constitués ne varie pas significativement d'une espèce à une autre (Test de Kruskal-Wallis: H (35, N= 36) =35,0; p =0,468). En considérant le nombre de lots constitués au cours des mois, les mois mars et d'avril ont produit le plus faible nombre de lots avec 3 lots chacun (1,43%) (Figure 5). Par contre le mois de

novembre a enregistré le plus grand nombre de lots avec 30 lots (14,29%). Toutefois, le nombre de lots selon le mois n'a pas varié significativement aux cours des sessions de récolte (Test de Kruskal-Wallis: H (11, N = 102) = 17,47466; p = 0,094). Au total, 135 lots monospécifiques ont été constitués. Ces lots ont été regroupés en 25 espèces en tout, dont *Diplonychus nepoides* est l'espèce la plus abondante avec 32 lots (23,70%). Cette espèce est suivie de *M. scutellaris* (22 lots, 16,30%), de *Diplonychus sp* (20 lots; 14,81%), de *Ranata fusca* (15 lots; 11,11%) et *Laccotrephes ater* (12 lots; 8,89%). Toutefois le nombre de lots selon les espèces ne diffère pas significativement (Test de Kruskal-Wallis: H (35, N= 36) =35,00000; p =0,468). Le mois de février a enregistré le plus faible nombre de lots (5 lots; 3,70%), alors que le mois de janvier a eu la plus importante valeur de lots constitués avec 16 lots (11,85%) (Figure 6). Mais le nombre de lots constitués selon les mois n'a pas varié significativement (Test de Kruskal-Wallis: H (11, N = 78) =6,075141; p = 0,868).

3.3 TAUX D'INFESTATION NATURELLE DES HÉTÉROPTÈRES AQUATIQUES PAR M. ULCERANS

Les tests PCR (Figure 7) en temps réel réalisés à partir des lots monospécifiques (345 lots) constitués a révélé 18 lots positifs (5,22%). Les analyses de variances indiquent une différence significative entre les lots positifs et les lots négatifs constitués pendant les sessions de collecte (Test U de Mann-Whitney: U = 82,5; Z = 6,368; p < 0,0001).

Tableau 2. Proportion des lots monospécifiques infectés par M. ulcerans dans les deux localités investiguées

	Sokrogbo		Vieil Aklodj		Global	
Espèces	**N (%)**	**n (%)**	**N (%)**	**n (%)**	**N (%)**	**n (%)**
Heleocoris breviceps	4 (1,91)	0	1 (0,74)	0	5 (1,45)	0
Heleocoris sp	7 (3,33)	0	1 (0,74)	0	8 (2,32)	0
Laccocoris sp	5 (2,38)	2 (40,0)	0	0	5 (1,45)	2 (40,0)
Macrocoris laticollis	2 (0,95)	0	0	0	2 (0,58)	0
Macrocoris flavicollis	1 (0,48)	0	1 (0,74)	0	2 (0,58)	0
Naucoris maculatus	1 (0,48)	0	0	0	1 (0,29)	0
Naucoris laticollis	2 (0,95)	1 (50,0)	2 (1,48)	0	4 (1,16)	1 (25,0)
Naucoris sp	3 (1,43)	0	2 (1,48)	0	5 (1,45)	0
Neomacrocoris sp	1 (0,48)	0	1 (0,74)	0	2 (0,58)	0
Diplonychus annulata	1 (0,48)	0	0	0	1 (0,29)	0
Diplonychus nepoides	20 (9,52)	4 (20,0)	32 (23,7)	1 (3,12)	52 (15,07)	5 (9,61)
Diplonychus sp	11 (5,24)	4 (36,36)	20 (14,81)	0	31 (8,98)	4 (12,90)
Belostoma cordofana	3 (1,43)	0	0	0	3 (0,87)	0
Lethocerus sp	4 (1,91)	0	0	0	4 (1,16)	0
Laccotrephes ater	6 (2,86)	0	12 (8,89)	0	18 (5,22)	0
Laccotrephes brachialis	1 (0,48)	0	2 (1,48)	0	3 (0,87)	0
Laccotrephes ruber	1 (0,48)	0	4 (2,96)	0	5 (1,45)	0
Laccotrephes sp	2 (0,95)	0	5 (3,7)	0	7 (2,02)	0
Laccotrephes fabricii	0	0	3 (2,22)	0	3 (0,87)	0
Anisops sardea	10 (4,76)	0	1 (0,74)	0	11 (3,19)	0
Anisops stali	7 (3,33)	0	0	0	7 (2,02)	0
Anisops sp	15 (7,14)	0	1 (0,74)	0	16 (4,64)	0
Enithares sp	4 (1,91)	0	1 (0,74)	0	5 (1,45)	0
Stenocorisea protrusa	2 (0,95)	0	0	0	2 (0,58)	0
Micronecta scutellaris	44 (20,95)	2 (4,54)	22 (16,3)	1 (4,54)	66 (19,13)	3 (4,54)
Micronecta sp	8 (3,81)	0	2 (1,48)	0	10 (2,90)	0
Sigara sp	1 (0,48)	0	0	0	1 (0,29)	0
Eurymatra sp	2 (0,95)	0	1 (0,74)	0	3 (8,87)	0
Limnogonus chopardi	1 (0,48)	0	0	0	1 (0,29)	0
Limnogonus sp	0	0	1 (0,74)	0	1 (0,29)	0
Rhogardotarsus hutchinsoni	0	0	1 (0,74)	0	1 (0,29)	0
Ranatra fusca	21 (10,0)	0	15 (11,11)	0	36 (10,43)	0
Ranatra sp	1 (0,48)	0	0	0	1 (0,29)	0
Cercotmetus sp	11 (5,24)	0	1 (0,74)	0	12 (3,47)	0
Plea pullula	7 (3,33)	2 (28,57)	2 (1,48)	0	9 (2,61)	2 (22,22)
Microvelia sp	1 (0,48)	1 (100,0)	1 (0,74)	0	2 (0,58)	1 (50,0)
Total	**210 (100,0)**	**16 (7,62)**	**135 (100,0)**	**2 (1,48)**	**345 (100,0)**	**18 (5,22)**

***N:** nombre de lots monospécifiques constitués, **n:** nombre de lots monospécifiques infectés, **%:** proportion de lots monospécifiques infectés / proportion de lots monospécifiques infectés.*



Fig. 2. Photographie d'un spécimen représentant un Naucoridae



Fig. 3. Photographie d'un spécimen représentant un Belostomatidae

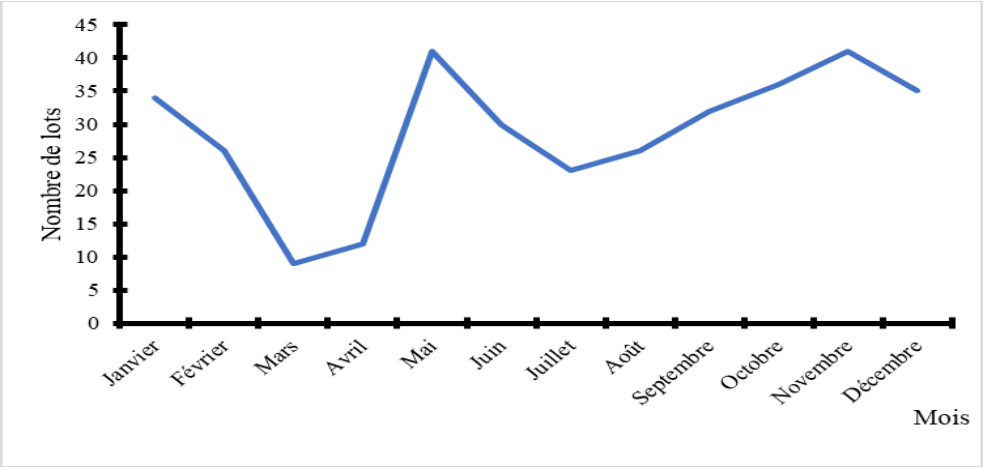


Fig. 4. Répartition globale des lots constitués en fonction des mois de façon globale

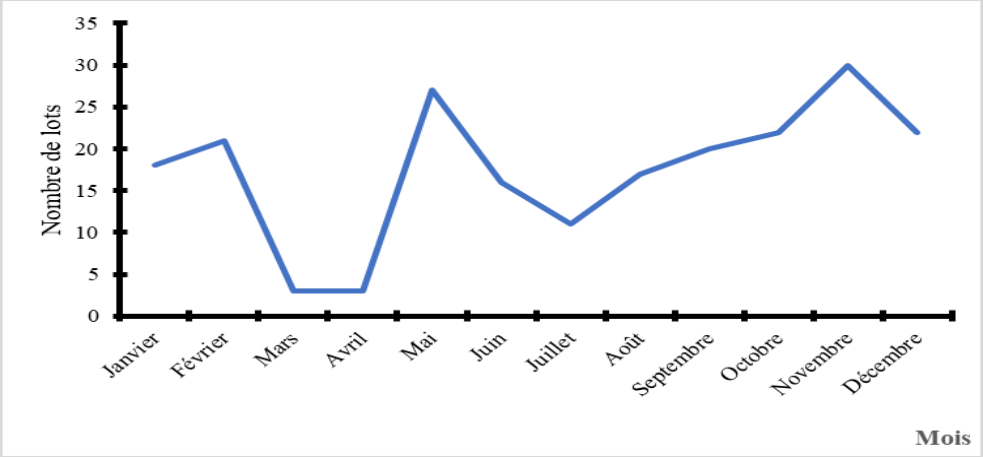


Fig. 5. Répartition des lots constitués en fonction des mois à Sokrogbo

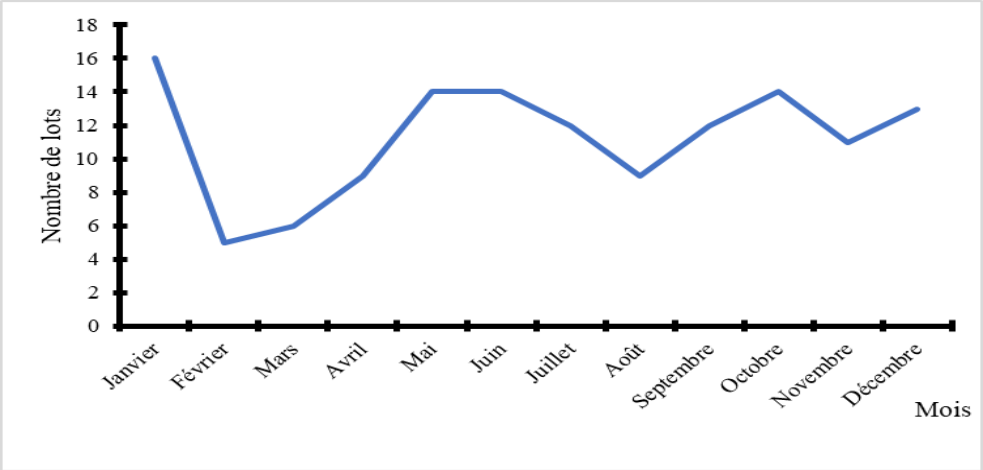


Fig. 6. Répartition des lots constitués en fonction des mois à Vieil Aklodj

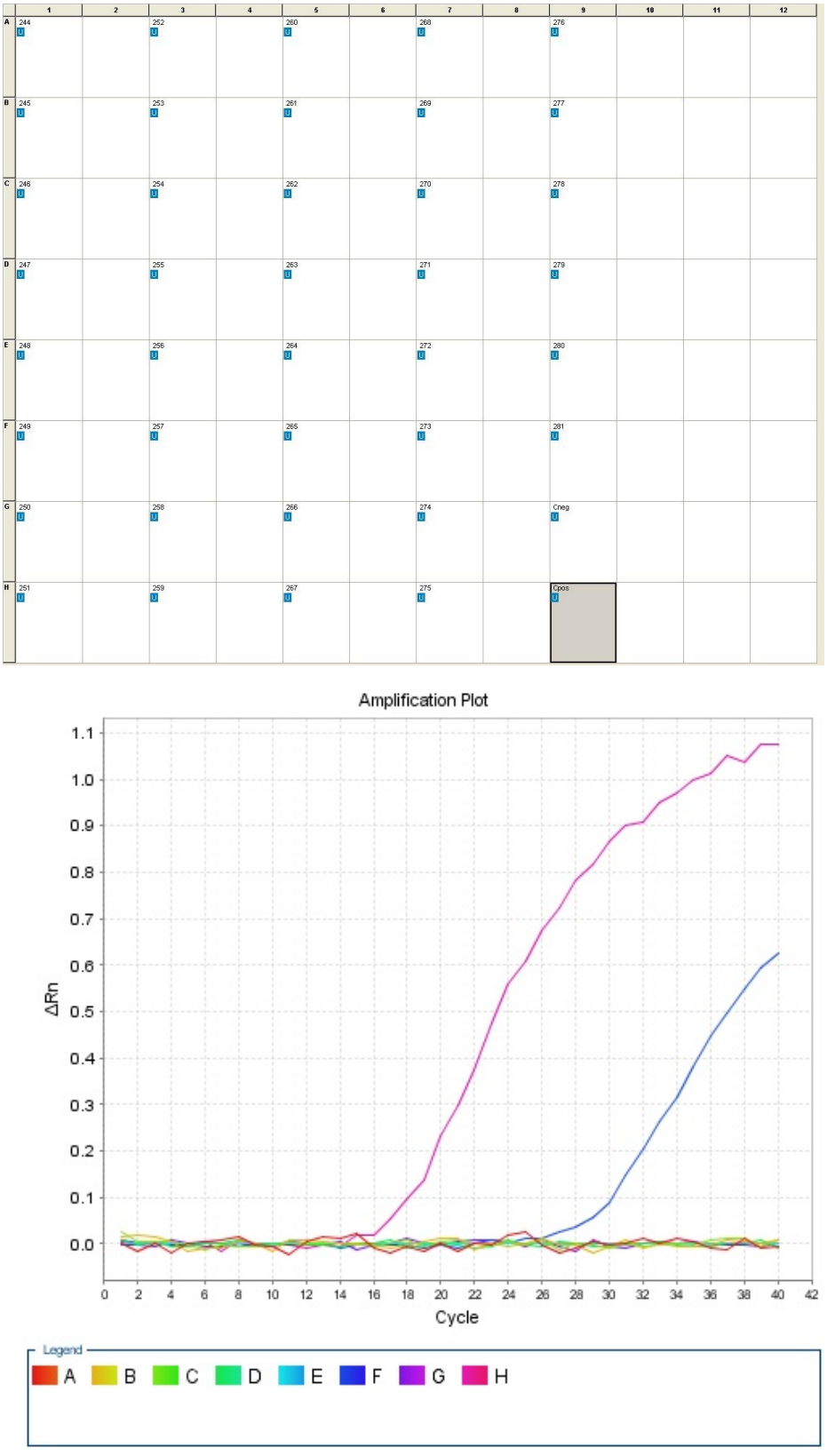


Fig. 7. Image d'une PCR en temps réel

Les lots détectés positifs à *M. ulcerans* sont très inférieurs par rapport aux lots négatif (327 lots; 94,78%). Suivant les localités, Sokrogbo et Vieil Alkodj ont enregistré respectivement des prévalences de 7,62 (16 lots positifs sur 210 lots au total) et 1,48% (2 lots positifs sur 135 au total). Les résultats montrent que sur les 36 espèces d'Hétéroptères aquatiques, sept espèces sont révélés positifs soit un taux de 19,44 %. Il s'agit de deux espèces de la famille des Belostomatidae (*D. nepoides, Diplonychus sp*) deux espèces de la famille des Naucoridae (*Laccocoris sp, Naucoris sp),* une espèce de la famille des Corixidae (*M. scutellaris*), une espèce de la famille des Veleidae (*Microvellia sp*) et une espèce de la famille des

Pleidae (*P. pullula)* (Tableau 2). Le taux de positivité a varié de 40 à 50% chez *Laccoris sp* et *Microvellia sp., de* 20 à 22,22% chez *Naucoris sp* et *Plea pullula* et de 4,55 à 12,90% chez *M. scutellaris, D. nepoides* et *Diplonychus sp* (Figure 8).

3.4 DYNAMIQUE DES INFESTATIONS DES HÉTÉROPTÈRES AQUATIQUES

Sur la base des lots constitués à partir des collectes mensuelles, les mois de janvier et de septembre ont enregistré le plus grand nombre de lots positifs avec respectivement 11,76% (4 lots sur 34 au total) et 12,50% (4 lots sur 32 au total). Par contre, aucun lot positif n'a été enregistré au cours des de mars, avril, mai et juin. Le nombre de lots positifs n'a pas significativement varié au cours des mois (Test de Kruskal-Wallis: H (11, N= 432) =8,866515; p = 0,634) (**Figure 8**). À Vieil Aklodj seuls les mois de juillet et de septembre ont enregistré des lots positifs avec un seul lot chacun. Par contre, à Sokrogbo, les mois de mars, avril, mai et juin n'ont enregistré aucun lot positif. Dans ce même site, le plus grand nombre de lots positifs a été obtenu au mois de janvier avec quatre lots positifs soit 25% (4 lots sur 16 au total) du total des lots positifs. Le nombre de lots positifs (un lot positif) obtenus dans le mois de juillet à Vieil Aklodj est le même que celui obtenu à Sokrogbo au cours de ce même mois. Par contre, en septembre le nombre de lots positifs à Sokrogbo (trois lots soit, 18,75 % du nombre total de lots positifs de Sokrogbo) reste supérieur au nombre de lots positifs (un lot, soit 50 % du nombre total de lots positifs) de Vieil Aklodj (Figure 9).

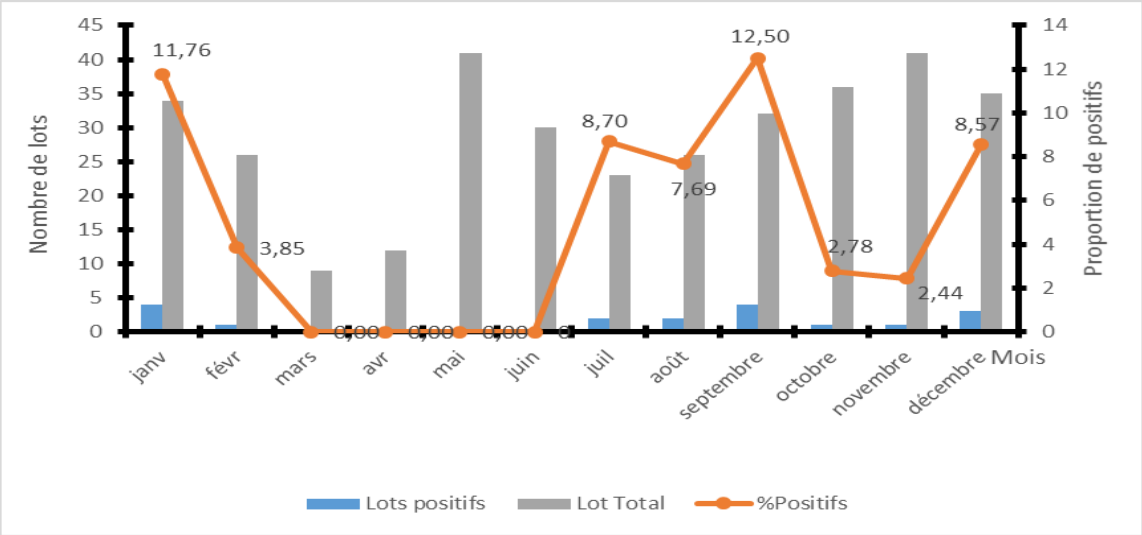


Fig. 8. Proportion de lots infectés par Mycobacterium ulcerans par mois

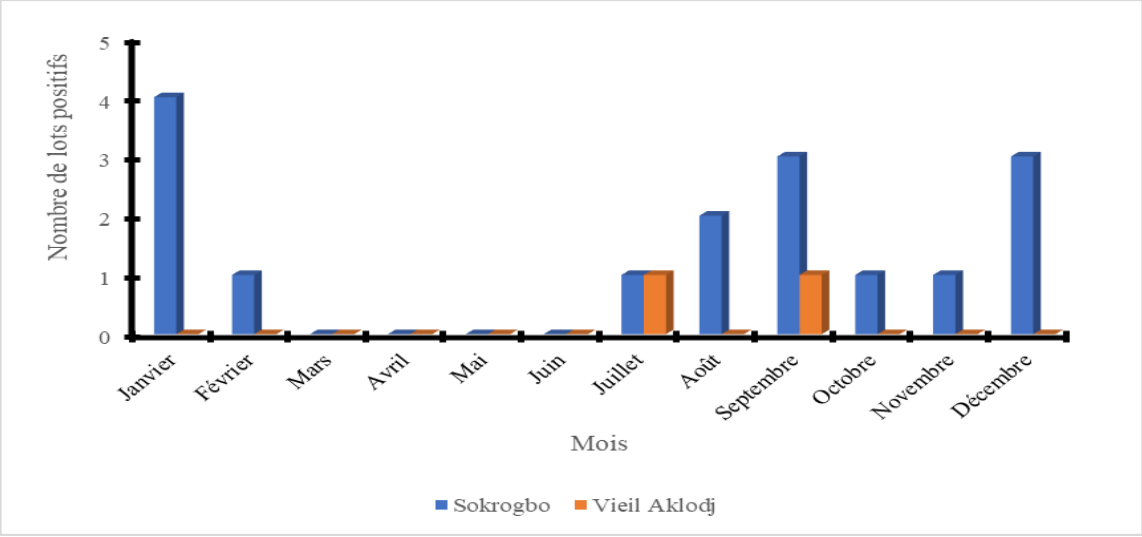


Fig. 9. Nombre total de lots infectés par Mycobacterium ulcerans par mois et par site

4 DISCUSSION

Le présent travail fait état de 36 espèces d'Hétéroptères aquatiques inventoriés dans les deux mares. En effet, l'identification des insectes aquatiques basée sur des caractères morphologiques et morphométriques externes inscrit dans des ouvrages plus élaborés ont contribué à la

nomination de 36 espèces d'Hétéroptères aquatiques. Cela est attesté par les travaux réalisés par Konan *et al*. [12] qui ont obtenus 19 espèces, soit environ la moitié des nôtres. Les échantillonnages ont permis d'identifier neuf familles d'Hétéroptères aquatiques qui constituent la moitié des 18 familles décrites par Dejoux *et al*. [13] en Côte d'Ivoire. Ce résultat pourrait s'expliquer d'une part, du fait que ce travail a été réalisé en milieux anthropisé où l'action de l'homme aurait modifié considérablement le milieu aquatique et l'écologie de plusieurs familles. D'autre part, la présente étude a été conduite dans seulement deux mares de Côte d'Ivoire. Ces résultats concordent avec ceux de Kulkarni *et al.* [14] qui ont également identifié neuf familles dans une mare temporaire dont la présence de l'eau est liée à la saison. Konan *et al.* [12] ont retrouvé huit familles dans une étude similaire réalisée en Côte d'Ivoire. Nos investigations ont montré que la famille des Naucoridae renfermait le plus grand nombre d'espèce (neuf espèces). En effet, cette famille est l'une des plus diversifiées au monde [15]. Aussi, les Naucoridae sont des prédateurs féroces des animaux aquatiques (têtards, larves d'insectes…) et ont un comportement migratoire et grégaire [16]. Cela les rendrait plus accessibles à la récolte par rapport aux espèces d'autres familles. Nos résultats sont contraires aux travaux de Konan *et al*. [12] chez qui les Belostomatidae constituent la famille ayant le plus grand nombre d'espèce dans une étude similaire. Ce constat s'expliquerait par le fait que les clés d'identification existantes permettaient de décrire les spécimens de cette famille jusqu'au nom d'espèce contrairement à certains spécimens d'autres familles. L'espèce la plus représentée du peuplement est *Micronecta. scutellaris* (42,66%), suivie par ordre d'importance de *Diplonychus nepoides* (14,80%) et de *Diplonychus sp* (11,69%). Les espèces moins abondantes étaient *Rhogardotarsus hutchinsoni, Macrocoris flavicollis, Macrocoris laticollis, Naucoris maculatus* et *Neomacrocoris sp* avec deux individus chacune (0,08%). Ces observations pour *Micronecta. scutellaris* et de *Diplonychus nepoides* peuvent s'expliquer par leur capacité à former un banc sur la berge et se disperser très peu même lorsque le plan d'eau est perturbé, facilitant la récolte d'un grand nombre de spécimens de ces espèces. Par contre pour *R. hutchinsoni, M. flavicollis, M. laticollis, et N.s maculatus,* leur faible nombre pourrait être attribuable à leur écologie. En effet, dans les mares, la première est une espèce pélagique tandis que les dernières sont benthiques. D'autres auteurs expliquent cette faible abondance par le fait que certaines espèces voient leurs femelles aller sur plusieurs sites pour pondre et notamment sur des supports émergés. Le nombre d'œufs est moindre dans ces conditions et si le milieu n'est pas favorable, les individus d'un site peuvent très bien ne pas survivre [17]. Les prédateurs sont divers, dont les Gerridae (*R. hutchinsoni*) eux-mêmes, qui peuvent être cannibales existants, notamment envers les plus jeunes [18], [19].

Des lots de *M. scutellaris, D. nepoides* et *R. fusca* ont été constitués pendant toutes les périodes d'échantillonnage. Ces trois taxons sont donc des Hétéroptères aquatiques que l'on peut rencontrer à tout moment dans les collections d'eau des mares de Vieil Aklodj et Sokrogbo. C'est pourquoi, ils constituent le groupe d'Hétéroptères aquatiques avec lesquels le plus grand nombre de lots monospécifiques a été formé. La présente étude met en évidence le taux de contamination des Hétéroptères aquatiques par *M. ulcerans* au cours du temps à Vieil Aklodj et Sokrogbo. Les marqueurs génétiques de *M. ulcerans* ont été détectés tous les mois sauf les mois de mars, avril, mai et juin avec une prévalence globale de 5,22% et des prévalences locales de 7,62% et 1,48% respectivement à Sokrogbo et Vieil Alkodj. Les résultats ont montré que la séquence d'insertion IS 2404 de *M. ulcerans* et la Kétoreductase ont été mises en évidence dans 40 à 50% des lots de *Laccoris sp* et *Microvellia sp.,* dans 20 à 22,22% des lots de *Naucoris sp* et *P. pullula* et dans 4,55à 12,90% des lots *M. scutellaris, D. nepoides* et *Diplonychus sp*. Konan *et al*. (2015) [12] obtenait les mêmes résultats chez *Diplonychus sp*. Ces résultats sont comparables à ceux de Portaels [20] qui ont mis en évidence *M. ulcerans* chez les punaises aquatiques dans des localités Béninoises et Ghanéennes, endémiques à l'ulcère de Buruli. Marsollier *et al.* [21] ont également mis en évidence en Côte d'Ivoire, *M. ulcerans* chez des Hétéroptères aquatiques de la famille des Naucoridae prélevés dans une rivière située dans la région de Daloa, une région endémique à l'ulcère de Buruli à l'image de Tiassalé. Les Hétéroptères aquatiques sont alors capables d'héberger cette mycobactérie de l'environnement et donc de devenir des hôtes intermédiaires de *M. ulcerans* [22]. Cette hypothèse a été également confirmée par Doannio *et al.* [23] qui ont mis en évidence *M. ulcerans* chez *Micronecta sp* et *Diplonychus sp* en Côte d'Ivoire et ont tiré les conclusions selon lesquelles ces punaises pourraient être hôtes et vecteurs potentiels de *M. ulcerans* à l'homme en Côte d'Ivoire. Parmi les lots positifs de la présente étude, sept taxons ont été identifiés. Ce sont *M. scutellaris, D. nepoides, Diplonychus sp, Laccocoris sp, Microvellia sp, Naucoris sp* et *P. pullula*. En effet, depuis les travaux de Doannio [23] et Konan [12] ce sont *Diplonychus sp, Naucoris sp et Micronecta sp* qui ont été identifiées comme porteurs de *M. ulcerans*. Notre étude fait la mise à jour des Hétéroptères aquatiques porteurs de *M. ulcerans* prouvant ainsi que d'autres espèces d'hétéroptères telle que *Microvellia sp* et *P. pullula* peuvent héberger *M. ulcerans*. Des espèces d'hétéroptères aquatiques où *M. ulcerans* a été confirmé, *M. scutellaris, D.nepoides* et *R. fusca* ont été les espèces les plus dominantes sur l'ensemble. Toutefois, seules deux espèces (*Laccocoris sp* et *Microvellia sp*) ont entre 40 et 50% de lots positifs contre 100% de lots positifs chez *Diplonychus sp* dans les travaux de Konan [12] Ce résultat pourrait s'expliquer par le fait que les genres auxquels appartiennent ces espèces fréquentent les profondeurs des mares pour des objectifs de prédation**.** Ce qui favoriserait leur contact avec la mycobactérie. *M. ulcerans* a été mis en évidence dans les deux mares et sur ceux-ci, *D. nepoides* et *M. scutellaris* étaient communes aux deux sites. Cette observation atteste que les mares de Vieil Aklodj et Sokrogbo abritent *M. ulcerans* et pourraient être considérées comme des mares épidémiologiquement dangereuses. La bactérie pourrait de ce fait entrer en contact avec les sujets qui utiliseraient ces mares sans protection. Le plus grand nombre de lots d'hétéroptères positif à *M. ulcerans* a été obtenu à Sokrogbo (16 lots sur 18 au total). Bien que *M. ulcerans* ait été trouvé chez les genres *Diplonychus* et *Micronecta* dans les deux sites, les genres *Laccocoris* et *Naucoris,* spécifiques à Sokrogbo pourraient également être impliqués dans la transmission du bacille. A l'opposé, ces hétéroptères pourraient s'avérer utiles dans la lutte biologique contre les larves de moustiques, des déprédateurs du riz et des mollusques nuisibles**.** Les activités humaines et le risque de contamination lié à la présence de *M. ulcerans* dans certaines mares peuvent à présent être élucidés. Lors des échantillonnages, des présences humaines ont été observées dans les mares prospectées. Ces personnes rencontrées menaient une activité quotidienne qui est soit la collecte d'eau de boisson, soit la lessive, soit la natation, soit la pêche, etc. Toutes ces activités les mettent directement en contact avec les mares dans lesquelles ont été retrouvés des hétéroptères hébergeant M. *ulcerans.* Il est prouvé que ces activités humaines dans les plans d'eau dégradent leurs qualités en générale et compositions physico-chimiques en particulier **[24].** Cette pollution chimique des mares pourrait avoir des répercussions sur la sélection et le maintien des hétéroptères retrouvés dans ce travail. C'est dans la mare de Sokrogbo que ce phénomène est le plus élucidé.

5 CONCLUSION

A l'issu de la présente étude, nous retenons que la liste des Hétéroptères aquatiques collectés à Sokrogbo et à Vieil Aklodj comporte un nombre relativement important de famille (neuf familles soit 50%) décrites en Côte d'Ivoire. Sa composition spécifique diffère selon les mares investiguées. Parmi les espèces obtenues, celles incriminées comme hôtes et vecteurs potentiels de *M. ulcerans* dans la littérature ont été rencontrées dans les deux mares. Il s'agit de *Micronecta scutellaris, Diplonychus nepoides* et *Diplonychus sp*. Nos investigations ont révélé également la potentielle implication de d'autres espèces d'Hétéroptères aquatiques telles que *Laccocoris sp, Microvelia sp, Naucauris sp* et *Plea pullula* dans la transmission de l'ulcère de Buruli. L'amélioration de nos connaissances sur l'infestation naturelle des hétéroptères étudiés ainsi que la présence humaine dans les mares de Vieil Aklodj et Sokrogbo permettent à présent de mieux appréhender le risque de contracter l'ulcère de Buruli.

REFERENCES

[1] Vincent Q., 2016. Epidémiologie et génétique humaine de l'ulcère de Buruli. *Thèse d'Université Option épidémiologie clinique* 230 pages.

[2] Singh, A. 2019. Investigation of potential environmental reservoirs of mycobacterium ulcerans in North Queensland. *Masters (Research) Thesis, James Cook University,* 66 p.

[3] Vandelannoote K., Phanzu D. M., Kibadi K., Eddyani M., Meehan C. J. & De Jong B. C., 2019. *Mycobacterium ulcerans* Population Genomics to Inform on the Spread of Buruli Ulcer across Central Africa. 4 (1): 472-18.

[4] Perraudin M. l, Herrault A. & Desbois J. C. 1980. Ulcère cutané à Mycobacterium ulcerans (ulcère de Buruli). *Ann. Péd.,* 27: 687-692.

[5] Kanga JM, Kacou ED, Kouamé K, Kassi K, Kaloga M, Yao JK, Dion-Lainé M, Avoaka LE, Yoboué-Yao P, Sangaré A, Ecra JE, Ahogo C, Djédjé MS, Kadiri AJ & Ayé C. 2006. La lutte contre l'ulcère de Buruli. Expérience de la Côte-d'Ivoire. *Bulletin de la Société de pathologie exotique,* 99 (1): 34-38.

[6] Jacobsen K. H. & Padgett J.J. 2010. Risk factors for *Mycobacterium ulcerans* infection *International Journal of Infectious Diseases,* 14 (8): 677-681.

[7] Amofah, G., Bonsu, F., Tetteh, C., Okrah, J., Asamoa, K., Asiedu, K., & Addy, J., 2002. Buruli ulcer in Ghana: results of a national case search. *Emergecy Infection Diseases* 8: 167-170.

[8] Amofah, G. K., Sagoe-Moses, C., Adjei-Acquah, C., and Frimpong & E. H. 1993. Epidemiology of Buruli ulcer in Amansie West district, Ghana. *Trans R Soc Trop Med Hyg* 87: 644-645.

[9] Andersen, N. M., & Weir, T. A. 2004. Australian Water Bugs (Hemiptera-Heteroptera, Gerromorpha and Nepomorpha): *Their Biology and Identification vol. 14. CSIRO Publishing.*

[10] Poisson, R. 1957. Hétéroptères aquatiques, Faune de France. *Editions Paul lechevalier, 12 Rue de Tournon (VIe).* 267 pages.

[11] Nieser N., 1978. Heteroptera. *In Limnofauna Europaea,* p.280 -285.

[12] Konan K. L., Doannio J. M. C., Coulibaly N. D., Ekaza E., Marion E., Assé H., Kouassi D., N'Goran K. E., Dosso M., Marsollier L & Aubry J. 2015. Mise en évidence de la séquence d'insertion IS2404 et de la kétoreductase (Kr) produite par Mycobacterium ulcerans chez les Hétéroptères aquatiques prélevés dans l'environnement dans les districts sanitaires de Dabou et Tiassalé (Côte d'Ivoire). *Médecine et Santé Tropicales,* 25: 44-51.

[13] Dejoux C., Elouard J. M., Forge P. & Maslin J. L., 1981. Catalogue iconographique des insectes aquatiques de Côte d'Ivoire. *Rapport n°42, Document ORSTOM*. 178.

[14] Kulkarni M.R., Padhye S., Vanjare A.I., Jakhalekar S.S., Shinde Y.S., Paripatyadar S.V., Sheth S., Kulkarni S., Phuge S.K., Bhakare K., Kulkarni A.S., Pai K. & Ghate H. V. 2015. Documenting the fauna of a small temporary pond from Pune, Maharashtra, India. Journal of Threatened Taxa, 7 (6): 7196 –7210. DOI: 10.11609/JoTT.o4190.7196-210.

[15] Stys, P. & Jansson, A., 1988. Check-list of recent family-group and genus-group names of Nepomorpha (Heteroptera) of the world. — *Acta Entomol. Fennica* 50: 1-44.

[16] Ajeagah G. A., Kekeunou S., Njiawouo P. E., Foto M. S., 2014. Morphologie et abondance des stades de développement d'Ilyocoris cimicoïdes Linné 1758 (Heteroptera: Naucoridae) dans un lac anthropisé en zone tropicale (Cameroun). *Journal of Applied Biosciences* 79: 6926 – 6937.

[17] Kaitala V., Kaitala A. & Getz W. M., 1989. Evolutionary stable dispersal of a waterstrider in a temporally and spatially heterogeneous environment. *Evolutionary Ecology,* 3: 283-287, 290-293, 296-297.

[18] Dethier M., 1986. Hétéroptères aquatiques et ripicoles. Genres et principales espèces in Introduction pratique à la systématique des organismes des eaux continentales françaises. *Bulletin mensuel de la Société Linnéenne de Lyon*; 54; 10.

[19] Nummelin M., 1989. Cannibalism in waterstriders (Heteroptera: Gerridae): is there kin recognition ? *Oikos,* 56 (1): 87-90.

[20] Portaels F., Elsen P., Guimaraes-Peres A., Fonteyne P. A. & Meyers W. M. 1999. Insects in the transmission of *Mycobacterium ulcerans* infection. *Lancet,* 353: 986.

[21] Marsollier L., Aubry J., Saint-André J.-P., Robert R., Legras P., Manceau A. L., Bourdon S., Audrain C. & Carbonnelle B. 2003. Écologie et mode de transmission de Mycobacterium ulcerans Ecology and transmission of *Mycobacterium ulcerans. Pathologie Biologie,* 51: 490–495.

[22] Marion E., Deshayes C., Chauty A., Cassisa V., Tchibozo S., Cottin J., Doannio J., Marot A & Marsollier L. 2011. Détection des signatures moléculaires de *Mycobacterium ulcerans* chez des punaises aquatiques capturées au Bénin en dehors de leur environnement aquatique. *Medecine Tropicale,* 71: 169-172.

[23] Doannio JMC, Konan KL, Nansou FD, Koné AB, Konan YL, Sankaré Y, Ekaza E, Coulibaly ND, Odéhouri KP, Dosso M, Sess ED, Marsollier L & Aubry J. 2011. *Micronecta* sp (Corixidae) et *Diplonychus* sp (Belostomatidae), deux hémiptères aquatiques hôtes et/ou vecteurs potentiels de Mycobacterium ulcerans agent pathogène de l'ulcère de Buruli en Côte d'Ivoire (Afrique de l'Ouest). *Medécine Tropicale,* 71: 53-57.

[24] Gohourou F., Yao-Kouassi Q. C., Ahua E. A. 2021. Activités humaines et dégradation des eaux en milieu litoral: cas de la ville de Sans-Pédro (sud-ouest de la Côte d'Ivoire). *HAL,* 327–341.

International Journal of Innovation and Applied Studies
ISSN 2028-9324 Vol. 39 No. 2 Apr. 2023, pp. 778-781
© 2023 Innovative Space of Scientific Research Journals
http://www.ijias.issr-journals.org/

Carcinome adénoïde kystique de la glande de Bartholin: A propos d'un cas

[Adenoid cystic carcinoma of Bartholin's gland: A case report]

Chaymaa Mohammadine[1], Zineb Aboueddahab[2], Wissal Zahir[1], Samia Tligui[1], Rachid Maakoul[1], and Samir Bargach[1]

[1]Department of Gynecology-Obstetrics-Oncology and High-Risk Pregnancy, Souissi Maternity Hospital, Ibn Sina University Hospital Center, Rabat, Morocco

[2]Department of Gynecology and Obstetrics, Mohammed V Military Training Hospital, Rabat, Morocco

Copyright © 2023 ISSR Journals. This is an open access article distributed under the ***Creative Commons Attribution License***, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

ABSTRACT: Adenoid cystic carcinoma of Bartholin's gland is a rare tumor. Its management is inspired by the treatment of vulvar cancers. We present here a clinical case of a 28-year-old female patient who presented with a painful swelling of the left labia majora, which was mistaken for simple bartholinitis and treated medically without improvement. A biopsy was then performed, and the histopathological study revealed a cystic adenoid carcinoma of the Bartholin gland. The radiological workup showed a locally advanced left vulvar process, without distant metastasis. Due to the impossibility of surgery, concomitant radiotherapy and chemotherapy were performed, with good improvement. The rarity of this type of vascular cancer makes its diagnosis late, because it is often confused with bartholin gland cyst and bartholinitis. Moreover, its management is still not standardized.

KEYWORDS: Adenoid carcinoma; Tumor; Vulva; Bartholin; Vulvectomy.

RESUME: Le carcinome adénoïde kystique de la glande de Bartholin est une tumeur rare. Sa prise en charge est inspirée du traitement des cancers vulvaires. Nous présentons ici un cas clinique d'une patiente de 28 ans qui a présenté une tuméfaction douloureuse de la grande lèvre gauche, qui a été prise pour une simple bartholinite et traitée médicalement sans amélioration. Une biopsie a été alors réalisée, et l'étude histopathologique a révélé un carcinome adénoïde kystique de la glande de Bartholin. Le bilan radiologique a montré un processus vulvaire gauche localement avancé, sans métastase à distance. Vu l'impossibilité chirurgicale, une radiothérapie et chimiothérapie concomitantes ont été réalisées, avec une bonne amélioration. La rareté de ce type de cancer vulvaire rend son diagnostic tardif, car souvent confondu avec le kyste de la glande de bartholin et la bartholinite. De plus sa prise en charge n'est toujours pas standardisée.

MOTS-CLEFS: Carcinome adénoïde; Tumeur; Vulve; Bartholin; Vulvectomie.

1 INTRODUCTION

Le carcinome de la glande de Bartholin (CGB) est une tumeur maligne extrêmement rare. Il représente moins de 5% des carcinomes vulvaire et moins de 1 % de l'ensemble des cancers gynécologiques [1]. Le CGB peut provenir soit du canal et de l'orifice vestibulaire de la glande de Bartholin, soit de la glande elle-même, donnant lieu à de multiples sous-types histologiques, parmi lesquels on retrouve le carcinome adénoïde kystique [2]. La prise en charge n'étant pas standardisée, nous avons voulu reprendre les données de la littérature, à la lumière d'un cas de carcinome adénoïde kystique de la glande de Bartholin.

2 CAS CLINIQUE

Patiente âgée de 28 ans, G2P2 avec deux enfants vivants, sans antécédents pathologique notables, qui a consulté pour une tuméfaction périnéal douloureuse sans autres signes associés. L'examen clinique a révélé une tuméfaction douloureuse de la grande lèvre gauche mesurant 3 cm. Une bartholinite a été suspectée et un traitement à base d'amoxicilline protégée et d'anti-inflammatoire a été administré.

Devant la non résolution de la masse vulvaire (figure 1), une biopsie a été réalisée. L'étude histopathologique ainsi que l'étude immunohistochimique ont révélé un carcinome adénoïde kystique de la glande de bartholin, à prédominance compacte, infiltrant le tissus adipeux et le muscle strié adjacent, avec présence d'un engainement périnérveux sans emboles vasculaires visibles.

L'IRM pelvienne a montré un processus vulvaire gauche, mesurant 64x52x40 mm, localement avancé et débordant à droite, il envahit le clitoris, l'orifice externe de l'urètre, le muscle élévateur de l'anus et le tiers inférieur du vagin, mais il respecte le col utérin sans atteinte ganglionnaire classé stade II de FIGO. Le scanner thoraco-abdomino-pelvien n'a pas objectivé de lésion métastatique.

Vu l'impossibilité de chirurgie, une Radiothérapie Chimiothérapie Concomitante (RCC) a été indiquée. Après 6 cures de chimiothérapie à base de Cisplatine, le bilan radiologique a montré une disparition du processus tumoral vulvaire. A 6 mois de recul, La patiente se porte bien et ne pas de récidive.



Fig. 1. Photographie de la patiente en position gynécologique montrant la masse vulvaire (flèche rouge)

3 DISCUSSION

Le carcinome adénoïde kystique de la glande de Bartholin (CAK) est une tumeur maligne inhabituelle, elle représente 29,6 % des CGB [1]. Cette entité histologique est caractérisée par une croissance lente mais localement agressive avec une invasion péri-nerveuse. En raison de sa rareté, elle est sujette à des erreurs de diagnostic et peut être confondue avec le kyste de la glande de bartholin et la bartholinite. De ce fait, elle est souvent découverte à un stade avancé avec un risque de métastases [3]. La non-résolution d'une tuméfaction vulvaire, ou la présence d'une induration ou de matériel nécrotique lors de l'exérèse chirurgicale doit faire suspecter une tumeur maligne [4]. Les dyspareunies, le saignement et l'ulcération représentent des signes non spécifiques et moins fréquents [5].

Le diagnostic positif du CAK est histologique [3]. Le bilan radiologique n'est pas consensuel, mais le scanner thoraco-abdomino-pélvien est le plus fréquemment utilisé. Il a pour but d'éliminer une tumeur primitive, de rechercher des métastase inguinales et pelviennes ou des métastases à distance [3]. L'IRM pelvienne peut être indiquée pour évaluer l'extension locale.

Les études rétrospectives existantes étant limitées, il n'existe pas de recommandation définitive quant au traitement du CAK. La prise en charge thérapeutique est inspirée du traitement des cancers vulvaires à localisation médiane [6], deux attitudes ont été décrites dans la littérature; l'hémivulvectomie postérieure pour les tumeurs de petite taille, et la vulvectomie totale radicale pour les tumeurs de plus de 3 cm ou multifocales [3]. L'objectif de la chirurgie serait l'obtention de marges saines, afin de prévenir le risque de récidives et de reprises chirurgicales. Toutefois, certains auteurs ont démontré que le statut des marges chirurgicale n'aurait pas d'impact significatif sur le taux de récidive, et préconisent une chirurgie conservatrice surtout pour les petites tumeurs unilatérales [5]. D'autres études ont montré que le CGB affecte principalement les femmes ménopausées et que la chirurgie radicale permet d'obtenir de meilleurs résultats chez les patientes plus âgées par rapport aux patientes jeunes [7].

L'exérèse chirurgicale du CAK est associé à un prélèvement du ganglion sentinelle pour les tumeurs de petite taille, ou une une lymphadénectomie inguinale profonde pour les tumeurs volumineuses ou pN1 [8]. Selon la littérature, l'état des ganglions lymphatiques inguinaux affecte fortement la survie des patientes [9]. Cependant la lymphadénectomie inguino-fémorale uni ou bilatérale demeure une controverse; Devant l'augmentation des risques d'atteintes ganglionnaires controlatérales qui est proportionnelle à la taille tumorale, plusieurs auteurs préconisent une lymphadénectomie bilatérale [10]. Par ailleurs, en l'absence d'atteinte ganglionnaire clinique et radiologique, d'autres auteurs suggèrent un curage unilatéral associé à une radiothérapie adjuvante [11].

Concernant le traitement adjuvant, Il a été rapporté qu'une chirurgie moins radicale associée à une radiothérapie externe inguino-fémorale est considérée comme le meilleur traitement pour le CAK, elle permet d'obtenir une bonne survie à long terme et prévenir les complications [12]. La radiothérapie est recommandée chez les patientes présentant des marges positives, une invasion péri-nerveuse, ainsi qu'une atteinte ganglionnaire. La chimiothérapie, quant à elle, est recommandé en cas de CAK métastatique [11].

Lorsque la tumeur n'est pas résécable ou au prix d'une mutilation importante, un traitement néoadjuvant peut être envisagé à base de radio-chimiothérapie ou radiothérapie externe et curiethérapie [3].

Le CAK de la glande bartholin est une tumeur d'évolution lente. Le taux de survie varie selon les auteurs; il est de 71% à 5 ans, de 59% à 10 ans, et il passe à 18-2 % en cas de métastase [3]. Il est donc plus judicieux d'évaluer les survies à 10-15 ans [13].

4 CONCLUSION

Le carcinome adénoïde kystique de la glande de bartholin est une tumeur maligne très rare. Elle est découverte généralement à un stade avancé, et les métastases sont fréquentes lorsque le diagnostic et le traitement sont retardés. La prise en charge thérapeutique n'est toujours pas consensuelle, Il est donc nécessaire de mettre en place des études multicentriques permettant d'avoir des informations de haut niveau de preuve sur des effectifs plus grands.

REFERENCES

[1] K. Wang, Y. Zheng et al. Analysis of clinical outcomes of patients with primary rare carcinoma of Bartholin gland: six case series report and review of the literature. Transl Cancer Res. Vol. 11, no. 6, pp. 1483-1487, 2022.
[2] V. Di Donato, A. Casorelli, E. Bardhi et al. Bartholin gland cancer. Crit Rev Oncol Hematol. Vol. 117, pp. 1-11, 2017.
[3] Z. Chraibi, T. Hebert et al. Cancer de la glande de Bartholin. Gynécologie Obstétrique & Fertilité. Vol. 42, pp. 540–542, 2014.
[4] R.J. Cardosi, A. Speights, J.V. Fiorica et al. Bartholin's gland carcinoma: A 15-year experience. Gynecol Oncol. Vol. 82, no. 2, pp. 247–51, 2001.
[5] S. Y. V. Yang, J. W. Lee, W. S. Kim et al. Adenoid cystic carcinoma of the Bartholin's gland: report of two cases and review of the literature. Gynecol Oncol. Vol. 100, no. 2, pp. 422–425, 2006.
[6] L. Ouldamer, Z. Chraibi, F. Arbion et al. Bartholin's gland carcinoma: epidemiology and therapeutic management. Surg Oncol. Vol. 22, pp. 117-22, 2013.
[7] R. J. Cardosi, A. Speights, J. V. Fiorica et al. Bartholin's gland carcinoma: a 15-year experience. Gynecol Oncol. Vol. 82, pp. 247-51, 2001.

[8] Van der Zee AGJ, Oonk MH, De Hullu JA et al. Sentinel node dissection is safe in the treatment of early-stage vulvar cancer. J Clin Oncol. Vol. 26, no. 6, pp.884–9, 2008.
[9] C. Mazouni, P. Morice, P. Duvillard et al. Contralateral groin recurrence in patients with stage I Bartholin's gland squamous cell carcinoma and negative ipsilateral nodes: report on two cases and implications for lymphadenectomy. Gynecol Oncol. Vol. 94, Pp. 843-5, 2004.
[10] R. J. Cardosi, A.Speights, J. V. Fiorica et al. Bartholin's gland carcinoma: a 15-year experience. Gynecol Oncol. Vol. 82, no. 2, pp. 247–251, 2001.
[11] L. J. Copeland, N. Sneige, D.M.Gershenson et al. Adenoid cystic carcinoma of Bartholin gland. Obstet Gynecol. Vol. 67, no. 1, pp. 115–120, 1986.
[12] O. Balat, C.L.Edwards, L. Delclos. Advanced primary carcinoma of the Bartholin gland: report of 18 patients. Eur J Gynaecol Oncol. Vol. 22, pp.46-9, 2001.
[13] H. Mansouri, I. Ben Safta et al. Carcinome adénoïde kystique de la glande de Bartholin: A propos d'un cas. Journal of Dental and Medical Sciences. Vol. 17, no. 10, pp. 51-53, 2018.

International Journal of Innovation and Applied Studies
ISSN 2028-9324 Vol. 39 No. 2 Apr. 2023, pp. 782-786
© 2023 Innovative Space of Scientific Research Journals
http://www.ijias.issr-journals.org/

Carcinome colloïde du sein: A propos de trois cas

[Colloid carcinoma of the breast: A review of three cases]

Chaymaa Mohammadine[1], Zineb Aboueddahab[2], Wissal Zahir[1], Samia Tligui[1], Fatima Elhassouni[1], and Samir Bargach[1]

[1]Department of Gynecology-Obstetrics-Oncology and High-Risk Pregnancy, Souissi Maternity Hospital, Ibn Sina University Hospital Center, Rabat, Morocco

[2]Department of Gynecology and Obstetrics, Mohammed V Military Training Hospital, Rabat, Morocco

Copyright © 2023 ISSR Journals. This is an open access article distributed under the ***Creative Commons Attribution License***, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

ABSTRACT: Colloid carcinoma of the breast is a rare histological entity, representing only 1 to 6% of all breast carcinomas. It affects a specific population and is known for its favorable prognosis compared to other breast cancers. Through three clinical cases of colloid carcinoma and a review of the literature, we will try to discuss the main clinical-pathological and evolutionary characteristics of this rare form of breast cancer.

KEYWORDS: Carcinoma; Breast; Colloid; Mucinous; Pure; Mixed; Prognosis.

RESUME: Le carcinome colloïde du sein est une entité histologique rare, puisqu'il représente seulement 1 à 6% de l'ensemble des carcinomes mammaires. Il touche une population spécifique, et il est connu pour son pronostic favorable par rapport aux autres de cancers du sein. A travers trois cas cliniques de carcinome colloïde et une revue de la littérature, nous essaierons de discuter les principales caractéristiques clinico-pathologiques et évolutives de cette forme rare du cancer du sein.

MOTS-CLEFS: Carcinome; Sein; Colloïde; Mucineux; Pur; Mixte; Pronostic.

1 INTRODUCTION

Le cancer du sein est une maladie répandue qui touche 1 femme sur 8 dans le monde [1]. Sur le plan histo-pathologique, le carcinome colloïde appelé aussi, carcinome mucineux ou gélatineux, est une variante histologique très rare, il représente 1 à 7 % de l'ensemble des carcinomes infiltrant du sein [2]. Selon l'Organisation Mondiale de la Santé (OMS), le carcinome colloïde du sein est définit par la présence de cellules tumorales malignes muco-sécrétantes qui flottent dans le mucus. Deux formes histologiques ont été décrites: la forme pur (dans laquelle la composante de carcinome canalaire infiltrant est absente ou minoritaire ≤10%), et la forme mixte [3]. Cette distinction est importante à préciser du fait de sa valeur pronostique. En effet, dans le carcinome colloïde pur, le tissu tumoral est entouré par du mucus extracellulaire formant ainsi une barrière mécanique qui va atténuer l'invasion cellulaire, ce qui rend cette forme moins agressive que la forme mixte et donc un pronostic plus favorable [4]. A la lumière de trois cas cliniques de patientes atteintes d'un carcinome colloïde du sein, et des données de la littérature, nous allons discuter les principales caractéristiques cliniques et évolutives de ce type de carcinome ainsi que les modalités de prise en charge.

2 CAS CLINIQUES

2.1 CAS N°1

Patiente âgée de 52 ans, ménopausée, sans antécédents notables, qui a consulté pour un nodule du sein droit découvert à l'autopalpation. L'examen clinique a trouvé un nodule de 4 x 3 cm au niveau du quadrant supéro-externe (QSE) droit, mobile, de contours lobulés, associé à une adénopathie axillaire homolatérale mobile. La mammographie a révélé une opacité grossièrement arrondie, bien limité, de contours lobulés et flous, sans foyers de microcalcifications classée BIRADS 4 (Figure 1). Le complément échographique a objectivé une formation hypoéchogène hétérogène, à grand axe oblique par rapport à la peau, au niveau du QSE droit, mesurant 42x 23mm, associé à des adénopathies axillaires homolatérale suspecte. La biopsie est revenue en faveur d'un carcinome mucineux grade 2, avec un marquage positif au récepteurs oestrogénique et progestéronique, l'HER2 était négatif et le Ki 67 était à 35%. Un bilan d'extension, fait d'une TDM Thoraco-Abdomino-Pélvienne (TAP), était sans particularité. La tumeur a été classé cliniquement T2N1M0. Une chirurgie conservatrice (tumorectomie droite avec curage axillaire homolatéral) a été réalisée. L'étude histopathologique de la pièce opératoire a révélé un carcinome mucineux infiltrant mesurant 35 mm, associé à une composante intra-canalaire de 17mm, de grade II, avec emboles vasculaire et une atteinte ganglionnaire (3N+/21N). Une chimiothérapie a été administré ainsi qu'une radiothérapie et une hormonothérapie. Après traitement, la patiente se porte bien et ne présente aucun signe de récidive, avec 18 mois de recul.

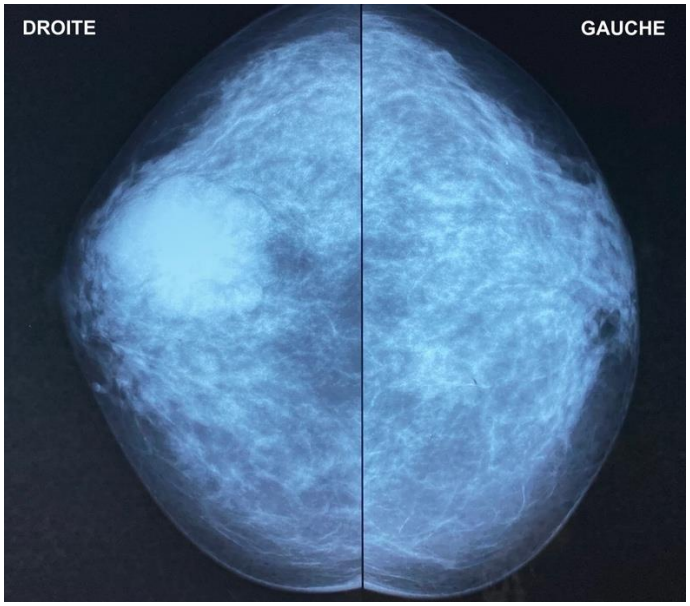


Fig. 1. Mammographie de face montrant l'opacité droite au niveau du QSE, de forme arrondie, bien limitée, de contours lobulés flous, sans microcalcification classé BIRADS 4

2.2 CAS N°2

Patiente âgée de 57 ans, cycle régulier, ayant comme antécédent une sœur décédée par un cancer du sein métastatique. Elle a consulté pour un nodule du sein gauche découvert à l'autopalpation. L'examen clinique a objectivé un nodule de 3,5 cm de diamètre, au niveau de la jonction des quadrants externes gauche (JQE), mobile, de contours lobulés, sans adénopathie axillaire associée. L'écho-mammographie a montré deux opacités superposées correspondant à deux formation hypoéchogène à contours bien limités et mesurant respectivement 19 x 12 mm et 21 x 18 mm, faisant évoquer des adénofibromes, classées ACR 3 (Figure 2). Vu l'antécédent familiale de cancer du sein et l'âge avancé de la patiente, une biopsie a été réalisée. L'étude histopathologique a révélé un carcinome colloïde infiltrant. La tumeur a été classé cliniquement T2N0M0. La patiente a donc bénéficié d'une chirurgie conservatrice du sein gauche. L'étude histologique et immunohistochimique de la pièce opératoire étaient en faveur d'un carcinome mucineux infiltrant bifocal pur, mesurant 4cm, de grade I, sans emboles vasculaire ni envahissement ganglionnaire, les récepteurs hormonaux étaient positifs, l'HER2 était négatif et le Ki67 était à 10%. Une Radiothérapie et une hormonothérapie ont été démarrés. Après traitement, la patiente se porte bien et ne présente aucun signe de récidive, avec 2 ans de recul.

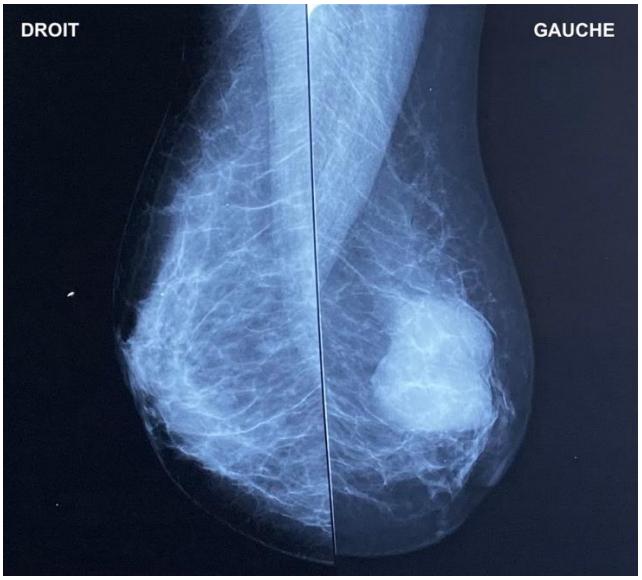


Fig. 2. Mammographie de profil montrant deux opacités superposées, au niveau de la JQS gauche, a contours bien limités classées BIRADS 3

2.3 CAS N°3

Patiente âgée de 39 ans, cycle régulier, sans antécédant pathologique notable qui a consulté pour un nodule du sein droit. L'examen clinique a révélé un nodule rétro-aréolaire de 2,5 cm de diamètre, adhérent au plan cutané et mobile par rapport au plan profond, mal limité, associé à une ADP axillaire homolatérale mobile. La mammographie a montré un sein droit classé BIRADS 4, siège d'une opacité bien circonscrite d'allure suspecte avec de fines spicules (Figure 3). Le complément échographique a retrouvé la même lésion droite, mal limitée, de contours spiculés, hypoéchogène hétérogène, mesurant 17 x 11 mm associé à deux adénopathies axillaires droites suspectes également. La biopsie du nodule a révélé un carcinome colloïde muqueux infiltrant de grade I associé à une composante intracanalaire. La TDM TAP n'a pas montré de métastase à distance. Une chirurgie conservatrice du sein gauche avec curage axillaire a été réalisée dont l'analyse histologique était en faveur d'un carcinome mucineux infiltrant avec une composante intracanalaire, mesurant respectivement 28 mm et 7mm, de grade II, avec présence d'emboles vasculaire et un envahissement ganglionnaire (1N+/17N), les récepteurs hormonaux étaient positifs, l'HER2 était négatif et le Ki67 était à 15%. La patiente a bénéficié d'une chimiothérapie, radiothérapie et une hormonothérapie. Après traitement, la patiente se porte bien et ne présente aucune récidive avec 2 ans de recul.

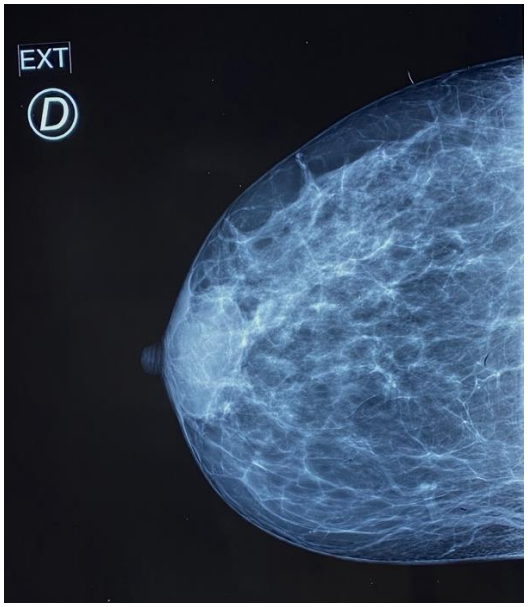


Fig. 3. Mammographie de face du sein droit montrant l'opacité rétro-aréolaire d'allure suspecte classé ACR 4

3 DISCUSSION

Le carcinome colloïde du sein est une variante histologique rare qui touche préférentiellement la femme après 60 ans. Il représente 1% des carcinomes du sein avant l'âge de 35 ans et 7% après 75ans [4]. Ce qui rejoint les résultats de notre série, avec un âge moyen de 49 ans. La forme pure représente 33 à 95 % de l'ensemble des carcinomes colloïdes du sein [3]. Ce taux serait dû à une méconnaissance du type mixte et à son inclusion probable dans le type canalaire infiltrant [5]. La forme pure survient à un âge plus avancé que la forme mixte, avec une moyenne d'âge de 49 à 67 ans.

Sur le plan clinique, le carcinome colloïde est une tumeur maligne de croissance lente [6]. Sa modalité de découverte se fait à la palpation dans plus de 80% des cas [7], comme c'est le cas de nos patientes. Il peut simuler une tumeur bénigne, et se présente souvent sous forme d'une masse bien limitée, mobile voir même lobulée [3]. La localisation habituellement décrite est le QSE [5] et la multifocalité a été rapportés chez certains cas, alors que la bilatéralité a été rarement décrite dans la littérature [7]. L'une de nos patientes avait un carcinome colloïde bifocale. La taille tumorale moyenne rapportée dans la littérature est de 1,5 cm, elle était supérieure dans le carcinome colloïde mixte, et dans 96 % des cas la tumeur était classée T1 ou T2 (de la classification TNM du cancer du sein) [9]. Chez nos patientes toutes les tumeurs étaient classées T2. L'atteinte ganglionnaire était associée à une taille tumorale plus grande [10], elle était plus fréquente dans la forme mixte [3], et il a été démontré qu'elle semblait aggraver le pronostic du cancer colloïde du sein avec un risque de récidive et de métastases à distance plus important [2].

Sur le plan radiologique, la mammographie peut être normale dans 5 à 15% des cas [9]. Cependant le caractère rassurant de l'imagerie contrastant avec l'âge avancé des patientes devrait faire craindre la malignité [3]. Comme c'est le cas de notre patiente n°2, chez qui la mammographie a révélé une lésion en faveur d'un adénofibrome, mais vu l'âge avancé, la biopsie a été réalisé et a révélé un carcinome colloïde. L'aspect mammographique le plus évocateur est celui d'une opacité dense, circonscrite ou polylobé, à contours réguliers ou finement irréguliers. L'image type est dite en « balle de coton » [3]. Les microcalcifications sont rares et sont généralement liées à la présence d'une composante in situ [3]. Concernant l'échographie mammaire, elle permet de faire la différence entre les deux types de carcinomes colloïdes [5]. L'IRM quant à elle, permet de distinguer un carcinome colloïde pur d'un adénofibrome [3]. Et le bilan d'extension montre rarement des lésions métastatiques [4], comme c'est le cas pour nos trois patientes.

Histologiquement, l'aspect du carcinome colloïde du sein est souvent lobulé avec présence de logettes séparées par des cloisons fine de collagène, contenant du mucus où flottent des petits amas de cellules tumorales uniformes [11]. Dans la forme mixte, la transition entre le mucus et le tissu conjonctif est progressive, contrairement à la forme pure où elle est brusque et constitue une barrière mécanique ce qui rend cette dernière moins agressive. De plus le carcinome colloïde pur est majoritairement de bas grade (selon le score de Scarf Bloom et Richardson) [3]. Sur le plan immunohistochimique, les carcinomes mucineux du sein sont caractérisés par une expression importante des récepteurs hormonaux (dans 87% des cas), un Her 2 souvent négatif et un taux de Ki67 majoritairement bas (inférieur à 14%) [10], [12].

Il n'y a pas de consensus particulier concernant la prise en charge thérapeutique du carcinome colloïde du sein [8]. Cependant la chirurgie est toujours indiquée, tout en préconisant une chirurgie conservatrice pour la forme pure et les tumeurs T1 et T2 [8]. Le curage axillaire n'est pas systématique dans la forme pure, car il est connu pour son faible taux de métastases ganglionnaires (2 à 14% contre 45 à 64% dans la forme mixte). Mais certains auteurs ont démontré qu'un jeune âge était parmi les facteurs souvent associés à la présence d'adénopathies axillaires [4]. Quant aux traitements adjuvants, à savoir la Radiothérapie, la chimiothérapie et/ou l'hormonothérapie, leurs indications est similaire à celles des autres types de carcinome mammaire [4], [9]. L'attitude thérapeutique adaptée pour nos trois patientes est similaire à celle décrite dans la littérature.

La majorité des auteurs s'accordent pour dire que le carcinome colloïde est associé à une évolution plus favorable et une survie plus longue par rapport aux autres tumeurs malignes du sein, notamment dans sa forme pure [4], [8]. Le taux de survie à 10 ans passe de 91% dans la forme pure à 46% dans la forme mixte [3]. La survenue de métastase est souvent due à un diagnostic tardif, ou à la présence d'une composante infiltrante [12]. Cependant, des rechutes tardives aussi bien locorégionales qu'à distance peuvent survenir, d'où l'intérêt d'une surveillance à long terme [3].

4 CONCLUSION

Le carcinome colloïde mammaire est une tumeur rare du sein. Il faut toujours l'évoquer devant un nodule du sein d'allure bénin en imagerie, surtout si celui-ci survient chez une femme d'âge avancé. La distinction entre les deux variantes histologiques, pure et mixte, du carcinome colloïde est capitale du fait de son impact pronostique et thérapeutique. Un échantillonnage plus important avec un suivi plus long sont nécessaires pour obtenir une meilleure compréhension de cette tumeur.

REFERENCES

[1] Breast Cancer Statistics. How Common Is Breast Cancer?. [Online] Available: https://www.cancer.org/cancer/breast-cancer/about/how-common-is-breastcancer.html (15 March, 2022).
[2] H. Liu, H. Tan, Y. Cheng, et al. Imaging findings in mucinous breast carcinoma and correlating factors. Eur J Radiol. Vol. 80, no. 3, pp. 706-12, 2011.
[3] I.Chtourou, M.S Krichen, I. Bahri, K. Abbes, et al. Carcinome colloide pur du sein: étude anatomoclinique de sept cas. Cancer/Radiothérapie. Vol. 13, no. 1, pp. 37-41, 2009.
[4] N. Naqos, A. Naim, H. Jouhadi, A. Taleb, et al. Carcinome mucineux du sein: profil clinique, biologique et évolutif. Vol. 20, no. 8, pp. 801-804, 2016.
[5] H. Haddad, N. Benchakroun, A. Acharki, H. Jouhadi, et al. Le carcinome colloide du sein. Imagerie de la femme. Vol. 16, no. 2, pp. 119-23, 2006.
[6] A. Ranade, R. Batra, G. Sandhu, et al. Clinicopathological evaluation of 100 cases of mucinous carcinoma of breast with emphasis on axillary staging and special reference to a micropapillary pattern. J Clin Pathol. Vol. 63, no. 12, pp. 1043-7, 2010.
[7] S.H. Giordano, D. S. Cohen, A. U. Buzdar, G. Perkins, G. N. Hortobagyi. Breast carcinoma in men: a population-based study. Cancer. Vol. 101, no. 1, pp. 51-7, 2004.
[8] A. Dumitru, A. Procop, A. Iliesiu, et al. Mucinous breast cancer: a review study of 5-year experience from a hospital – based series of cases. Maedica (Buchar). Vol. 10, pp. 14–8, 2015.
[9] I. K. Komenaka, M. B. El-Tamer, A. Troxel, et al. Pure mucinous carcinoma of the breast. Am J Surg. Vol. 187, no. 4, pp. 528-32, 2004.
[10] C. R. Barkley, J. A. Ligibel, J. S. Wong, et al. Mucinous breast carcinoma: a large contemporary series. Am J Surg. Vol. 196, pp. 549–51, 2008.
[11] G. SS. Kavita, R. Kudva, P. Sandee. Kumar Mixed Mucinous and Infiltrating Carcinoma Occurring in Male Breast Study of Clinico-Pathological Features: A Rare Case Report. Journal of Clinical and Diagnostic Research. Vol. 9, no. 6, pp. 7-8, 2015.
[12] O. El Amine El Hadj, M. Ayadi, et al. Les carcinomes mucineux du sein entité rare à connaitre: étude clinico-pathologique de 48 cas. La TUNISIE MEDICALE. Vol. 94, pp. 8-9, 2016.

International Journal of Innovation and Applied Studies
ISSN 2028-9324 Vol. 39 No. 2 Apr. 2023, pp. 787-799
© 2023 Innovative Space of Scientific Research Journals
http://www.ijias.issr-journals.org/

Physicochemical characterization of leachates from two landfills in Brazzaville, Republic of Congo

Tchoumou Martin[1], Ndokadiki Rêve Charlène[1], Ngoro-Elenga Ferland[2], and Engambe Christ Bardol[2]

[1]Unity of Plant and life chemistry, Faculty of Sciences and Technology, Marien NGOUABI University, Brazzaville, Republic of the Congo

[2]Laboraoty of inorganic chemistry, Faculty of Sciences and Technology, Marien NGOUABI University, Brazzaville, Republic of the Congo

Copyright © 2023 ISSR Journals. This is an open access article distributed under the ***Creative Commons Attribution License***, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

ABSTRACT: One of the biggest problems with landfilling waste is the landfill leachate that is produced when water passes through the waste. The composition of the leachate obviously depends on the nature of the buried waste, the presence of fermentable organic matter and the climatic conditions combined with the mode of operation of the site. The objective of this study is to make a physicochemical characterization of leachate from two public landfills in Brazzaville. To carry out this characterization, we made a series of leachate sampling from December 2021 to February 2022. The potentiometric and colorimetric methods were used for the determination or different parameters. During this period, the physicochemical analyzes carried out on these samples revealed high levels of biodegradable organic matter, with nitrates, chlorides and phosphates levels below the WHO standard. For the metals, we note the total absence of Pb in the two landfills. The Fe, Zn, and Cu contents do not exceed the WHO standard, while the Cd content for tsiémé landfill exceeds the WHO standard. The average value of the ratio (BOD5/COD) is 0.34 for the two sites, which shows that it is the intermediate leachate.

KEYWORDS: leachate, characterization, parameters, biodegradability, landfill, Brazzaville.

1 INTRODUCTION

Uncontrolled open landfill remains the most widely used means of waste disposal in developing countries. The waste recovery channels have not yet been mastered and incineration is not suitable given its fairly high cost and the high water content of this waste [1]. This way of managing is a real and permanent danger for the environment and human health. Thus, the determination of the physicochemical parameters can make it possible to assess its impact on the surrounding environments. Indeed, the leachate from the waste drains the heavy metals contained in the latter, and constitutes a potential source of pollution of the soil, groundwater and surface water. Leachate is a major vector of pollutant load and falls into the same category as municipal and industrial wastewater [2].

The landfills of the Tsiémé and Moukondo districts which were the subject of this study are open landfills and generate air, water and soil pollution. Indeed, these contain a large quantity of waste from various sources. The mixture between waste and water causes a fermentation of methane, which is a greenhouse gas.

In environmental management, the phenomenon of leaching is the process during which water infiltrates a storage site and is loaded with hazardous materials such as heavy metals and the water ends up in the water table by runoff. The liquid produced by this operation is leachate. The phenomenon is very present in all old household and industrial landfills where the waste has not been stored in an impermeable environment or with a runoff treatment process.

The chemical compositions of leachates is not only very diverse but also variable in time and space. The main parameters influencing the composition of the leachate are the composition of the buried waste, the degree of decomposition, the

humidity rate, the temperature, the rate of water infiltration into the waste, the climatic conditions and the age of the waste discharge. Faquhar thinks that leachate can come either from waste water, or from meteoric precipitation and also from groundwater [3].

2 MATERIAL AND METHODS

2.1 PRESENTATION OF THE STUDY AREA

Brazzaville is located on the right bank of the Congo River, it extends over approximately 30 km with an average altitude of 335m, a south latitude of 4°17 and an east longitude of 15°16 [4].

The city is limited:

- To the North by the Mbé tray which extends from East to West and overlooks the city and the Stanley Pool,
- To the east by the Congo River and to the south-west by the cataracts tray which connects to that of Mbé,
- To the west by a lot of hills [5].

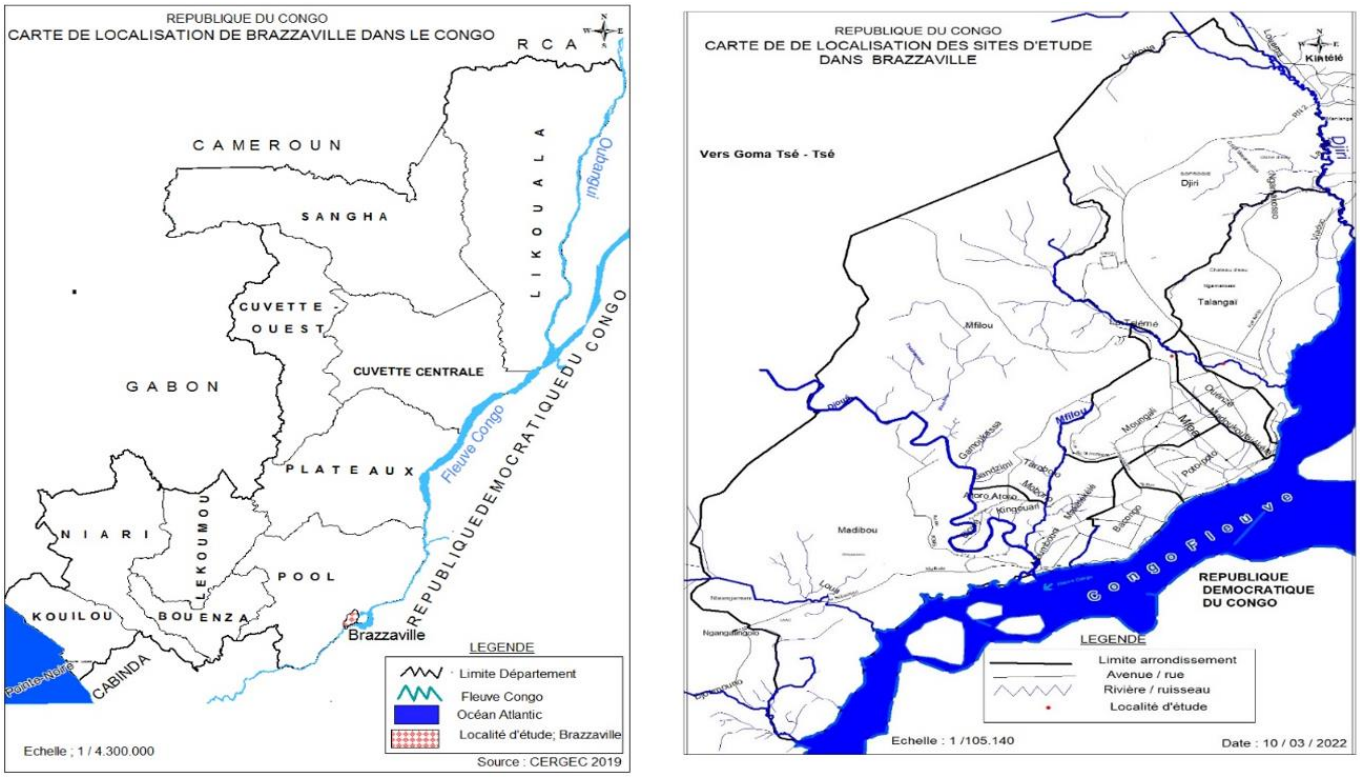


Fig. 1. Localisation of the study area

The figure 2 and table 1 show respectively the images of Tsiémé and Moukondo landfills, and their GPS coordinates.



Fig. 2. Images of Tsiémé and Moukondo landfills

Table 1. GPS coordinates of the landfills

Landfills	Latitude	Longitude
Tsiémé	4,22994	15,28378
Moukondo	4,22756	15,26872

2.2 SAMPLING OF LEACHATE

Three leachate sampling campaigns were carried out at the two public landfills during a period from December 2021 to February 2022. The samples were taken at one location at each landfill site. A drop was created at each landfill and a bottle was placed to receive the flowing leachate in 1.5 L capacity plastic bottles previously washed with distilled water then rinsed with the effluent [6]. The figue 3 shows the technique used to collect leachate samples. The samples thus taken were transported to the laboratory in a cooler for analysis. During sampling, same physical parameters such as pH, conductivity and temperature were measured in situ.



Fig. 3. Leachate sampling

2.3 PHYSICOCHEMICAL ANALYZES

Different analytical methods were used for the determination of several parameters: The potentiometric method for determining temperature (T°C), pH, electrical conductivity (EC) using a multiparameter Water Quality Meter EZ9908, and turbidity using an ORIAN AQ3010 Turbidity Meter.

The colorimetric method for determining nitrates (NO_3^-), ortho-phosphates (PO_4^{3-}), chlorides (Cl^-), trace metal elements (Fe, Cu, Zn, Cd) using a Lamotte SMART spectrophotometer and COD using an Aqualytic AL800 spectrophotometer. It consists of adding a reagent to the tanks or tubes, then dosing the mixture with a spectrophotometer at well-defined wavelengths. At these wavelengths, the absorbance of the solution is proportional to the concentration of the parameter to be determined if the conditions of the Beer-Lamber law is respected. The BOD5 using an Aqualytic BOD meter.

The BOD5/COD ratio makes it possible to estimate the biodegradability of organic matter [7] and to characterize the age and the state of the flow. It must be remembered that BOD5/COD is a ratio which evolves over time, it provides information on the nature of the biochemical transformations that prevail within the discharge [8].

3 RESULT AND DISCUSSION

The composition of the leachates, at different sampling campaigns, sometimes presents significant differences.

3.1 PHYSICAL PARAMETERS

The color and smell of leachate from the two landfills studied are the first indicators of pollution. The landfills analyzed have a blackish color and a foul odor indicating the influence of the waste on the water quality.

The Figure 4 represents the variation of the temperature of the leachates. The temperature values are between 26 and 30°C during the three sampling campaigns.

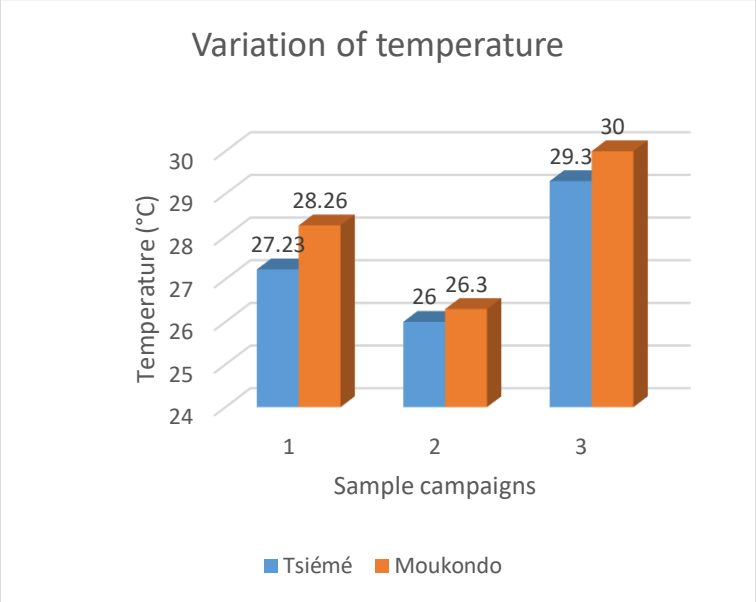


Fig. 4. Variation of temperature of leachate

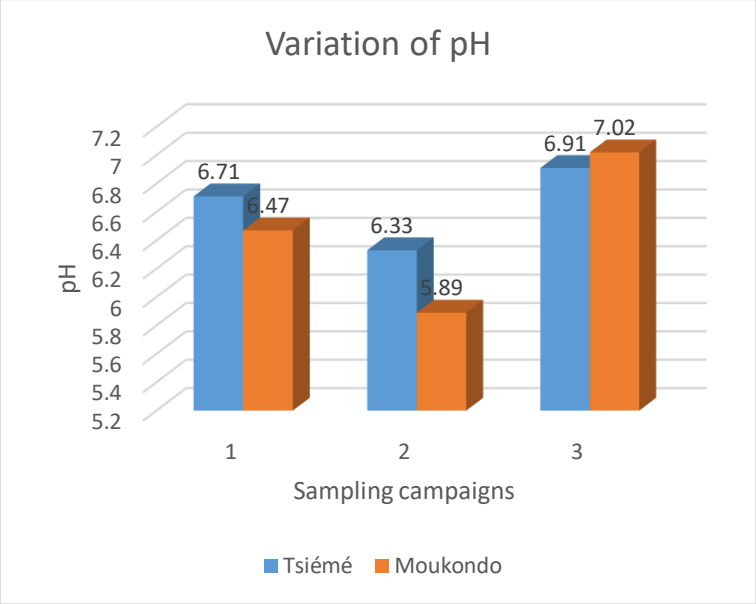


Fig. 5. Variation of pH of leachate

The temperature vary from 26 to 29.3°C for tsiémé landfill with an average of 27.23°C and from 26.3 to 30°C for Moukondo landfill with an average of 28.26°C. At high temperature, the intensification of bacterial activity activeness the degradation of the organic matter present.

The figure 5 represents the variation of the pH during the three sampling campaigns of the two landfills. The pH values are between 5.89 and 7.02.

The pH vary between 6.33 and 6.91 with an average of 6.71 for tsiémé landfill, it varies between 5.89 and 7.02 for Moukondo landfill with an average of 6.47. Indeed, During the transition phase to anaerobiosis, acid fermentations and acetogenesis begin, CO_2 and volatile fatty acids which leads to a decrease in pH. As the landfill ages, anaerobic conditions are established; methane production begins at the same time as carbon dioxide and hydrogen begin to be consumed. The volatile fatty acids are consumed, the pH increases, until neutrality [9].

The figure 6 represents the variation of the electric conductivity (EC) of the leachate. The EC values are between 271 and 1811 µS/cm during the three sampling campaigns.

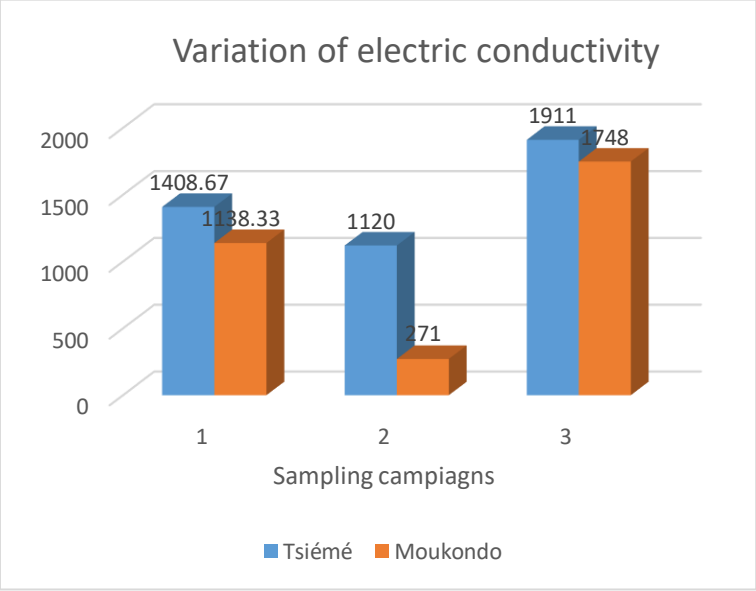


Fig. 6. Variation of electric conductivity of leachate

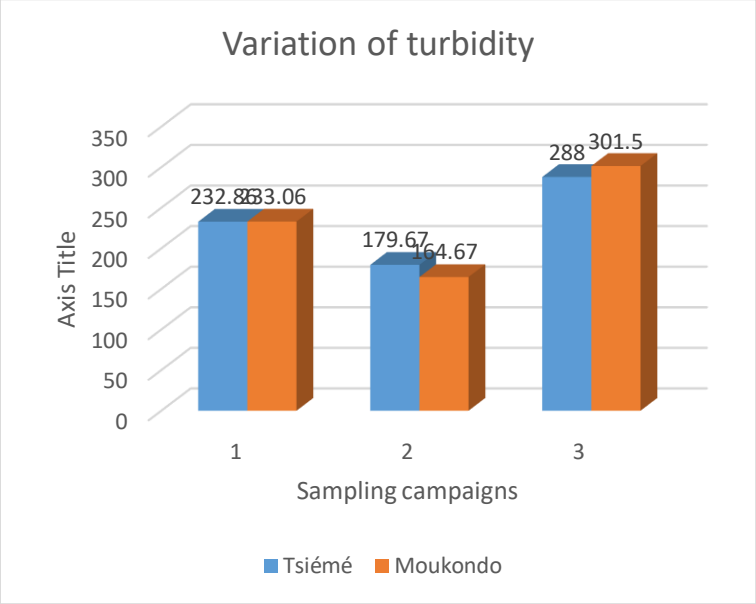


Fig. 7. Variation of turbidity

The average values of electric conductivity of Tsiémé and moukondo landfills are respectively 1408.67 and 1138.33 µS/cm. The high values were recorded during the period when it was not raining heavily and the low values during the rain. These low values could be explained by the phenomenon of dilution. Indeed, during the rainy period, the leachate receives a large quantity of water, thus causing a considerable dilution of the chemical elements present [10].

The figure 7 represents the variation of turbidity of the leachate. The turbidity values are between 164.67 and 301.5 NTU during the three sampling campaigns.

The turbidity vary between 179,67 and 288 NTU wth an average of 232.86 NTU for the Tsiémé landfill and between 164.67 and 301.5 NTU with an average of 233.06 NTU for the Moukondo lanfill. The high turbidity values which greatly exceed the standard can be explained by the advanced state of waste decomposition.

The figure 8 represents the variation of suspended solids during the three sampling campaigns from the two landfills.

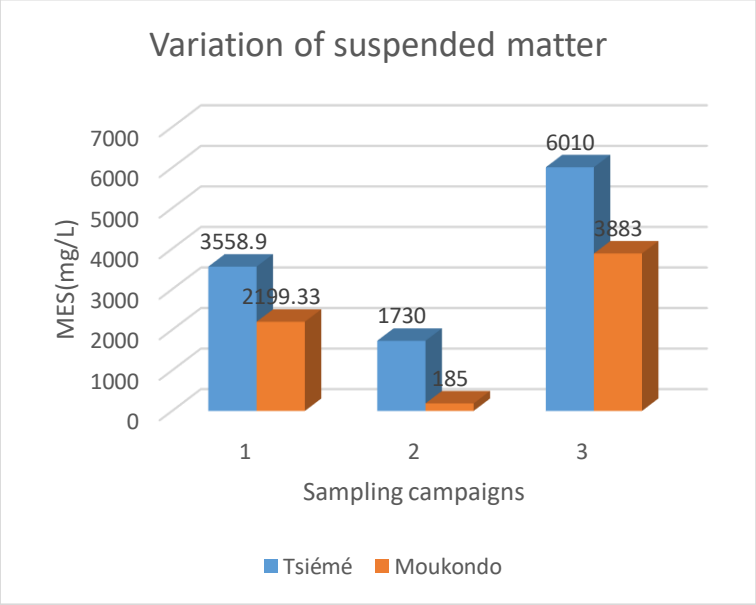


Fig. 8. Variation of suspended matter of leachate

The values fluctuate between 185 and 6010 mg/L. The highest value (6010mg/l) is observed at tsiémé landfill during the second campaign and the lowest value (185mg/l) at moukondo landfill during the first campaign. These leachates have very high suspended solids values with averages of 3558.9 mg/L for Tsiémé landfill and 2199.33 mg/L for moukondo landfill. This is a common characteristic of all landfills household waste [11]. The high contents of suspended solids are explained by the fact that during the period of short dry season in Congo, Brazzaville (January, February), there is no significant rainfall which can induce phenomena of considerable dilution of the juice discharge, from where the leachates become increasingly rich in suspended solids. These values are higher than those recorded in Essaouira, Morocco by El Mohammedia [12], but which remain much lower than those recorded at the Agadir, Morocco landfill by Lekehal [13]. These high concentrations represent an indicator of the high organic and mineral load due to the nature of the waste.

3.2 ORGANIC PARAMETERS

The figure 9 represents the variation of COD of the leachate. The result showed that the COD contents fluctuate between 219 and 7375 mg of O_2 /L during the three sampling campaigns

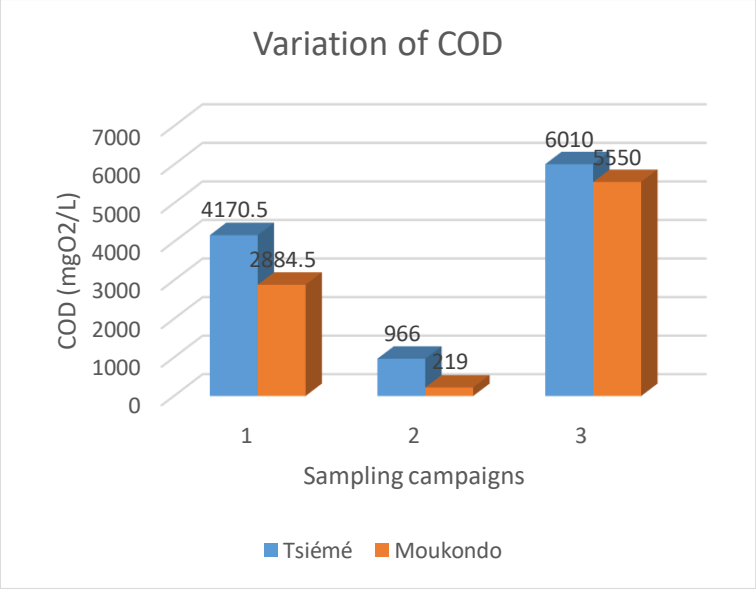


Fig. 9. Variation of COD of leachate

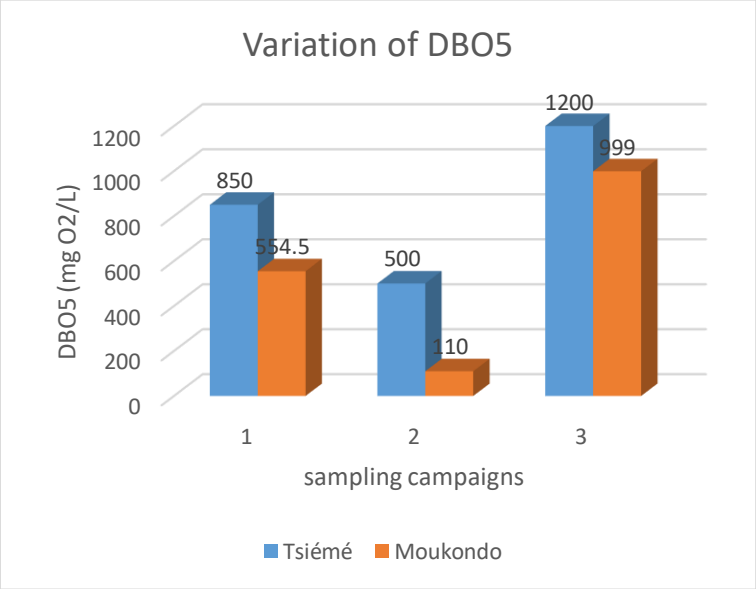


Fig. 10. Variation of DBO5 of leachate

High COD values are observed during the first and second sampling campaigns in the tsiémé landfill, and during the second sampling campaign in moukondo landfill.

The COD is representative of most organic compounds and oxidizable mineral salts. The average contents of tsiémé and Moukondo landfill are respectively 4170.5 and 2884.5 mg of O_2/L. High COD values indicate a very high organic load and show that these influent liquids are in the reducing conditions. This indicates that the phenomenon of anaerobiosis is predominant in both discharges. Indeed, oxygen is strongly solicited for the degradation of organic matter and the oxidation of minerals present in the effluent [14].

The figure 10 represents the variation of BOD5 of leachate. The values vary from 110 to 1200 mg of O_2/L during the three sampling campaigns. The highest value (1200 mg of O_2/L) is observed at Tsiémé landfill during the second sampling campaign and the lowest value at Moukondo landfill during the first sampling campaign.

The BOD5 varies from 500 to 1200 mg O_2/L with an average of about 850 mg O_2/L for Tsiémé landfill and from 110 to 999 mg O_2/L with an average of about 554.5 mg of O_2 /L of Moukondo landfill. The ratio (BOD5/COD) provide information on the biodegradability of organic molecules and the relative age of the landfills studied. The values of the BOD5/COD ratios are between 0.50 and 0.18 for Moukondo landfill with an average of 0.34, and between 0.52 and 0.16 with an average of 0.34 for Tsiémé. These values show that the leachates from the two landfills are rich in biodegradable organic matter. Thus, according to Amokrane [2] the BOD5 / COD ratio is greater than 0.5 for young leachates and less than 0.1 or even to zero for stabilized leachates. It is deduced that the leachates studied are between these two states. The value of 0.34 from the average of the various BOD5/COD ratios indicates that the leachates studied are of average biodegradability. This means that the organic molecules contained in the leachates have not yet reached the final stage of their degradation. At this stage, they are characterized by an unstable phase of methane fermentation which favors the phenomenon of anaerobiosis and the maintenance of discharges in an active degradation phase [15].

3.3 CHEMICAL PARAMETERS

Figure 11 represents the variation of nitrate of leachate. The nitrate concentrations fluctuate between 7 and 17 mg/L during the three sampling campaigns.

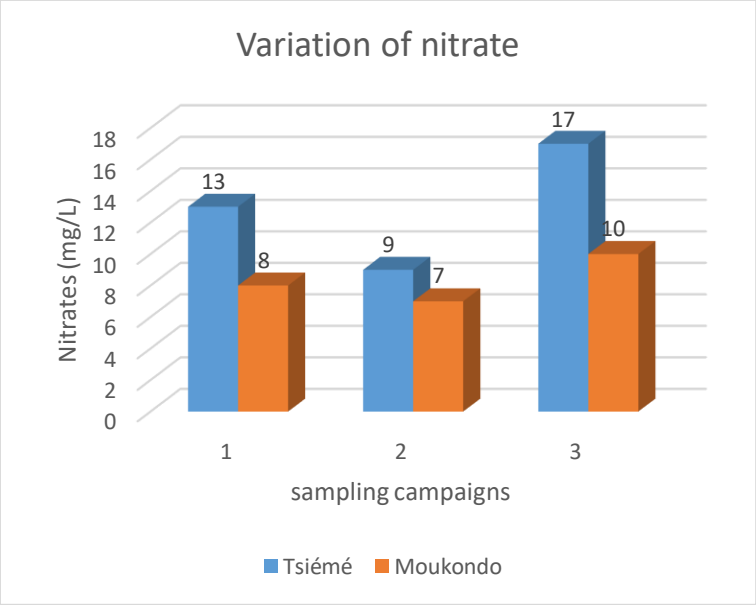


Fig. 11. Variation of nitrate of leachate

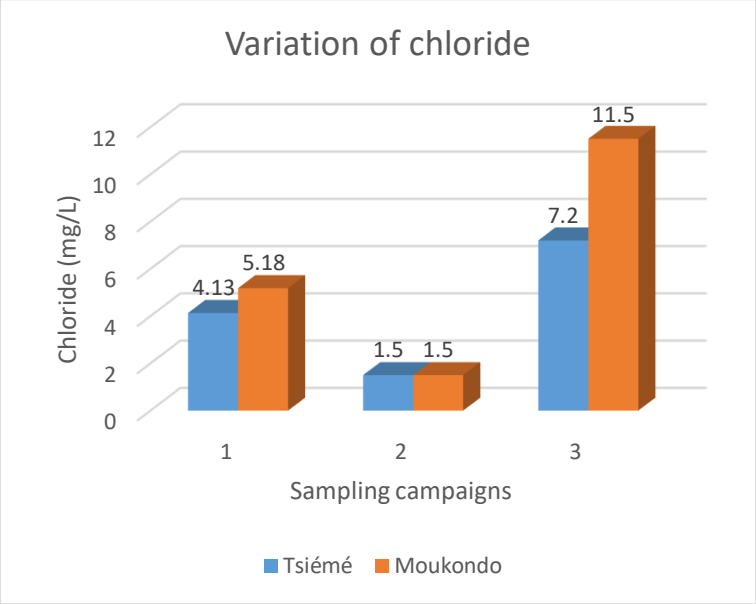


Fig. 12. Variation of chloride of leachate

The average contents of Tsiémé and moukondo landfills are respectively 13 and 8 mg/L. These values are well below the concentration accepted by the WHO, which is 50 mg/L. the average for Tsiémé landfill is comparable to that obtained at the Meknes landfill (Morocco) 14.17 mg/L by Zakaria [16]. The low concentrations of nitrates can be the result of the decrease in oxygen in the leachates, which leads to deduce that the phenomenon of anaerobiosis is predominant in the landfill [17].

Figure 12 represents the variation of chloride of leachate. The chloride concentration fluctuates between 7 and 17 mg/L during the three sampling campaigns. The average contents of Tsiémé and moukondo landfills are respectively 4.13 and 5.13 mg/L. These values do not exceed the standard accepted by the WHO, which is 250 mg/L.

Figure 13 represents the variation of phosphate of leachates. The concentrations fluctuates between 0 and 1.14 mg/L during the three sampling campaigns.

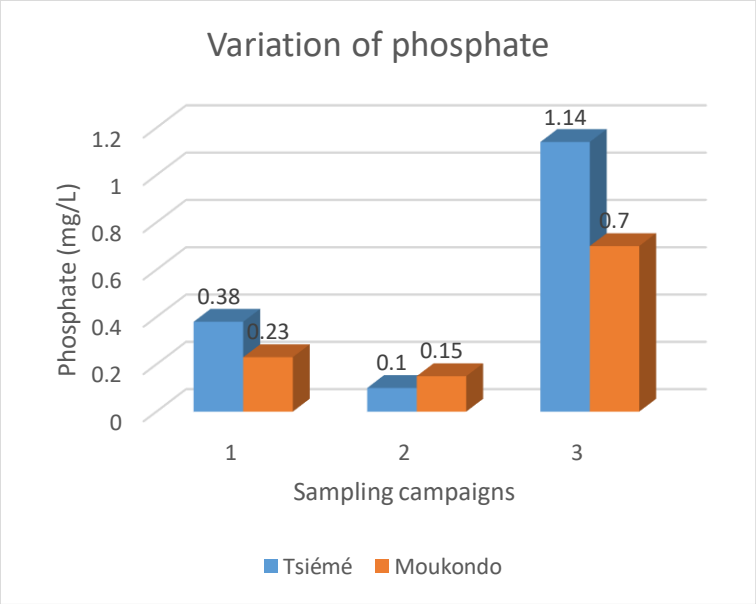


Fig. 13. Variation of phosphate of leachate

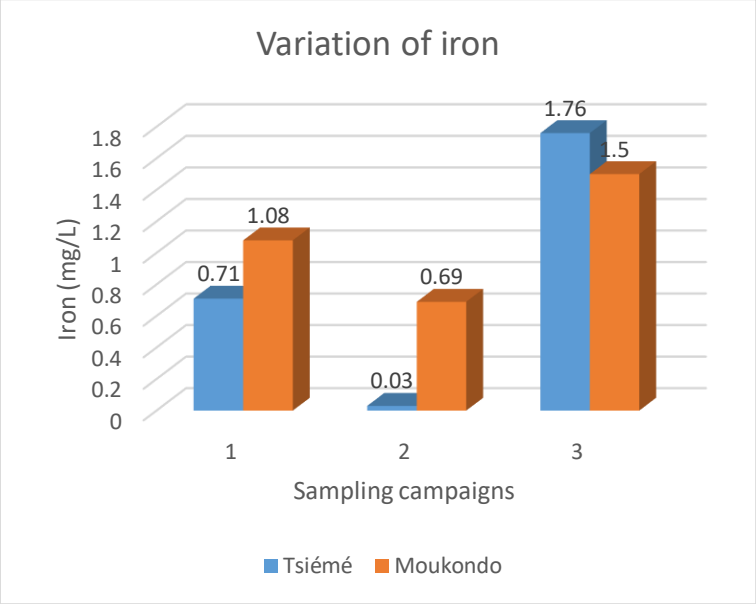


Fig. 14. Variation of iron of leachate

For this parameter, the results shows that it's concentration is lower than the WHO standard which is 5 mg/L. The average of Moukondo landfill which is 0.38 mg/L corroborates with that of the Meknes landfill in Morocco [13].

Figure 14 represents the variation of total iron of leachate. The values vary between 0.03 and 1.76 mg/L during the three sampling campaigns. The highest value is observed at tsiémé landfill during the second sampling campaign.

Figure 15 represents the variation of copper of leachates. The values vary between 0.01 and 1.36 mg/L during the three sampling campaigns.

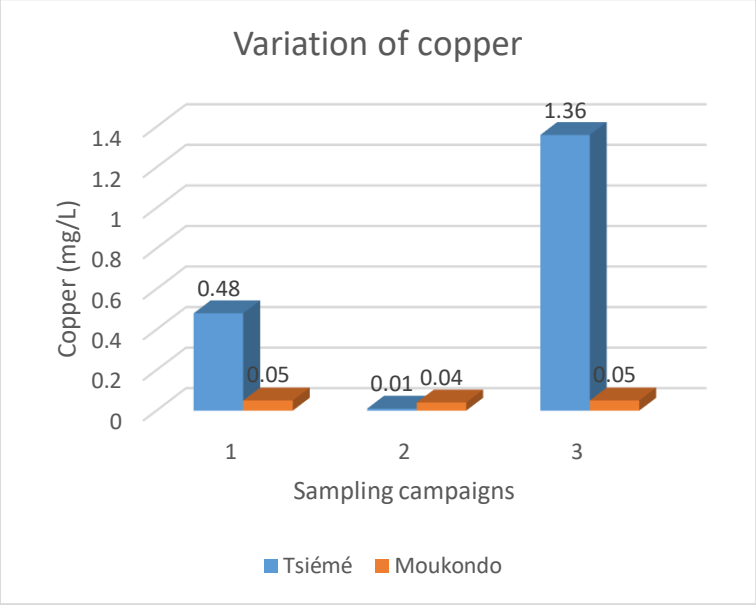


Fig. 15. Variation of copper of leachate

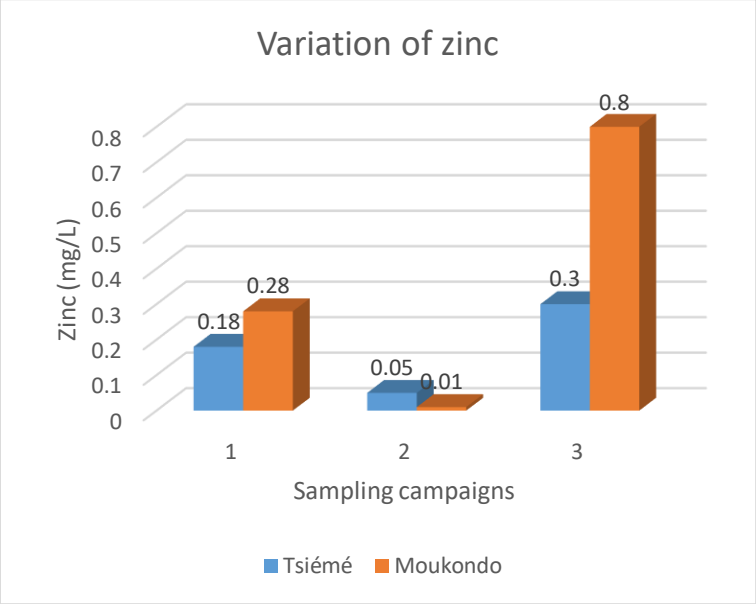


Fig. 16. Variation of zinc of leachate

Figure 16 represents the variation of zinc of leachate. The zinc concentration vary between 0.01 and 0.8 mg/L during the three sampling campaigns.

Figure 17 represents the variation of cadmium of leachate. The concentrations vary between 0 and 0.9 mg/L during the three sampling campaigns

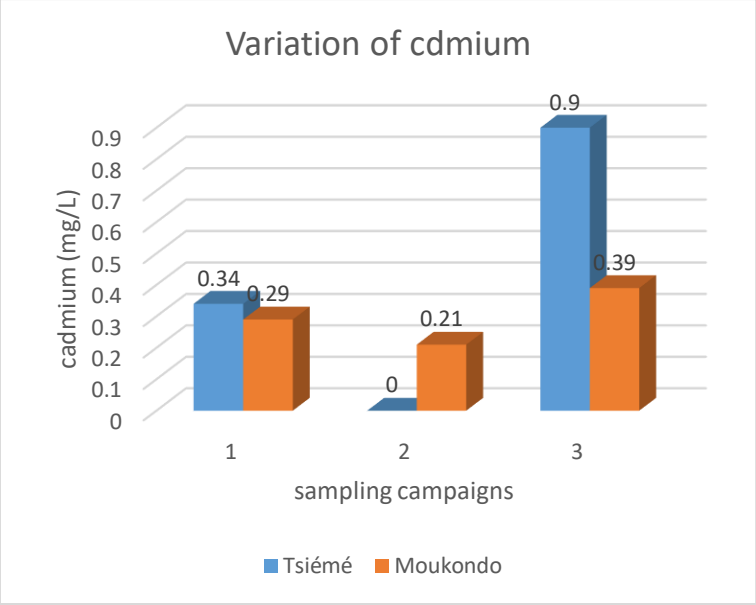


Fig. 17. Variation of cadmium of leachate

The leachates from the two landfills revealed the absence of lead, which could be linked to the fact that the landfills are low in scrap metal [18]. There are also low concentrations of metals below the WHO standard, these are: total iron (Fe^{2+}/Fe^{3+}), copper (Cu^{2+}), Zinc (Zn^{2+}). The Copper is a metal present in its natural state in the earth's crust in its pure state and in many ores [19].

On the other hand, the two landfills revealed the presence of cadmium at higher concentration which exceeds the WHO standard (0.2 mg/L). This could be explained by the presence of plastics [20].

4 CONCLUSION

This study consisted in physico-chemical characterization of leachate from two public landfills in Brazzaville. The analyzes were carried out using potentiometric and colorimetric methods to determine differents paramters.

At the end of this study, it appears that :

- After more than 5 years of operation, the Tsiémé and Moukondo landfills enter the unstable phase of methane fermentation with the ratio BOD5/COD = 0.34 which promotes the phenomenon of anaerobiosis. These leachates are thus considered as intermediate leachates, a state which is confirmed by its average pH close to neutrality 6.71 and 6.47.
- These leachates are thus characterized by a high organic load with a COD which exceeds the reference value, the leachates are under reducing conditions, which confirms that the phenomenon of anaerobiosis is predominant;
- Mineral pollution is reflected by high electrical conductivity which reaches 1408.67 for tsiémé landfill and 1138.33 µS/cm for Moukondo landfill, followed by NO_3^- (13 and 8 mg/L) and PO^{3-}_4 (0.38 mg/L) which clearly indicates the importance of the mineral and organic loads and the phenomenon of anaerobiosis described above;
- The Fe, Zn, Cu, contents are at trace levels not exceeding the WHO standard, with a total absence of Pb in the two sites,
- The Cd content for tsiémé and Moukondo landfills exceeding the norm.

As they do not meet discharge standards, leachate with a high polluting load constitutes a risk of contamination of surface and groundwater. The results of this study clearly indicate that these landfills constitue a danger to humain health, especially for residents living around.

REFERENCES

[1] Aloueimine Sidi Ould (2006). Methodology for the characterization of household waste in Nouakchott (Mauritania): contribution to waste management and decision support tools. Doctoral thesis, University of Limoges, 195p.

[2] Amokrane, A. (1994). Purification of landfill leachate. Pretreatment by coagulation-flocculation.Treatment by Reverse Osmosis. Post-treatment by incineration, Thesis, National Institute of Applied Sciences, Lyon, 286p.

[3] Chadli Aicha, Baba Hamed Mohamed Bey, Kihal Mebrouk (2014): Physical and chemical characterization of the different stages of landfill leachate from the Ain Temouchent landfill (Algeria). Adv. Environ. Biol., 8 (1), 18-24.

[4] PNUD (2006). Human Development Report. Beyond scarcity: power, poverty and the global water crisis. Economica, New York, USA. 422 p. ».

[5] Ngazzi P.M.J. (2007)., Study of erosion in the northern outskirts of Brazzaville. Case: Nkombo and Massengo neighborhoods. Master's thesis, Faculty of Letters and Human Sciences Marien NGOUABU University, 106 p.

[6] Rodier, J. (1996). Water analysis (natural water, groundwater, seawater) 8^{th,} Paris 1996, 1260 p.

[7] Zahrani F. (2006) : Contribution to the development and validation of an audit protocol intended to understand the dysfunctions of waste storage centers (CSD) in developing countries. Applicable to two CSDs: Nkolfoulou (Cameroon) and Essaouira (Morocco). Doctoral thesis, National Institute of Applied Sciences of Lyon, Lyon, 260p.

[8] Kerbachi, R., M. Belkacemi (1994): Characterization and evolution of leachate from the Oued-Smar landfill in Algiers. Techniques, Sciences and Methods – Water 11 : 615–618.

[9] Pitt R., Clarck S. Parmer K. (1994). Potential groundwater contamination, Springfiel (USA) : U.S. Environmental protection Agency, 187p.

[10] Kouame K.I. (2007). Physico-chemical water pollution in the Akouedo landfill area and analysis of the risk of contamination of the Abidjan aquifer by a model simulating the flow and transport of pollutants. Doctoral thesis, University of Abobo Adjamé, Ivory Coast, 212 p.

[11] Christensen P. (2001). Biogeochemistry of landfill leachate plumes. Application Geochemistry 16, 659–718.

[12] Chiguer, H., El Khayyat, F., El Rhaouat, O., Rifki, R., Bensaid, A., El Kharrim, K., Belghyti, D: (2016). Evaluation of the pollution load of leachates from the landfill in the city Essaouira (MOROCCO). International Journal of Innovation and Applied Studies, 14 (3), 863.

[13] Lekehal H., Bouchelta A., Benzougagh B., Boukhari T.R. (2018): Lixiviats issus De La Decharge Publique De La Ville De Meknes : Caractérisation et Impact Sur Les Eaux De L'oued Boufekrane. European Scientific Journal, Vol. 14, n°29, 1857-7881.

[14] Bechac.J. P, Boutin.P, Nuer. P (1984). Treatment of wastewater, Eyrolls Editor, Paris.

[15] Ahel M., Mikac N., Cosovic B., Prohic E., Soukup V. (1998). The impact of contaminant from a municipal solid waste landfill (Zagreb, Croatie) on underlying soil, Water Sci. Technol., Vol 37, n°8, 203-210.

[16] Zakariae Mejraoua, Nasser-Eddine Zine (2017): Physico-chemical characterization of the leachate from the wild landfill of Meknes. European Scientific journal, Vol 13, n°33, 1857-7881.
[17] Hakkou, R. (2001): The Marrakesh public landfill: characterization of leachates, study of their impact on water resources and trial of their treatment. State doctoral thesis, University of CAPI AYYAD, Morocco, 150p.
[18] Jensen D. L., Christensen T. H. (1999): Colloidal and dissolved metals in leachates from four Danish Landfills. Wat. Res. 33 (9) 2139-2147.
[19] Madany, Raveendran, E. (1992). Leachability of heavy metals from copper blasting grit waste. Waste Management and Research 10, 87–91.
[20] L Bada N., Assobhei O., Kebbabi A., Mhamdi R. et Mountadar M (2010): Characterization and pretreatment of leachate from the landfill of the city of azemmour in morocco; waste, science and technology - francophone review of industrial ecology - n° 58, 30 -36.

International Journal of Innovation and Applied Studies
ISSN 2028-9324 Vol. 39 No. 2 Apr. 2023, pp. 800-810
© 2023 Innovative Space of Scientific Research Journals
http://www.ijias.issr-journals.org/

Evaluation in vivo de l'activité antiplasmodiale des extraits de *Artemisia annua L.*, *Alisicarpus ovalifolius* (SCHUM. et THONN.) J. LEONARD. et de *Securidaka longepediculata* FRESS. chez la souris nmri infestée par le *Plasmodium berghei* NK 65

[Evaluation in vivo of the antiplasmodial activity of extracts of *Artemisia annua* L., *Alisicarpus ovalifolius* (SCHUM. et THONN.) J. LEONARD. and *Securidaka longepediculata* FRESS. in nmri mice infected with Plasmodium berghei NK 65]

Mounkaila Soumaila[1], Souley Kallo Moutari[2], Oubayyou Abdoulaye Mamoudou[3], Idrissa Moussa[2], Mahamane Ali[4], and Ikhri Kalid[3]

[1]Department de Biologie, Faculté des Sciences et Techniques, Université d'Agadez, BP 199, Agadez, Niger

[2]Department de Chimie, Faculté des Sciences et Techniques, Université Abdou Moumouni, BP 10662, Niamey, Niger

[3]Laboratoire de Biochimie, Hôpital National Amirou Boubacar Diallo, BP 10146, Niamey, Niger

[4]Department de Biologie, Faculté des Sciences et Techniques, Université Abdou Moumouni, BP 10662, Niamey, Niger

Copyright © 2023 ISSR Journals. This is an open access article distributed under the ***Creative Commons Attribution License***, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

ABSTRACT: This work aims to evaluate the antimalarial biological activities of medicinal plant extracts namely *Artemisia annua, Alisicarpus ovalifolius* and *Securidaka longepediculata*. The phytochemical analysis of the extracts of these plants revealed the presence of saponins, alkaloids, flavonoids, quinones, phenols and terpenes. Toxicity tests according to the method proposed by OECD have made it possible to conclude that the plant extracts are not toxic. The tests were carried out on mice, inoculated intraperitoneally with *Plasmodium berghei*. These animals were divided into eleven groups of five, nine of which each received a dose of the extract to be tested and the other two, distilled water for the negative control and arthemether for the positive control. The different extracts showed various antimalarial activities using the four-day Peters test on infected mice. *Artemisia annua* gave the highest parasitaemia reduction percentages with 87.2; 96.8 and 96% respectively at doses of 100, 250 and 500 mg/kg, while *Alisicarpus ovalifolius* recorded 61.6; 71.20 and 80.8% respectively at the same doses. *Securidaka longepediculata* extracts gave low percentage reductions in parasitaemia. Statistical analysis reveals that the extracts showed a significant difference compared to the negative control ($P<0.05$).

KEYWORDS: Artemether, healing plants, antimalarial, *Plasmodium berghei,* test in vivo.

RESUME: Ce travail a pour but d'évaluer les activités biologiques antipaludiques des extraits de plantes médicinales à savoir *Artemisia annua, Alisicarpus ovalifolius* et de *Securidaka longepediculata.* L'analyse phytochimique des extraits de ces plantes, a révélé la présence de saponines, d'alcaloïdes, de flavonoïdes, de quinones, de phénols et de terpènes. Les tests de toxicité selon la méthode proposée par OCDE ont permis de conclure que les extraits des plantes ne sont pas toxiques. Les tests ont été effectués sur des souris, inoculées par voie intrapéritonéale avec le *Plasmodium berghei*. Ces animaux ont été repartis en onze groupes de cinq, dont neuf ont reçu chacun une dose de l'extrait à tester et les deux autres, de l'eau distillée pour le témoin négatif et de l'arthémether pour le témoin positif. Les différents extraits ont montré diverses activités antipaludiques en utilisant le test de Peters de quatre jours sur les souris infectées. *Artemisia annua* a donné les pourcentages de réduction de la parasitémie, les plus élevés avec 87,2; 96,8 et 96 % respectivement aux doses de 100, 250 et 500 mg/kg, tandis que *Alisicarpus ovalifolius* a enregistrée 61,6; 71,20 et 80,8 % respectivement aux mêmes doses. Les extraits de *Securidaka longepediculata* ont donné de faibles pourcentages de réduction de la parasitémie. L'analyse statistique révèle que les extraits ont montré une différence significative comparés au témoin négatif ($P<0.05$).

MOTS-CLEFS: Arthémether, plantes médicinales, antipaludique, *Plasmodium berghei,* test in vivo.

Corresponding Author: Mounkaila Soumaila

1 INTRODUCTION

La curiosité et le principe innés de la doctrine de signature préconisés par Paracelsus (1493–1541) qui, indiquant la possibilité d'identification des particularités et vertus de chaque plante par sa " signature " (forme, couleur), ont guidé les premiers hommes dans le choix des nouvelles préparations avant les tests [1]. Les substances naturelles dont les plantes constituent la source principale, représentent près de 60% des médicaments dont nous disposons. Les 40% restants ou médicaments de synthèse sont souvent nés de la modification chimique de molécules ou de parties de molécules naturelles prises comme 'têtes de séries [2]. Il apparaît aujourd'hui urgent que la médecine et la pharmacopée traditionnelle africaine vers lesquelles les 3/4 de nos populations se tournent pour des raisons d'ordre socio-culturel, socio-économique et sanitaire, soient valorisées [3].

À l'heure actuelle, des équipes de chercheurs obtiennent à partir des plantes médicinales, des substances nécessaires à la création de nouveaux médicaments. Cependant, le potentiel des plantes comme sources pour la production de nouveaux médicaments est largement inexploité [4]. Donc, la connaissance des constituants chimiques des plantes facilite l'étude de leur activité biologique et un meilleur contrôle de qualité en vue d'une préparation pharmaceutique [5].

Ainsi, la recherche de nouvelles molécules doit être entreprise au sein de la biodiversité végétale en se servant de données ethno-pharmacologiques. Cette approche permet de sélectionner des plantes potentiellement actives et d'augmenter significativement le nombre de découvertes de nouveaux principes actifs [6]. Dans le cas de la lutte contre le paludisme, les succès en clinique de la quinine et de l'artémisinine, molécules naturelles isolées respectivement de *Cinchona sp*. et *Artemisia sp*. encourage la recherche de nouvelles molécules antipaludiques issues de la biodiversité végétale [7].

Afin de valoriser la médecine traditionnelle plusieurs études portant sur la composition chimique des différentes parties des plantes ont été menées à travers le monde mais très peu au Niger. La Flore de ce pays est composée de 1567 espèces d'Angiospermes, 11 Bryophytes, 14 Ptéridophytes et 547 espèces d'Algues [8]. Ainsi, deux espèces végétales spontanées de ladite flore et de *Artemisia annua* produite au Niger ont été utilisée dans le cadre de cette étude. La première, *Alysicarpus ovaliforlius* qui est connue des populations comme une plante fourragère. Au cours de l'enquête ethnobotanique, cette plante est utilisée dans le traitement du paludisme. Et la deuxième plante, *Securidaca longipedunculata* est utilisée dans le traitement de plusieurs maladies dont le paludisme. Ce qui lui a valu le nom de « *Uwan magunguna* » qui signifie la mère des remèdes en Haoussa.

L'objectif est d'd'étudier l'activité anti plasmodiale des deux (2) plantes spontanées (*Securidaca longipedunculata* et *Alysicarpus ovaliforlius*) utilisées dans la pharmacopée du Niger et celle de *Artemisia annua* produite dans le même pays.

2 MATÉRIELS ET MÉTHODES

2.1 PRÉSENTATION DU MILIEU D'ÉTUDE

L'étude phytochimique et pharmacologique ont été conduites au laboratoire du département de chimie de la faculté des Sciences et Techniques de l'Université Abdou Moumouni de Niamey. Le site de l'Université est situé dans la communauté urbaine de Niamey à la rive droite du fleuve Niger (figure 1). La température maximale moyenne mensuelle pendant l'expérimentation est de 38,21 °C pour une température minimale de 22,3 °C.



Fig. 1. Situation géographique de la zone d'étude

2.2 MATÉRIELS VÉGÉTAL

Le matériel végétal est constitué des feuilles de *Artemisia annua,* des racines de *Securidaka longepediculata* et la plante entière de *Alisicarpus ovalifolius*. Ces plantes ont été fraîchement échantillonnées et identifiées au département de biologie de la Faculté des Sciences et Techniques de l'Université Abdou Moumouni de Niamey. Des spécimens ont été déposés à l'herbier du dit département. Les plantes étudiées ont été d'abord lavées, séchées dans les conditions de laboratoire et pulvérisées sous forme de poudre qui par la suite a été utilisée pour effectuer les différentes extractions. Le choix des plantes a été guidé par les indications d'usage médicinal traditionnel antipaludique, mais aussi par le fait que ces plantes n'ont pas fait l'objet d'investigations chimiques au Niger.

2.3 MÉTHODES CHIMIQUES

2.3.1 MÉTHODES DE SCREENING PHYTOCHIMIQUE

Des extraits ont été préparés à partir de ces différentes poudres fines, ont servi à la réalisation du screening phytochimique selon les méthodes rapportées par [9].

Après broyage, les différents échantillons ont été pesés.

Pour la décoction 50 g de la poudre fine de plante est introduit dans 250 mL d'eau distillée et chauffé pendant 15 minutes. Le mélange est filtré sur coton hydrophile, puis sur du papier filtre Wattman.

Pour l'extrait éthanolique, 50 g de poudre de plantes sont placés dans une fiole, on ajoute 250 mL d'éthanol et on agite pendant 24 heures. Le mélange est filtré sur coton hydrophile, puis sur du papier filtre Wattman. Les differentes extraits ont été utilisés pour effectués les tests de caracterisation phytochimique.

- **Test des alcaloïdes**

4 mL de décocté ont été évaporés à sec. Le résidu est repris dans 4 mL de HCl à 1%. Ensuite on le sépare à part égale dans deux tubes. Dans le tube 1 on n'ajoute rien, c'est le témoin; par contre dans le tube 2, on ajoute quelques gouttes de réactif de Mayer. La présence des alcaloïdes est confirmée par la formation d'un précipité blanc ou d'une coloration jaunâtre.

Si c'est le réactif de Dragendorff qui est ajouté à la place du réactif de Mayer, il y aura une coloration rouge orangée ou rouge brique annonçant la présence des alcaloïdes.

Réactif de Wagner: Ajoutant quelques gouttes du réactif de Wagner dans le tube 2 en lieu et place du réactif de Mayer, l'apparition de précipité brun ou brun floconneux montre la présence des alcaloïdes.

- **Test des flavonoïdes**

2 mL de décocté ont été évaporés à sec. Le résidu est repris dans 2 mL d'un mélange d'eau et de méthanol (1: 1). On ajoute quelques gouttes de magnésium et de HCl concentré, une coloration rouge apparait indiquant la présence des flavonoïdes.

- **Test des quinones**

5 mL de l'extrait ont été évaporés à sec. Le résidu est repris dans 5 mL de HCl à 20 %. La solution est portée au bain marie pendant 30 mn, et on le laisse refroidir. Après refroidissement, on l'extrait avec 20 mL de CH_2Cl_2. On ajoute 0,5 ml de NH_3 à 50 %. Une coloration rouge ou violacée indique la présence des quinones.

- **Test des stérols et terpènes**

5mL d'extrait ont été évaporés à sec à 90 ° C. Au résidu, on ajoute 0,5 mL d'acide acétique puis 1 mL d'acide sulfurique concentré. Si dans la zone de contact entre les deux liquides, il y'a apparition d'un cercle violé ou marron devenant gris par la suite, le test est positif.

- **Test des tanins galliques et catéchiques**

✓ Détection des tannoïdes

Les tannoïdes (tannins hydrolysables) et les tannins vrais (tannins ou condensés) sont des polymères de polyphénols responsables de colorations noires brunes des extraits végétaux. Ils ont été détectés en ajoutant quelques gouttes de solution de $FeCl_3$ diluée à 1 ou 2

% au décocté. L'apparition d'une coloration verdâtre indique la présence des tanins catéchiques ou bleue noirâtre pour les tanins galliques ([10], [11]).

✓ Détection des tannins vrais

Ces tanins ont été mis en évidence à chaud en présence de HCl concentré. À 2 ml d'extrait sont ajoutées quelques gouttes de HCl concentré, le tout est chauffé au bain-marie bouillant. La formation d'un précipité rouge indique un test positif [11].

- **Test des anthocyanes**

A 2,5 mL de décocté, on ajoute du HCl à 20 %. Le mélange est porté à chaud à 90° C dans un bain marie pendant 30 minutes. La présence des anthocyanes est confirmée par la formation d'un précipité blanc ou d'une coloration rouge violacée.

- **Test des coumarines**

Les coumarines ont été mises en évidence par la procédure décrite par 9Kallo *et al., 2018* et 10Bekro *et al., 2007*. En effet, à 2 mL de solution éthanoïque est ajouté 0,5 mL de NaOH à 10 %. Après chauffage et refroidissement, 4 mL d'eau distillée sont rajoutés. La solution devient transparente par rapport au témoin. La réaction est positive si l'acidification de la solution transparente avec quelques gouttes de HCl concentré fait perdre sa coloration jaune pour la faire trouble ou s'il se forme un précipité.

- **Test de saponoside**

2 mL de décocté ont été introduits dans un tube puis agités pendant 30 secondes. Ensuite on laisse le tube au repos pendant 15 minutes. Si la mousse observée persiste et atteint une hauteur de 1 cm, le test est positif.

2.3.2 ETUDE BIOLOGIQUE

2.3.2.1 PRÉPARATION DES 'EXTRACTION

- **Macéré aqueux**

Le macéré aqueux a été préparé par macération sous agitation magnétique de 100 g du matériel végétal dans 500 mL pendant 24 heures. Le mélange est filtré sur coton hydrophile, puis sur du papier filtre Wattman. Pour élimination de l'eau, le filtrat a été placé dans l'étuve à 45°C jusqu'à l'obtention d'un extrait concentré qui a été lyophilisé et conservé dans un réfrigérateur, jusqu'à son utilisation.

- **Extrait éthanolique**

A 100 g de poudre de chaque matériel végétal, on ajoute 500 mL d'éthanol (80 %) et on laisse sous agitation pendant 24 heures. L'extrait obtenu est filtré sur coton hydrophile, puis sur du filtre Wattman est concentré, séché à l'aide du rotavapor. Le produit a ensuite été lyophilisé et conservé au réfrigérateur jusqu'à son utilisation.

- **Extrait au dichlorométhane**

A 100 g de poudre, on ajoute 500 mL de dichlorométhane, et on agite pendant 24 heures. Filtré sur coton hydrophile et sur papier filtre Wattman, l'extrait a été ensuite concentré par évaporation grâce au rotavapor, puis lyophilisé et conservé au réfrigérateur jusqu'à son utilisation.

- **Décocté aqueux**

100 g de poudre du matériel végétal dans 500 mL d'eau distillée ont été porté à ébullition pendant 30 minutes. Le décocté a été filtré, puis placé dans l'étuve à 45° C jusqu'à obtention d'un extrait concentré, qui a été lyophilisé et conservé au réfrigérateur.

2.3.2.2 TEST DE TOXICITÉ AIGUË PAR VOIE ORALE

La toxicité générale aiguë par voie orale des différents extraits a été évaluée selon la méthode proposée par OCDE [12]. Cette méthode ne vise pas le calcul d'une valeur précise de la DL50, et comme la mort d'une partie des animaux reste le principal effet a observé, elle consiste donc à déterminer la dose de l'extrait qui provoque la mortalité cumulée de 50% des animaux soumis à l'expérimentation pendant 72 heures. Conformément à cette méthode, un lot de trois souris a été constitué. Ces animaux ont été mis à jeun pendant 3 heures. Après la période de jeun, les animaux ont été pesés et chacun a reçu une dose de 2000 mg/kg de substance

(extrait). Après l'administration de la substance, les animaux ont été à nouveau privés de nourriture, pendant deux (2) heures. Les paramètres suivants sont observés: Manque d'appétit, vomissement, mortalité.

2.3.2.3 TESTS DE MISE EN ÉVIDENCE DE L'ACTIVITÉ ANTIPLASMODIALE

Le plasmodium berghei NK 65 a été obtenu au laboratoire de biochimie et nutrition de « Nigerian Institute of Medical Research (NIMR) » de Yaba, Lagos, - Nigeria.

Pour transporter le parasite, des souris ont été inoculées au Plasmodium berghei Nk 65 puis transportées jusqu'au laboratoire de Substance naturelle du département de Chimie de l'Université Abdou Moumouni de Niamey. Les souris sont infectées par injection intra péritonéale pour conserver le plasmodium jusqu'au jour du test. Le jour du test c'est-à-dire quatre jours après infestation des souris donneuses, un test de goute épaisse a été fait pour confirmer la maladie. Le facteur physiologique (Élévation de la température, léthargie, perte d'appétit) de la maladie a été suivi.

2.3.2.4 PRÉLÈVEMENT DE SANG INFESTÉ

Une fois la confirmation faite, les souris sont placées dans un bocal qui contient du coton imbibé avec de l'éther. L'animal endormi, est placé sur une table en position de dissection. On ouvre son ventre avec deux paires de ciseaux, puis on verse de l'EDTA et avec une seringue on prélève le sang au niveau du cœur. Le sang est ensuite conservé dans une éprouvette. C'est ce sang infesté de *Plasmodium berghei* NK 65 qui est utilisé pour infecter les autres souris pour la suite de l'expérimentation.

2.3.2.5 INFESTATION ET TRAITEMENT DES SOURIS

Avant d'être infecté, les souris ont été pesées pour former des lots et leur température a été relevée. Pour l'infestation, les animaux (lots tests et contrôle) vont recevoir chacun 200 µl de sang parasité par voie intra péritonéale, soit environ 10^7 globules rouges parasités par souris. Le test de Peters [13] a été utilisé à cet effet.

Toutes les souris recevront le *P. berghei* par injection intra péritonéale. Deux heures après l'injection, chaque souris recevra une dose de l'extrait à administrer par voie orale.

Les souris sont réparties en 11 lots de 5 souris, et chaque lot recevra des doses d'une plante à tester. Chaque groupe de souris aura une dose de l'extrait à tester et les lots témoins, la solution utilisée pour diluer l'extrait c'est-à-dire de l'eau distillée pour les témoins négatifs et de l'arthémether pour les témoins positifs. Ainsi 3 doses par extrait (100; 250; 500 mg/kg de poids corporel des souris) sont utilisées pour le test par plante.

Groupe 1: Souris infectées traitées par de l'eau distillée (Témoins négatifs)

Groupe 2: Souris infectées traitées par de l'arthémether

Groupe 3: Souris infectées traitées par 500 mg/kg de *Securidaca longipedunculata*

Groupe 4: Souris infectées traitées par 250 mg/kg de *Securidaca longipedunculata*

Groupe 5: Souris infectées traitées par100 mg/kg de *Securidaca longipedunculata*

Groupe 6: Souris infectées traitées par 500 mg/kg de *Alysicarpus ovalifolius*

Groupe 7: Souris infectées traitées par 250 mg/kg de *Alysicarpus ovalifolius*

Groupe 8: Souris infectées traitées par100 mg/kg de *Alysicarpus ovalifolius*

Groupe 9: Souris infectées traitées par 500 mg/kg de *Artemisia annua*

Groupe 10: Souris infectées traitées par 250 mg/kg de *Artemisia annua*

Groupe 11: Souris infectées traitées par100 mg/kg de *Artemisia annua*

Du premier jour (J0) jusqu'au quatrième jour (J3) la dose est administrée une fois par jour.

Les paramètres suivants ont été déterminés (avant et après le traitement):

- Le poids de chaque souris;
- La température rectale;
- La mortalité.

Pour les différentes plantes, le macéré de *Alysicarpus ovalifolius* et l'extrait éthanolique de *Securidaca longipedunculata* ont été utilisé pour le test in vivo pour des raisons économiques.

2.3.2.6 GOUTTE ÉPAISSE ET FROTTIS SANGUIN

Le bout de la queue de la souris est coupé, et on exerce une pression le long de la queue pour recueillir le sang. Ce sang est déposé sur la lame.

Pour le frottis sanguin: appliqué sur la goutte de sang le bord d'une autre lame et pousser en avant avec un geste rapide et régulier vers l'autre extrémité de la lame pour obtenir un film de sang. La lame est séchée à l'abri de la poussière et des insectes, puis numéroter. La lame sera fixée pendant 30 secondes par immersion dans de le méthanol. Après séchage, la lame est ensuite plongée dans la solution de May grunwald et Giemsa pendant 15 à 20 mn. La lame est rincée avec l'eau de robinet puis séchée à nouveau. Avec un microscope, lire et compter les globules rouges parasités, puis calculer la densité parasitaire et calculer la réduction de la parasitémie.

2.3.3 CALCULS ET ANALYSES STATISTIQUES

- **Calcul du rendement**

Le rendement a été calculé selon la formule suivante:

$$R = \frac{\text{Masse du résidu d'extrait sec}}{\text{Masse de poudre végétale sèche}} \times 100$$

- **Densité parasitaire**

La densité parasitaire a été calculée par la formule suivante utilisée par [14].

$$DP = \frac{\text{A} \times 8.10^6}{B \times 527}$$

A = Nombre de globules rouges parasités comptés; B = Nombre de champs lus (3 ou 5)

8.10^6 = Nombre moyen de GR/mm^3 de sang chez la souris

527 Nombre de globules rouges par champs microscopiques considérés

- **Pourcentage de réduction de la parasitémie**

Le pourcentage de réduction de la parasitémie est calculé avec la formule suivante:

$$PR = \frac{\text{Parasitemie du groupe controle - parasitemie du groupe test}}{\text{parasitemie du groupe test}} \times 100$$

Les résultats des différents tests ont été analysés par le test-t de Student pour les comparaisons simples, et l'analyse de variance à un seul facteur suivi du test de Tukey pour les comparaisons multiples. Les valeurs de p inférieur à 0.05 ($p<0.05$) sont considérées comme statistiquement significatives. À cet effet les logiciels Excel et Mini Tab ont été utilisés.

3 RESULTATS

L'analyse du tableau 1 montre que pour le rendement des extraits, le plus élevé a été obtenu avec le macéré éthanolique de *Securidaca longipedunculata* qui a donné 21,7 % et le plus faible était l'extrait du macéré aqueux de *Alysicarpus ovalifolius* avec 6,29 %. Pour *Alysicarpus ovalifolius* le meilleur rendement a été obtenu avec le décocté d'eau distillée. L'extrait aqueux par décoction a donné le rendement le plus élevé par rapport aux autres extraits (macéré aqueux et décocté éthanolique) au niveau de *Artemisia annua* et *Alysicarpus ovalifolius* (Tableau 1).

Tableau 1. Masses, rendements et couleurs des extraits

Extraits		Masses des extraits (g)	Rendements des extractions (%)	Couleurs des extraits
Artemisia annua	Ethanol	11,32	11,32	Verdâtre
	Eau distillée	12,63	12,63	Verdâtre
	Macéré	9,03	9,03	Verdâtre
Securidaca longipedunculata	Ethanol	21,7	21,7	Jaunâtre
	Eau distillée	8,39	8,39	Jaunâtre
	Macéré	11,01	11,01	Jaunâtre
Alysicarpus ovalifolius	Ethanol	8,7	8,7	Verdâtre
	Eau distillée	11,47	1147	Verdâtre
	Macéré	6,29	6,29	Verdâtre

En ce concerne le criblage phytochimique effectué sur ces plantes, les resultats obtenus sont consignés dans le tableau 2. L'analyse du tableau 2 a révélé la présence de certains constituants dans les extraits analysés. Les plus abondants dans les plantes sont: les Alcaloïdes, saponosides, les quinones, les anthocyanes, les tanins, les stérols et tri terpènes. On note la présence des tanins dans tous les échantillons. La présence des alcaloïdes et des flavonoïdes en grande quantité a été révélée dans l'extrait de *Alysicarpus ovalifolius* (Tableau 2), cependant on note l'absence des coumarines et des anthocyanes. Le criblage phytochimique de la poudre des racines de *Securidaca longipedunculata* a montré la présence des groupes chimiques suivants: Alcaloïdes, flavonoïdes, quinones et des saponosides.

Tableau 2. Résultat des réactions de caractérisation des différents groupes chimiques recherchés dans le matériel végétal

Composés recherchés	*A. annua*	*S. longipedunculata*	*A. ovalifolius*
Alcaloïdes (Mayer)	++	++	+++
Alcaloïdes (Wagner)	+	+	+++
Alcaloïdes (Drangendroff)	++	++	+++
Coumarines	-	-	-
Flavonoïdes	++	+	+++
Quinones	+	++	++
Saponosides	-	+++	+
Phénols et terpènes	+	++	+
Anthocyanes	+	-	-
Tanins Ga	++	-	+
Tanins C	-	-	-

+++: Très abondants; ++: abondants; +: présents; -: absents.

L'administration par voie orale des extraits de *Alysicarpus ovalifolius* et *Artemisia annua* à la dose de 2000 mg/kg de poids corporel respectivement aux différents groupes de souris, n'a pas changé les comportements de ces animaux et il n y'a pas eu de mort durant les 72 heures d'observation. Par contre pour *Securidaca longipedunculata* trois morts sur six ont été enregistré (Tableau 3).

Tableau 3. Taux de mortalité pour le test de toxicité

Extraits	Doses administrées	Lots de souris	Nombre de mort	Taux de mortalité
A. annua	2000 mg/kg	A (3 souris)	0	0
		B (3 souris)	0	0
A. ovalifolius	2000 mg/kg	C (3 souris)	0	0
		D (3 souris)	0	0
S. longipedunculata	2000 mg/kg	E (3 souris)	2	66,66
		F (3 souris)	1	33,33
	300 mg/kg	G (3 souris)	0	0
		H (3 souris)	1	33,33

Les résultats des tests biologiques montrent que les extraits ont une action positive sur le *plasmoduim berghei*. *Artemisia annua* produite au Niger a donnée de très bons résultats avec des réductions de la parasitémie supérieures à 85 % à toutes les doses (Tableau 4). *Alysicaarpus Ovalifolius* aux doses de 100, 250 et 500mg/kg/j sont des doses ayant enregistrés une réduction de la parasitemie supérieur à 50 %. Le décocté de *Securidaca longipedunculata* à toutes les doses (100, 250 et 500 mg/kg/j) n'a pas pu réduire la parasitémie de 50% (Tableau 4).

Tableau 4. Résultat de l'activité antipaludique des extraits contre Plasmodium berghei

Extraits	Doses	Parasitémie	P R (%)
Témoin positif	Arthemether	0	100
Témoin négatif	Eau distillée	18975,33	0
***Securidaca longipedunculata* (Extrait éthanolique)**	100 mg	12144,21	36
	250 mg	14421,25	24
	500 mg	15180,27	20
***Alysicarpus ovalifolius* (Macéré)**	100 mg	3795,07	61,60
	250 mg	5313,09	71,20
	500 mg	7590,13	80,80
Artemisia annua	100 mg	2428,84	87,2
	250 mg	607,21	96,8
	500 mg	759,01	96

Les différentes analyses statistiques comparatives entre les traitements donnent des résultats divers comme le montre le tableau 5.

Tableau 5. Résultats récapitulatif des analyses des comparaisons entre les différents traitements

Traitements	P
SL*T0	0,031
SL*T1	0,004
SL*AA	0,013
AO*T0	0,007
AO*T1	0,037
AO*AA	0,022
AA*T0	0,001
AA*T1	0,162

P (< 0.05) = significatif; P (< 0.01) = très significatif (< 0.01); P (< 0.001) = hautement significatif; T0= Témoin négatif; T1 = Témoin positif; SL= Securidaca longipedunculata; AO= Alysicarpus ovalifolius; AA = Artemisia annua.

4 DISCUSSION

Le rendement des extraits des différents échantillons de plantes révèle que ce sont en général les décoctions aqueuses qui donnent les meilleurs rendements. Ceci peut expliquer la présence de plusieurs constituants dans le décocté de *Alysicarpus ovalifolius* par rapport aux autres extraits de plantes. Selon Basséne [15], cette différence en rendement du décoté aqueux par rapport au décocté éthanolique et au macéré aqueux serait due à la présence des oses et des composés polaires polyphénols et autres constituants tels que les tanins réputés comme composés ayant des importants de principes actifs.

L'analyse des résultats du criblage phytochimique révèle la présence des alcaloïdes, des quinones et des flavonoïdes en grande quantité dans le macéré de la plante entière de *Alysicarpus ovalifolius* et dans l'extrait éthanolique de *Securidaca longipedunculata*. Cependant on note l'absence des coumarines et des anthocyanes dans le macéré de *Alysicarpus ovalifolius*. Selon Kingsley [16], la présence ou l'absence de certains composés phytochimique dans une plante serait peut-être due au solvant ou au moment (Matin, soir, nuit) de la récolte. Ceci est confirmé avec les tests des alcaloïdes, où selon le réactif utilisé on observe leur présence peu abondante, abondante ou très abondante.

La caractérisation phytochimique des échantillons des différentes espèces dans cette étude montre que ces extraits contiennent des alcaloïdes, des saponines et des tanins. Or pour plusieurs auteurs ([17]; [18] et [19]), les principaux agents antipaludiques sont les alcaloïdes; tannins, saponines et les stéroïdes. La plupart de ces composés sont présents dans les extraits des plantes de cette étude, ils

seraient donc responsable de l'effet antipaludique. Les terpènes (tri terpènes), les flavonoïdes, stérols (phyto stérols), phénoliques et les alcaloïdes sont considérés comme agents antipaludiques [20]. Ainsi tous ces composés cité ci-dessus sont présents dans les extraits testés au cours de cette étude, donc ils peuvent être à la base de l'élimination des parasites (*Plasmodium berhei*). Et nous pouvons dire que les effets antipaludiques des espèces de l'étude seraient dus à ces composés. En plus O'Neill [21] ont démontré l'activité inhibitrice in vivo sur *Plasmodium berghei* par voie orale de quatre quassinoïdes (terpènes) extraites du fruit de *Brucea javanica*. Ceci vient confirmer que les terpènes présents dans les échantillons pourraient aussi être à la base de l'éliminationdu parasite (*Plasmoduim berghei*). D'après [22] et [23] plusieurs classes de métabolites secondaires sont responsables des activités antipaludiques, mais le plus important et puissant effet a été observé dans les alcaloïdes, quassinoides et sesquiterpènes. A ajouter que l'un des plus importants traitements du paludisme se fait avec de la quinine, qui n'est rien d'autre qu'un dérivé des alcaloïdes. Ainsi l'activité antipaludique des plantes pourrait aussi être liée à la présence des alcaloïdes et quassinoïdes (terpènes) qui ont été détectés dans les plantes utilisées au cours de cette étude.

La toxicité générale aiguë par voie orale des différents extraits a révélé que *Alysicarpus ovalifoluis, Artemisia annua* ne sont pas toxique à la dose de 2000 mg/kg et sont classées dans la catégorie 5 ou non classées du système de classification globalement harmonisé (SCGH) de [12]. Avec un taux nul de mortalité à la dose de 2000 mg/kg, la dose létale (DL50) limite est supérieure à 5000 mg/kg de poids corporel selon l'échelle de toxicité adoptée par la méthode [12], ligne directrice 423. Par contre, *Securidaca longipedunculata,* avec trois morts peut être classée dans la catégorie 4 du même système de l'OCDE. C'est-à-dire qu'avec ces trois morts au cours du test de toxicité, la DL50 est de 1000 mg/kg. Le fait que la plante ne cause pas trop de mort malgré son utilisation contre plusieurs maladies par la population locale, serait certainement due à sa combinaison avec d'autres plantes pour les différents traitements. Certaines de ces plantes peuvent jouer un rôle d'atténuation sur la toxicité de *Securidaca longipedunculata*.

La comparaison des activités antipaludiques montre que *Artemisia annua* cultivée et récoltée au Niger a donné les meilleurs résultats que les deux autres plantes spontanées (*Alysicarpus ovalifolius* et *Securidaca longipedunculata*) du Niger. Parmi ces deux plantes spontanées c'est *Alysicarpus ovalifolius* qui a donné le meilleur résultat.

Les activités antipaludiques in vivo peuvent être classées comme modérée, bonne et très bonne si les extraits ont atteint un pourcentage de suppression de la parasitémie supérieure ou égale à 50%, à une dose de 500 mg, 250 mg et 100 mg/kg par jour respectivement [24]. Sur la base de cette classification, le macéré de *Alysicarpus ovalifolius* est un très bon antipaludéen, car toutes les trois doses testées ont donné des résultats supérieurs à 50 %. Cependant le décocté de *Securidaca longipedunculata* n'est pas un très bon antipaludéen du fait que les résultats du test in vivo n'ont pas atteint les 50% pour toutes les trois doses testées. Aussi, [25] ont établi une échelle d'appréciation de l'activité antiplasmodiale des extraits de plantes, afin de statuer sur l'efficacité parasitologique des extraits. Ainsi, pour un extrait testé à une dose de 250 mg/kg/j et en fonction des pourcentages de réduction de la parasitémie obtenus, l'extrait sera considéré:

- Activité très bonne à bonne, si le pourcentage de réduction de la parasitémie est compris entre 100 et 90 %;
- Bonne à modéré, si le pourcentage de réduction de la parasitémie est compris entre 90 et 50 %;
- Modéré à faible, si le pourcentage de réduction de la parasitémie est compris entre 50 et 10 %;
- Inactif si le pourcentage de réduction de la parasitémie est 0%.

Par rapport à cette échelle les différents extraits peuvent être considérés comme suit:

Artemisia annua cultivée et récoltée au Niger donne une réduction de la parasitémie de 96,8% à la dose de 250 mg/kg/j, peut être considéré comme ayant une activité antiplasmodiale très bonne. *Alysicarpus ovalifolius* à la dose de 250 mg/kg/j avec un pourcentage de réduction de la parasitémie de 72 % est considéré comme ayant une activité antiplasmodiale bonne. *Securidaca longipedunculata* avec un pourcentage de réduction de la parasitemie de 24 % à la dose de 250 mg/kg/j est considéré comme ayant une activité antiplasmodiale faible.

L'analyse des résultats statistiques a montré que les différentes doses d'*Alysicarpus ovalifolius* comparées au témoin négatif (Souris ayant reçu de l'eau distillée comme traitement) et au témoin positif (Souris ayant reçu de l'arthémether comme traitement) ont données une différence hautement significative et significative respectivement. Ceci veut dire que cette plante peut être utilisée comme un antipaludéen. Ces résultats d'*Alysicapus ovalifolius* avec 60, 72 et 80% aux doses de 100, 250 et 500 mg/kg/j respectivement sont supérieurs à ceux de *Securidaca longipedunculata* qui ont eu comme pourcentage de réduction de la parasitémie 36, 24 et 20 % aux doses de 100, 250 et 500 mg/kg/j respectivement. Ces mêmes résultats de *A. ovalifolius* sont cependant inférieurs à ceux de *Artemisia annua* produite au Niger aux mêmes doses. Toujours les résultats d'*Alysicapus ovalifolius* sont meilleurs que ceux de [26] qui ont enregistré 23,1, 43,1 et 20 % aux doses 200, 400 et 800 mg/kg/j respectivement avec un test antipaludique in vivo de *Alostonia boonei* sur des souris infectées de *Plasmodium berghei* NK 65 au Nigeria.

L'analyse statistique montre qu'il n'y a pas de différence significative en comparant le pourcentage de réduction de la parasitémie de *Artemisia annua* cultivée et récoltée au Niger et le témoin positif. On note une différence significative entre les autres extraits et le témoin positifs. La différence est significative entre les différents traitements et le témoin négatif.

Les résultats du test in vivo pour *Alysicarpus ovalifolius* sont similaires à ceux de [27] pour son test des extraits de *Croton macrostachyus* où il a enregistré 70 et 80% de réduction de parasitémie pour F 400 et F 600 respectivement en ce qui concerne les extraits de fruits, mais aussi 75 et 80 % pour R 400 et R 600 respectivement pour les extraits de racines de la même plante.

5 CONCLUSION

L'étude a révélé que le décocté des racines de *Securidaca longipedunculata* avec 21,7 % a enregistré le rendement le plus élevé et c'est l'extrait du macéré aqueux de *Alysicarpus ovalifolius* (6,29 %) qui donne le plus faible rendement. Les extraits de *Alysicarpus ovalifolius* et *Artemisia annua* cultivée et récoltée au Niger sont classés comme non toxique et faiblement toxique pour les racines de *Securidaca longipedunculata* selon l'échelle de toxicité de 12l'OCDE (2001). Ainsi, les différentes drogues peuvent être consommées par la population sans risque de toxicité.

Les feuilles de *Artemisia annua* cultivée et récoltée au Niger ont donnée de très bons résultats avec un taux de réduction de la parasitémie de plus de 80 %. La plante *Alysicarpus ovalifolius* utilisée comme antipaludéen au Niger sous forme de macéré a donné le meilleur résultat que *Securidaca longipedunculata* pour le test in vivo sur les souris infectées avec le *Plasmodium berghei* NK 65. Ainsi ces résultats ont montré une activité antiplasmodiale active pour *Alysicarpus ovalifolius* et faible pour *Securidaca longipedunculata*. Sur la base de ces résultats, les vertus antipaludiques de ces espèces spontanées se confirment d'où leur utilisation contre le paludisme par la population locale.

REFERENCES

[1] Rodrigues E., 2007. Plants of restricted use indicated by three cultures in Brazil Caboclo-river dweller, Indian and Quilombola). *Journal of Ethnopharmacology* 111, 295–302.

[2] Bouhadjera K., 2005. Contribution à l'étude chimique et biologique de deux plantes médicinales sahariennes *Oudneya africana* r.br. et *Aristida pungens* L. Thèse de Doctorat d'état. Université Abou Bekr Belkaid Algerie. 143 p.

[3] Yapo E. A., 1998. Les stratégies de valorisation de la médecine et de la pharmacopée traditionnelles africaines. Pharm. MM. Trad. Afr. Vol. 10. pp.95-99.

[4] Hamburger M. & Hostettmann K., 1991. Bioactivity in plants: the link between phytochemistry and medicine. Phytochem. 30: 3864-3874.

[5] Diarra M. N., 2003. Étude phytochimique d'une plante antipaludique utilisée au Mali: *Spilanthes oleracea* Jacq. (Asteraceae). Thèse de doctorat. Faculté de Médecine, de Pharmacie et d'Odonto-Stomatologie. Université de Bamako. 78 p.

[6] Harkati B., 2011. Valorisation et identification structurale de principes actifs de la plante de la famille asteraceae: *Scorzonera Undulata*. Université Mentouri-constantine. Faculté des Sciences. Département de chimie. République Algérienne Démocratique et Populaire.

[7] Portet B., 2007. Recherche bio guidée de molécules antipaludiques d'une plante guyanaise *Piper hostmannianum* var. berbicense. Thèse de doctorat. Université de Toulouse III. Paul Sabatier.

[8] Mahamane A., Saadou M., Danjimo MMB, Saley K, Bakasso Yacoubou B, Diouf A, Morou B, Maaroufi M ITanimoune A 2009, Biodiversité Végétale au Niger: Etat des connaissances actuelles. Ann. Univ. Lomé (Togo), série Sciences, Tome XVIII: 81-93.

[9] Kallo M. S., Adamou, R., Sawadogo, J., Mahamane, A. A., Maarouhi, I. M., & Ikhiri, K. (2018). Enquête ethnobotanique et criblage phytochimique de quelques plantes tinctoriales du Niger en vue d'une valorisation en énergie solaire. *International Journal of Biological and Chemical Sciences, 12* (2), 867-883.

[10] Bekro Y-A, Mamyrbekova J, Boua B B, Bi F T, Ehile E E, 2007. Étude ethnobotanique et screening phytochimique de Caesalpinia benthamiana (Baill.) Herend. et Zarucchi (Caesalpiniaceae). *Sciences & Nature,* 4 (2): 217-225.

[11] Koffi A, Bla K, Yapi H, Bidie A, Djaman A. 2015. Phytochemical Screening of Some Medicinal Plants in Côte D'ivoire and Evaluation of their Extraction Efficiency. *International Journal of Pharmacognosy and Phytochemical Research,* 7 (3): 563-569.

[12] OCDE. (2001). Ligne directrice de L'OCDE pour les essais de produits chimiques. Essai n° 423: toxicité orale aiguë - méthode de la dose prédéterminée.

[13] Peter.W, Portus.H, Robinson.L. (1975). The four-day suppressive in vivo antimalarial test. Ann. Trop. Med. Parasitol. 69: 155–171.

[14] Ousmane. M. A., 2005. Etude phytochimique et de l'activité antipaludique in vivo et in vitro de *Momordica balsamina* Linn. (Cucurbitaceae). Thèse de pharmacie, faculté de Médecine, de Pharmacie et d'Odonto-stomatologie Université du Mali, 129 p.

[15] Bassène E., 2012. Initiation à la Recherche sur les Substances Naturelles; Extraction, Analyse, Essais Biologiques*. Presses Universitaires de Dakar*: Dakar.

[16] Kingsley O., Oseni Lateef A., Olga Q., Stephen A., Mavis T., 2012. A comparative evaluation of in vivo antiplasmodial activity of aqueous leaf extracts of *Carica papaya, Azadirachta indica, Magnifera indica* and the combination thereof using plasmodium infected balb/c mice. International Journal of Applied Biology and Pharmaceutical Technology 3 (3): 372-378.

[17] Watt M, Breyer-Brandwijik G., 1981. Medicinal and Poisonous Plants of Southern and Eastern Africa, E.and S. Livingstone Ltd, Edinburgh, London, 2nd Ed. p. 931–932.

[18] Switch S, Jarilla S. 2004. Herbal medicine of the American Southwest. Tucson Clin. Bot. Med; 6 (1): 196.
[19] Oigiangbe O. N., Igbinosa I. B., Tamo M., (2010). Insecticidal properties of an alkaloid from *Alstonia boonei* De Wild. *J. Biopesticides*. 3 (1): 265-270.
[20] Milliken W., (1997). Malaria and Antimalarial Plants in Roraima. Brazil. *Trop. Doct,* 27, 20 - 24.
[21] O'Neill M. J., Bray D. H., Boardman P, Wright C. W., Phillipson J.D., Warhurst D.C., Gupta M. P., Correya M., Solis P., 1988. Plants as sources of antimalarial drugs, part 6: Activity of Simaroula amara fruits. *J. Ethnopharmacology,* 183-190.
[22] Saxena S., N. Pant, D.C. Jain and R.S. Bhakuni, 2003. Antimalarial Agents from Plant Sources. Current Science, 85 (9): 1314-1329.
[23] Ramazani, A., S. Zakeri, S. Sardari, N. Khodakarim N. Djadid, 2010. In vitro and In Vivo Antimalarial Activity of *Boerhavia elegans* and *Solanum surattense*. Malaria Journal, 124.
[24] Munoz V., Sauvain M., Bourdy G., 2000. A search for natural bioactive compounds in Bolivia through a multidisciplinary approach. Part I. Evaluation of the anti-malarial activity of plants used by the Chacobo Indians. J Ethnopharmacol. 69: 127-137.
[25] Rasoanaivo P., Deharo E., Rasitmamanga-Urverg, Frappier F., 2004.Guidelines for the nonclinical evaluation of the efficacy of traditional antimalarials: in *Traditional Medicinal plants and malaria,* 255-270.
[26] Onifade O. F., Maganda V., 2015.In Vivo Activity of Ethanolic Extract of Alstonia Boonei Leaves against *Plasmodium berghei* in Mice. JWHSD, 1 (4), 60-68.
[27] Mekonnen L. B., 2015. In vivo antimalarial activity of the crude root and fruit extracts of *Croton macrostachyus* (Euphorbiaceae) against *Plasmodium berghei* in mice. *Journal of Traditional and Complementary Medicine*. 5: 168 -173.

International Journal of Innovation and Applied Studies
ISSN 2028-9324 Vol. 39 No. 2 Apr. 2023, pp. 811-826
© 2023 Innovative Space of Scientific Research Journals
http://www.ijias.issr-journals.org/

Etude du niveau de parasitisme des larves et chrysalides de *Eldana saccharina* Walker (Lepidoptera: Pyralidae) sur le complexe sucrier de Borotou-Koro (Côte d'Ivoire)

[Study of the level of parasitism of the larvae and pupae of *Eldana saccharina* Walker (Lepidoptera: Pyralidae) on the sugar complex of Borotou-Koro (Côte d'Ivoire)]

Kouassi Kouassi Virgile[1-3], Kouame Konan Didier[1], Johnson Félicia[2], Ble-Binate Nozéné[4], Coulibaly Sié Yann Stéphane[2-3], Yao Kouadio Jacques-Edouard[1-3], and Kone Daouda[1]

[1]UFR Biosciences, Laboratoire de Biotechnologie, Agriculture et Valorisation des Ressources Biologiques, UPR Physiologie et Pathologies Végétales, Université Félix HOUPHOUËT-BOIGNY, 22 BP 582 Abidjan 22, Côte d'Ivoire

[2]UFR Biosciences, Laboratoire des Milieux Naturels et Conservation de la Biodiversité, UPR Entomologie et Gestion des Ecosystèmes, Université Félix HOUPHOUËT-BOIGNY, 22 BP 582 Abidjan 22, Côte d'Ivoire

[3]Ecole Doctorale Agriculture Durable, CEA, CCBAD, Université Félix HOUPHOUËT-BOIGNY, 22 BP 582 Abidjan 22, Côte d'Ivoire

[4]Service des Etudes Agronomiques, Direction des Plantations de l'UAI de Borotou-Koro, Sucrivoire, BP 100 Borotou-Koro, Côte d'Ivoire

Copyright © 2023 ISSR Journals. This is an open access article distributed under the ***Creative Commons Attribution License***, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

ABSTRACT: The stem borer *Eldana saccharina* infestation level on Borotou-Koro sugar complex is very alarming. However, effective control methods are not yet very developed against this pest. In order to better understand and guide the search for a lasting solution, it is necessary to master the biology and ecology of this insect pest. It is in this context that this study was conducted at Borotou-Koro agricultural integrated unit. It aims to inventory the natural enemies of *Eldana saccharina,* in this case the parasitoids present on the sugarcane plots. To do this, borer larvae and pupae were collected from the sugarcane plots and reared in the laboratory. The results obtained indicate that three Lepidoptera species of stem borer are present on the Borotou-Koro sugar complex: *Eldana saccharina* (98.4%), *Sesamia calamistis* (1.53%) and *Sesamia inferens* (0.07%). The parasitism rate of *E. saccharina* larvae and pupae is low (3.29%). Six species of parasitoid auxiliaries of *Eldana saccharina* have been identified including a larval parasitoid (*Sphaephoria sp*), a larval-pupae parasitoid (*Lycoriela auripila*) and four pupae parasitoids (*Trichopeza sp, Proctotrupes sp, Proconura nigripes, Psilochalcis sp*). *Fusarium spp* has also been identified as a parasite of *Eldana saccharina* larvae. These six parasitoid species come from two families which are the Diptera estimated at 3.32% and the Hymenoptera which represents 96.68% of the percentage of parasitoids encountered. Thus, the Borotou-Koro sugar complex is full of several species of *Eldana saccharina* parasitoids on these sugarcane plots. *Eldana saccharina* larvae and pupae rate of parasitism is substantially identical for all the varieties of cane encountered. However, the parasitism rate of pupae varies greatly from one sector to another and is higher in rainfed conditions than in irrigated conditions.

KEYWORDS: Sugar cane, stem borers, Eldana saccharina, natural enemies, parasitoids, Ivory Coast.

RESUME: Le niveau d'infestation du foreur de tiges *Eldana saccharina* sur le complexe sucrier de Borotou-Koro est très alarmant. Cependant, les méthodes de lutte efficace ne sont pas encore très développées pour le contrôle de ce ravageur. Dans l'optique de mieux appréhender et d'orienter une recherche de solution durable, il convient de bien maitriser la biologie et l'écologie de cet insecte ravageur. C'est dans ce cadre que cette étude a été menée à l'unité agricole intégrée de Borotou-Koro. Elle vise à inventorier les ennemis naturels de *Eldana saccharina* en l'occurrence les parasitoïdes présents sur les parcelles

de canne à sucre. Pour ce faire, des larves et chrysalides de foreurs ont été collectées à sur les parcelles de canne à sucre et élevés au laboratoire. Les résultats obtenus indiquent que trois espèces de Lépidoptères foreurs de tiges sont présent sur le complexe sucrier de Borotou-Koro: *Eldana saccharina* (98,4 %) et *Sesamia calamistis* (1,53 %) et *Sesamia inferens* (0,07 %). Le taux de parasitisme des larves et chrysalides de *E. saccharina* est faible (3,29 %). Six espèces d'auxiliaires parasitoïdes de *Eldana saccharina* ont été identifié dont un parasitoïde larvaire (*Sphaephoria sp*), un parasitoïde larvaire-nymphal (*Lycoriela auripila*) et quatre parasitoïdes nymphaux (*Trichopeza sp, Proctotrupes sp, Proconura nigripes, Psilochalcis sp*). *Fusarium* spp a également été identifié comme parasite des larves de *Eldana saccharina*. Ces six espèces parasitoïdes sont issus de deux familles qui sont les Diptères estimé à 3,32 % et les Hyménoptères qui représente 96,68 % du pourcentage des parasitoïdes rencontrés. Ainsi, le complexe sucrier de Borotou-Koro regorge de plusieurs espèces de parasitoïdes de *Eldana saccharina* sur ces parcelles de canne à sucre. Le taux de parasitisme des larves et des chrysalides de *Eldana saccharina* est sensiblement identique pour toutes les variétés de canne rencontrées. Cependant, le taux de parasitisme des chrysalides varie fortement d'un secteur à un autre et est plus important en conditions de culture pluviale qu'en conditions irriguées.

MOTS-CLEFS: Canne à sucre, foreurs de tiges, *Eldana saccharina,* ennemis naturels, parasitoïdes, Côte d'Ivoire.

1 INTRODUCTION

Les foreurs de tiges constituent jusqu'à ce jour les principaux ravageurs en culture de canne à sucre avec des espèces qui varient d'une région de culture à une autre. Dans plusieurs pays d'Afrique, l'espèce de foreurs de tiges la plus importante est *Eldana saccharina* Walker (Lépidoptère, Pyralidae) [1], [2]. Ce ravageur entraîne des pertes quantitatives et qualitatives très important et de plus en plus croissant [3], [4]. Les pertes en canne avoisiner 0,1% pour 1% de canne attaquées et les pertes en sucre peuvent atteindre 40 et 70 % du taux d'entre-nœuds [5]. Les complexes sucriers en Côte d'Ivoire ne sont pas épargnés. En effet, il a été observé lors de la campagne sucrière 2015-2016 et 2016-2017 un fort taux d'infestations dans les périmètres sucriers de Ferké et Borotou-Koro respectivement. La moyenne d'infestations pour toutes les variétés confondues a dépassé le seuil critique de 6 % [5], [6]. Depuis ces campagnes sucrières, les taux d'infestation n'ont cessé de croitre et sont de plus en alarmants. Afin de réduire ces pertes de rendements économiquement importants, des méthodes de lutte sont développées dans toutes les zones productrices de canne à sucre [7], [8]. Ces méthodes sont basées sur l'utilisation de produits chimiques et des techniques culturales qui consistent à l'emploi de variétés résistantes et à la réduction des apports en azote, les amendements silicatés des sols pour renforcer la résistance de la canne à sucre au foreur de tiges [8]. La récolte en vert et l'utilisation raisonnée des herbicides sont également appliquées pour préserver les ennemis naturels de *E. saccharina* [9]. En plus de ces méthodes culturales, la lutte biologique se présente comme une alternative durable aux méthodes chimiques. Elle exploite les mécanismes de régulation naturelle des populations du ravageur envahisseur en introduisant dans son environnement un ennemi naturel provenant de sa zone de distribution originale [10], [11]. Il parait donc impératif de connaitre ces alliés naturels en vue d'élaborer des méthodes de lutte efficaces contre les foreurs de tiges. C'est dans ce contexte que cette étude a été initiée afin d'identifier les foreurs de tiges et leurs auxiliaires parasitoïdes dans les périmètres sucriers de Borotou-Koro. Il s'agit d'identifier les espèces de foreur de tiges et leurs auxiliaires, et de déterminer le taux de parasitisme des larves et chrysalides du foreur sur le complexe sucrier de Borotou-Koro.

2 MATÉRIEL ET METHODES

2.1 SITUATION GÉOGRAPHIQUE ET CLIMAT DU SITE D'ÉTUDE

Situé au Nord-Ouest de la Côte d'Ivoire, en Afrique de l'Ouest, Borotou-Koro est l'une des principales zones de production de la canne à sucre. Il représente l'une des localités de la région du Bafing dont le chef-lieu de région est la ville de Touba. Le complexe sucrier de Borotou-Koro est géographiquement localisé entre les coordonnées 8°36′11" et 8°21′33" latitude Nord, et 7°17′41" et 7°5′49" longitude Ouest [12]. Le relief de la zone est composé en général de plateaux peu accidentés de 200 à 400 m d'altitude, et de grandes plaines. Les sols sont de types brunifiés à texture argilo-sableuses, favorable à la culture de la canne à sucre. Borotou-Koro a un climat soudano-guinéenne, tropical humide à deux saisons. Une saison pluviale qui s'étend d'Avril à Octobre et une saison sèche qui couvre les mois de novembre à mars. Ce climat est un atout pour la production de la canne à sucre [13]. Il est soumis à une pluviométrie annuelle avoisinant 1397,2 mn d'eau par an.

2.2 MATÉRIEL VÉGÉTAL

2.2.1 MATÉRIEL VÉGÉTAL

Le matériel végétal sur lequel a porté notre étude se compose des variétés de canne à sucre les plus cultivées sur le complexe sucrier de Borotou-Koro. Ce sont, les variétés R570, SP711406, CO449, CO997 et R579.

2.2.2 MATÉRIEL ANIMAL

Le matériel animal soumis à notre étude se compose des foreurs de tiges de la canne à sucre et des auxiliaires parasitoïdes présents sur le complexe sucrier de Borotou-koro. Pour cette étude, les larves et les chrysalides des foreurs de tiges ont été étudiées.

2.2.3 MATÉRIEL CHIMIQUE ET TECHNIQUE

Le matériel technique utilisé pour mener cette étude comprend un appareil photo numérique, des gans, des boîtes de pétri, les piluliers, une loupe binoculaire et une trousse entomologique. Quant au matériel chimique, il se compose d'alcool à 70°c pour la conservation des parasitoïdes et un milieu nutritif artificiel dont la composition est donnée dans le tableau I.

Tableau 1. Composition du milieu nutritif artificiel

Ingrédients	Quantité	Rôle
Pulpe de canne séchée et écrasée	22 g	Eléments nutritifs
Pois chiches en poudre	120 g	
Saccharose	10 g	
Caséine	12 g	
Levure de boulangerie	12 g	
Acide ascorbique	4 g	Vitamines
Acide sorbique	2 g	
Agar	10 g	Substance liante
Eau distillée stérile	1000 ml	
Nipagine	1,6 g	Anti-microbiens
Formaldéhyde	1.2 ml	
Méthanol	50 ml	

2.3 MÉTHODES

2.3.1 CHOIX DES PARCELLES

Les parcelles prospectées sont reparties dans les quatre secteurs de culture industrielle du complexe sucrier de Borotou-Koro. Un total de 41 parcelles ont été prospectées soient 15, 10, 7 et 10 parcelles respectivement au secteur B, C, D et E. Ces parcelles sont majoritairement des parcelles en première et deuxième repousse. Les parcelles prospectées sont reportées dans le tableau II.

Tableau 2. Parcelles prospectées pour l'évaluation du niveau de parasitisme de foreurs de tiges sur le complexe sucrier de Borotou-Koro

Secteurs	Parcelles irriguées	Parcelles pluviales	Total
B	10 Parcelles: P2, P6, P7, P10, P17, P18, P47, P53, P56 et P71	5 Parcelles: 33B, 35B, 68B, 84B et 108B	15
C	7 Parcelles: P13, P37, P38, P40, P41, P42 et P45	3 Parcelles: 11C, 29C et 35C	10
D	4 Parcelles: P14, P16, P20 et P28	2 Parcelles: 19D et 40D	6
E	Aucune	10 Parcelles: E03, E07, E08, E13, E14, E16, E18, E23, E38, E44	10
Total	21	20	41

P= pivot, les autres lettres rattachées aux nombres indiques le secteur de culture de la canne à sucre dans laquelle se trouve la parcelle et le nombre indique le numéro de la parcelle.

2.3.2 COLLECTE DES LARVES ET CHRYSALIDES

La collecte des larves et chrysalides a été effectuée selon la méthode décrite par [14]. Les parcelles identifiées pour l'étude du niveau de parasitisme des larves et chrysalides des foreurs de tiges ont été prospectées à intervalle régulier de 15 jours en vue de collecter le maximum de larves et chrysalides et ainsi augmenter la probabilité d'identifier les parasitoïdes en présence. Au cours de cette prospection, les tiges attaquées étaient identifiées par la présence de déjections et galeries annulaires caractéristique de l'action des larves du foreur. Ces tiges ont été sectionnées à la base puis fendues longitudinalement et les larves et/ou chrysalides observées à l'intérieur de la tige ont été isolées dans des boîtes de collecte. Par ailleurs, certaines larves et chrysalides ont été obtenues hors de la tige en retirant la gaine foliaire avec soin. Les larves et chrysalides collectées sont transportées au laboratoire pour observation.

2.3.3 ELEVAGE DES LARVES ET CHRYSALIDES AU LABORATOIRE

2.3.3.1 ELEVAGE DES LARVES

Les larves collectées au champ ont été rincées à l'eau distillée puis scindées en deux lots. Le premier lot a été élevé sur des morceaux de tiges de canne (milieu nutritif naturel) et le second sur milieu nutritif artificiel.

2.3.3.1.1 ELEVAGE DES LARVES SUR MORCEAUX DE CANNE

Les morceaux de tiges de canne utilisés pour nourrir les larves ont été obtenus en tronçonnant des tiges de canne ayant un diamètre de 1,5 cm en morceaux de 4,3 cm. Ces derniers, après avoir été lavée avec de l'eau distillée, ont été disposées dans des boîtes de Pétri à raison d'un morceau par boîte de Pétri. Les larves ont ensuite été ajouté au milieu à raison d'une larve par boîte de Pétri. Les morceaux de canne ont été remplacés tous les sept jours au lieu de cinq jours indiqués par [14].

2.3.3.1.2 ELEVAGE DES LARVES SUR MILIEU NUTRITIF ARTIFICIEL

Le milieu nutritif artificiel préalablement préparé et conservé au congélateur. Après un temps, le milieu a été exposé à la température du laboratoire afin de le décongeler. Avant la mise en culture des larves, des scarifications ont été réalisées sur le milieu afin de faciliter la pénétration des larves. Les larves y ont été déposées à raison de deux larves par boîte de Pétri.

Toutes les boîtes de Pétri ont été étiquetées pour une observation précise de l'évolution de chaque échantillon. Les boites ont été référencées avec le numéro de la parcelle, la date de collecte et de mise en culture, du milieu nutritif utilisé et du numéro de la boîte.

2.3.3.2 ELEVAGE DES CHRYSALIDES

Les chrysalides de foreurs de tiges collectées au champ ont été simplement disposées dans des boîtes de Pétri grillagées. Celles-ci ont ensuite été étiquetées comme précédemment.

2.3.4 COLLECTE DES DONNÉES

2.3.4.1 DONNÉES D'ÉLEVAGE DES LARVES ET CHRYSALIDES

Les observations quant à l'évolution des larves et chrysalides de foreurs de tiges ont été réalisées à intervalle régulier de 24 heures. Les paramètres évalués à cet effet ont été pour les larves le nombre de larves mortes, de chrysalides et d'imago et la présence de parasitoïdes et leur abondance. Les chrysalides les paramètres mesurés ont été le nombre de chrysalides mortes, le nombre d'imago et le nombre de parasitoïde.

2.3.4.2 IDENTIFICATION DES ESPÈCES DE FOREURS DE TIGES

Les imagos obtenus lors de l'élevage ont servi à l'identification des espèces de foreurs de tiges présents sur le complexe sucrier de Borotou-Koro. Ceux-ci ont d'abord été groupés par ressemblances morphologiques. Ensuite, des clés d'identification ont permis d'identifier les différentes espèces à travers une observation à la loupe binoculaire. Les clés d'identification ont été celles de [15], [16], [17] et [18].

2.3.4.3 IDENTIFICATION DES ESPÈCES DE PARASITOÏDES

Les parasitoïdes ayant émergé des larves et des chrysalides ont été conservé dans de l'alcool à 70%. Ensuite, les espèces ont été identifiées suite à une observation à la loupe binoculaire et en se servant des clés d'identification de [15], [16], [17] et [18].

2.3.4.4 IDENTIFICATION DU CHAMPIGNON ENTOMOPHAGE

Lors des prospections, certaines larves mortes à l'intérieur des galeries étaient couvertes par des champignons microscopiques. Ces larves ont été collectées puis conduites au laboratoire en vue d'identifier l'espèce fongique en présence. Les champignons ont été isolé sur milieu PDA (Potato Dextrose Agar) et incubé à l'obscurité pendant 5 jours à la température ambiante à 25°C [19]. Au bout de 7 jours, une purification a été réalisée en vue d'obtenir des souches pures. Des fragments mycélien du champignon ont été prélavés au niveau du front de croissance à l'aide d'un emporte-pièce puis repiqués à nouveau sur un milieu PDA. L'identification des isolats a été réalisée sur la base de leurs caractères culturaux décrits par [20] et en se référant à la clé d'identification de la charte de [21].

2.3.4.5 DÉTERMINATION DE L'ABONDANCE DES FOREURS DE TIGES ET DES PARASITOÏDES

L'abondance des espèces (% P) est la part de chaque espèce rencontré dans la population totale obtenue. Elle a été calculée en pourcentage pour les espèces de foreurs de tiges et de parasitoïdes suivant la formule:

$$\% P = \frac{\text{Nombre d'individus de chaque espèce}}{\text{Nombre d'individus total}} \times 100$$

2.3.4.6 TAUX DE PARASITISME

Le taux de parasitisme se définit comme le rapport entre le nombre total de parasitoïdes obtenu sur le nombre total de larves ou chrysalides collectées multiplié par cent. Le taux de parasitisme a été calculé suivant les formules:

$$TP_i = \frac{NP_i}{NT_i} \times 100$$

TP: Taux de Parasitisme; **NP**: Nombre de Parasitoïdes obtenus; **NT:** Nombre Total d'individus collectés; **i**: larve ou chrysalide.

Enfin, le taux de parasitisme total a été calculé suivant la formule:

$$TP = \frac{NTP}{\sum NT_i} \times 100$$

NTP: Nombre Total de Parasitoïdes

2.3.5 ANALYSE DES RÉSULTATS

La saisie des données collectées et l'élaboration des graphiques ont été réalisées à l'ordinateur à l'aide du logiciel Excel 2013. Des tests de Khi deux ont permis de comparer les taux de mortalité des larves sur les milieux nutritifs. Les moyennes de collectes obtenues ainsi que les taux de parasitisme ont été comparé grâce au test de Kruskal-Wallis et Dunn au seuil de 5% grâce au logiciel XLSTAT 2016.

3 RESULTATS

3.1 TAUX DE MORTALITÉ DES LARVES PAR MILIEU NUTRITIF

Un total de 2021 larves a été élevé sur morceaux de canne à sucre (milieu nutritif naturel) et 600 larves sur milieu nutritif artificiel. Sur ce total, le nombre de larves mortes enregistré a été de 405 et 54 larves respectivement sur les morceaux de canne et le milieu artificiel. Le taux de mortalité des larves élevées a donc été de 19,94 % sur morceaux de canne à sucre et de 9,15 % sur milieu nutritif artificiel soit un taux de mortalité total de 17,5 % (tableau III).

Tableau 3. Effectif des larves de E. saccharina élevées à terme et mortalité sur les milieux d'élevage

Milieu nutritif	Nombre de larves élevées	Nombre de larves ayant émergé	Nombre de larves mortes	Taux de mortalité (%)	Taux de survie (%)
Morceau de canne	2021	1618	403	**19,94**	**86,06**
Milieu artificiel	590	536	54	**9,15**	**90,85**
Total	**2611**	**2154**	**457**	**17,5**	**82,5**

3.2 ESPÈCES DE FOREURS DE TIGES RENCONTRÉES

Trois espèces de foreurs de tiges ont été répertoriées lors de notre étude sur le complexe sucrier de Borotou-Koro (figure 1). Ce sont une Pyralidae (*Eldana saccharina* (Walker)) et deux Noctuidae (*Sesamia calamistis* (Hampson) et *Sesamia inferens* (Walker)). *Eldana saccharina* est l'espèce majoritaire avec une abondance de 98,4 % du nombre d'individus. Il est suivi par *Sesamia calamistis* puis *Sesamia inferens* présent respectivement à 1,5 % et 0,07 % (Tableau IV).



Fig. 1. Espèces de foreurs de tiges: a) Eldana saccharina (Walker), b) Sesamia calamistis (Hampson) et c) Sesamia inferens (Walker)

Tableau 4. Abondance des espèces de foreurs de tiges identifiés sur le complexe sucrier de Borotou-Koro

Famille	Genre	Espèces	Nombre d'individus	Taux (%)
Pyralideae	Eldana	Eldana saccharina (Walker)	1476	98,4
Noctuidae	Sesamia	Sesamia calamistis (Hampson)	23	1,53
		Sesamia inferens (Walker)	1	0,07
Total			1500	100

3.3 Espèces De Parasitoïdes Rencontrées

3.3.1 Parasitoïdes Des Larves

Deux espèces d'insectes parasitoïdes et un champignon entomophage des larves de *Eldana saccharina* ont été observées lors de notre étude. Les deux insectes parasitoïdes sont *Sphaephoria sp* appartenant à l'ordre des diptères et *Lycoriela auripila* appartenant à l'ordre des Hyménoptères (figure 2). En ce qui concerne le champignon entomophage, l'identification réalisée nous a permis de constater qu'il s'agit de *Fusarium sp* (figure 3).

Sur un total de 26 larves parasités, 73,08 % ont été parasitées par *Fusarium* spp, 15,38 % par *Sturmiopsis parasitica* et 11,54 % par *Lycoriela auripila*. *Fusarium* spp est donc l'espèce parasite des larves la plus représentée sur le complexe sucrier de Borotou-Koro (tableau V).

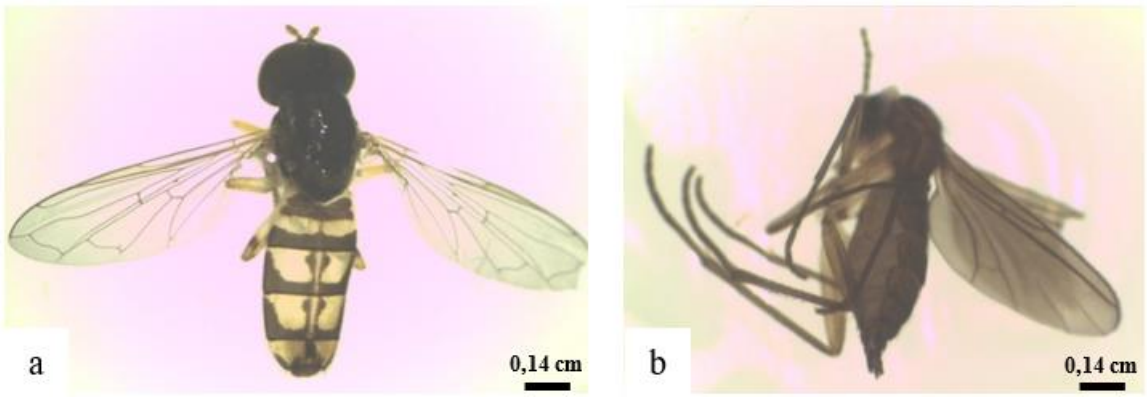


Fig. 2. Insectes parasitoïdes des larves de Eldana saccharina a) Sturmiopsis parasitica; b) Lycoriela auripila.

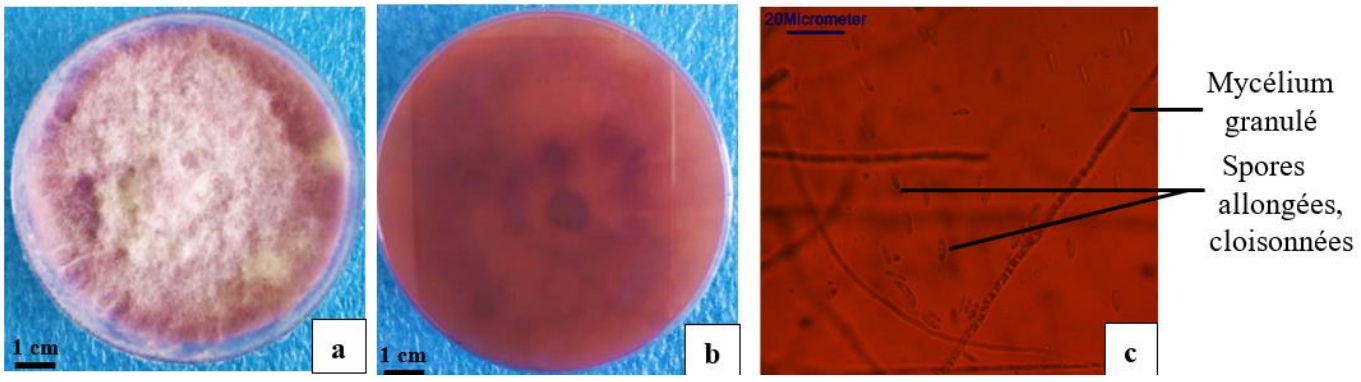


Fig. 3. Fusarium sp: a) face, b) revers, c) Mycélium et spores de Fusarium spp.

Tableau 5. Abondance des parasitoïdes des larves de Eldana saccharina

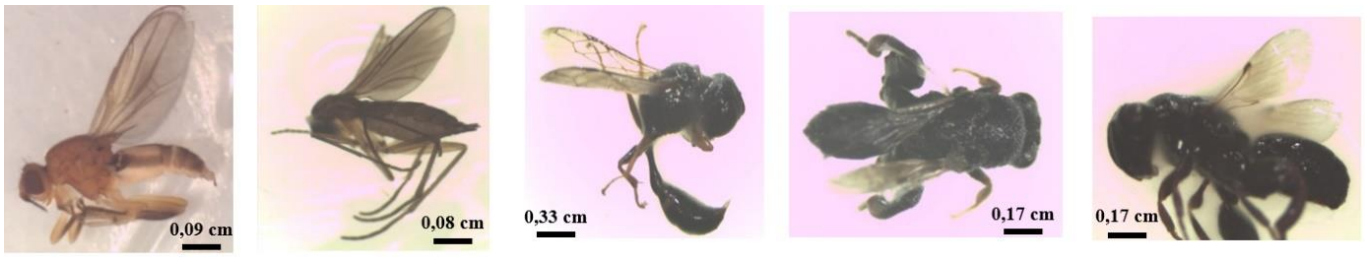
Espèces parasitoïdes	Nombre de larves parasitées	% de larves parasitées
Sphaephoria sp	4 **a**	15,38 **a**
Lycoriela auripila	3 **a**	11,54 **a**
Fusarium sp	19 **b**	73,08 **b**
Total	**26**	**100**
p-value (bilatérale)	**< 0,0001**	**< 0,0001**

Dans le tableau, les moyennes suivies de lettres différentes sont significativement différentes au seuil de 5%.

3.4 PARASITOÏDES DES CHRYSALIDES DE ELDANA SACCHARINA

Cinq espèces d'insectes parasitoïdes des chrysalides de *Eldana saccharina* ont émergé lors des observations au laboratoire (figure 4). Ce sont *Trichopeza sp, Lycoriela auripila, Proctotrupes sp, Proconura nigripes* et *Psilochalcis sp* (figure 5). Ces espèces appartiennent à deux ordres que sont les Diptères avec une espèce (*Trichopeza sp*) et les Hyménoptères avec quatre espèces (*Lycoriela auripila, Proctotrupes sp, Proconura nigripes* et *Psilochalcis sp*).

En termes d'abondance, les Hyménoptères parasitoïdes des chrysalides de *Eldana saccharina* sont les plus représentés avec 98,68 % du nombre d'individus contre 3,32 % pour les Diptères. Pour tous les ordres confondus, *Proconura nigripes* est l'auxiliaire parasitoïde des chrysalides de *Eldana saccharina* le plus abondant sur le complexe sucrier de Borotou-Koro avec un taux de 73,13 % (tableau VI).



a) *Trichopeza sp* b) *Lycoriella auripila* c) *Proctotrupes sp* d) *Proconura nigripes* e) *Psilochalcis sp.*

Fig. 4. Parasitoïdes des chrysalides de Eldana saccharina identifiés sur le complexe sucrier de Borotou-Koro

Tableau 6. Abondance des parasitoïdes des chrysalides de Eldana saccharina sur le complexe sucrier de Borotou-Koro

Ordre	Espèces	Nombre de chrysalides parasitées	Taux de chrysalides parasitées (%)	Taux de chrysalides parasitées (%)
Diptères	*Trichopeza sp*	3 **a**	3,32 **a**	3,32 **a**
Hyménoptères	*Lycoriella auripila*	5 **a**	3,93 **a**	96,68 **b**
	Proctotrupes sp	4 **a**	7,97 **a**	
	Psilochalcis sp	7 **a**	11,65 **a**	
	Proconura nigripes	61 **b**	73,13 **b**	
Total		**80**	**100**	**100**
p-value (bilatérale)		**< 0,0001**	**< 0,0001**	**< 0,0001**

Dans le tableau, les moyennes suivies de lettres différentes sont significativement différentes au seuil de 5%.

3.5 TAUX DE PARASITISME DES LARVES ET DES CHRYSALIDES

3.5.1 TAUX DE PARASITISME PAR CONDITIONS DE CULTURE ET PAR VARIÉTÉ

Le taux de parasitisme des larves est statistiquement identique en conditions de culture pluviales et irriguées (figure 5). Par contre, le taux de parasitisme des chrysalides varie significativement. En effet, il est plus élevé en conditions de culture pluviales qu'en conditions de culture irriguées avec respectivement 17,98 % contre 9,98 % (figure 6).

Concernant les variétés de canne à sucre, les taux de parasitisme obtenus sont statistiquement identiques aussi bien pour les larves (figure 7) que pour les chrysalides (figure 8).

3.5.2 TAUX DE PARASITISME PAR SECTEUR

L'effet secteur de culture n'a pas été significatif en ce qui concerne le taux de parasitisme des larves de *Eldana saccharina* sur le complexe sucrier de Borotou-Koro. Pour les quatre secteurs considérés lors de notre étude, le taux de parasitisme des larves est inférieur à 2 % (figure 9). Par contre, une différence significative a été observée entre les taux de parasitisme des chrysalides en fonction des secteurs. Trois groupes homogènes ont été observés. Le secteur E a enregistré le plus fort taux de parasitisme avec 26,07 %. Il est suivi par le secteur C avec 10,95 % puis par les secteurs B et D avec respectivement 10,25 % et 7,56 % (figure 10).

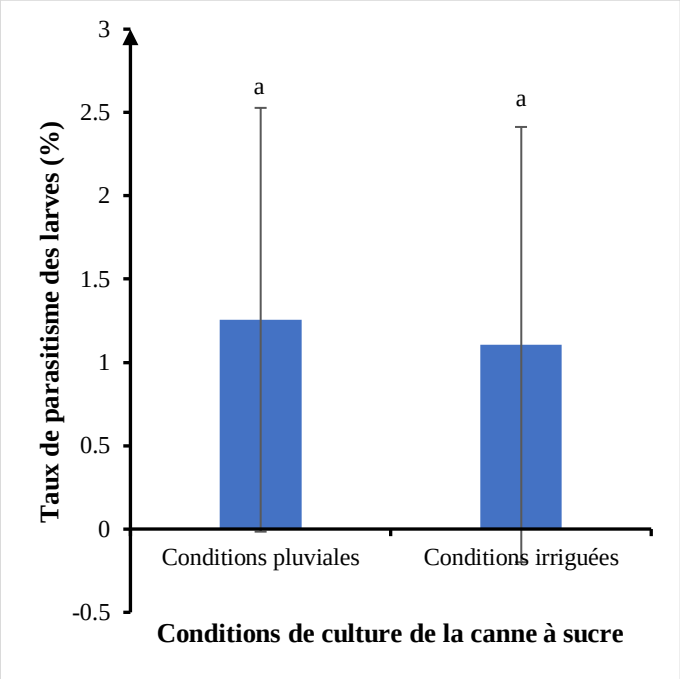


Fig. 5. Taux de parasitisme des larves de Eldana saccharina en fonction des conditions de culture de la canne à sucre

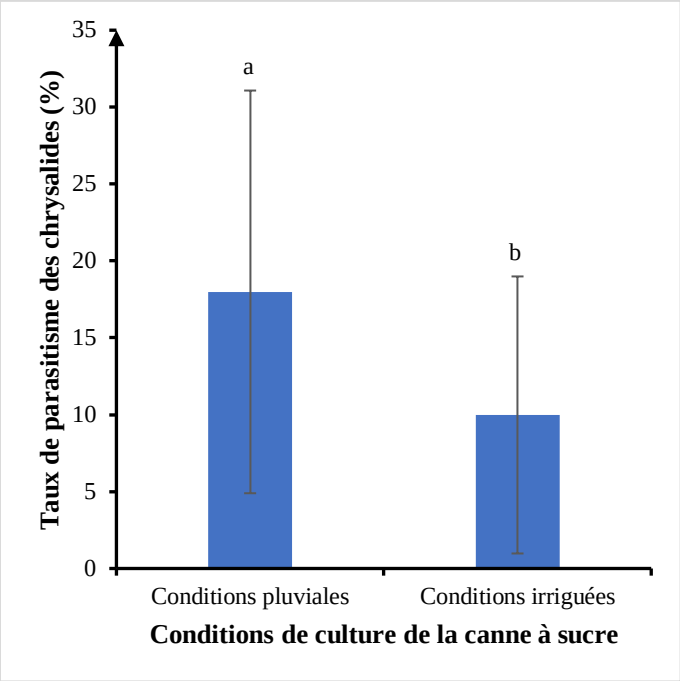


Fig. 6. Taux de parasitisme des chrysalides de Eldana saccharina en fonction des conditions de culture de la canne à sucre

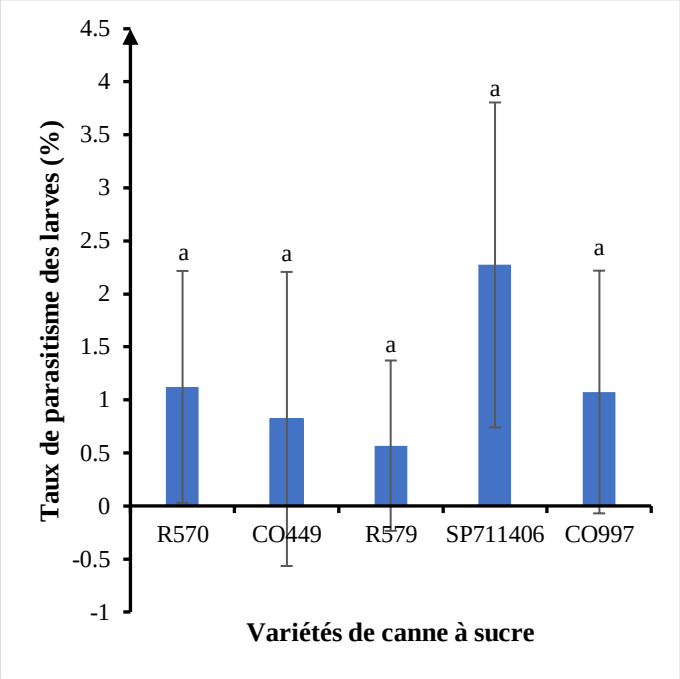


Fig. 7. Taux de parasitisme des larves de Eldana saccharina en fonction des variétés de canne à sucre

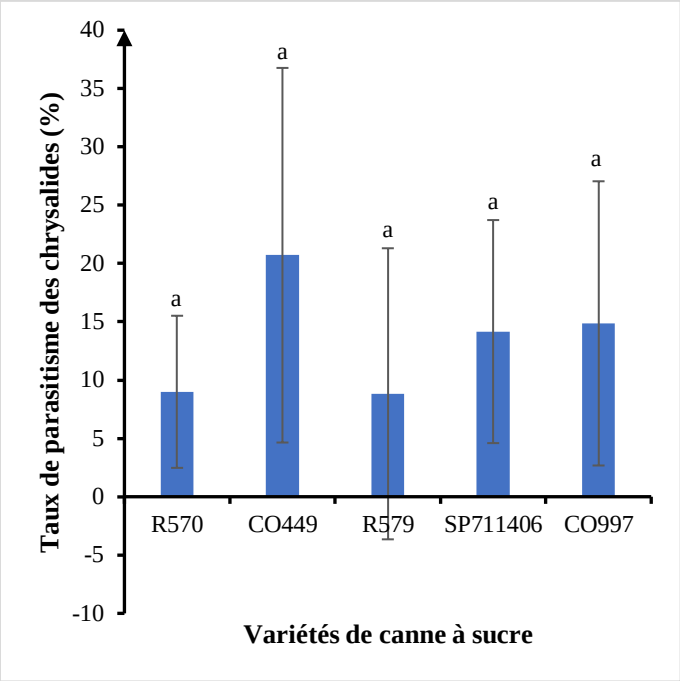


Fig. 8. Taux de parasitisme des chrysalides de Eldana saccharina en fonction des variétés de canne à sucre

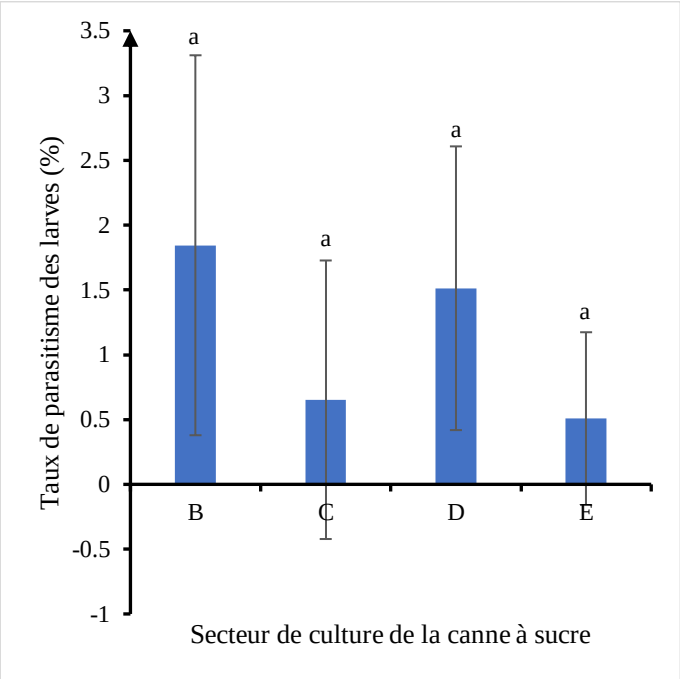


Fig. 9. Taux de parasitisme des larves de Eldana saccharina en fonction des secteurs de culture de la canne à sucre à Borotou-Koro

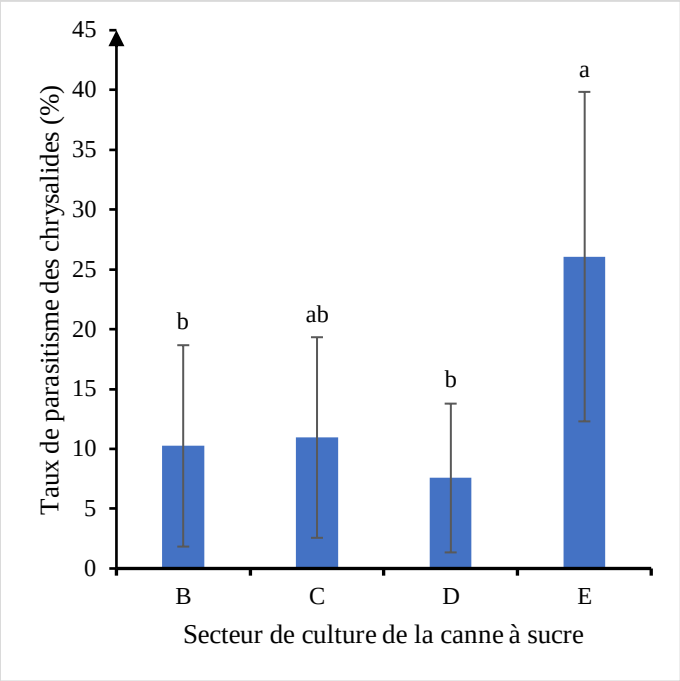


Fig. 10. Taux de parasitisme des chrysalides de Eldana saccharina en fonction des secteurs de culture de la canne à sucre à Borotou-Koro

3.5.3 TAUX DE PARASITISME TOTAL

Le taux de parasitisme a été déterminé seulement pour les larves et chrysalides élevées au laboratoire. Au cours de l'élevage, 26 et 80 parasitoïdes ont émergés respectivement sur un total de 2637 larves et 585 chrysalides soient au total 106 parasitoïdes sur 3222 spécimens. Ces parasitoïdes sont repartis en 7 Diptères et 80 Hyménoptères et 19 souches de *Fusarium sp*. Nous avons donc obtenu, sur le complexe sucrier de Borotou-Koro, un taux de parasitisme larvaire de 0,99 % et des chrysalides de 13,68 %. Le taux de parasitisme global de tous les spécimens collectés est de 3,29 %.

Tableau 7. Taux de parasitisme des larves et chrysalides de Eldana saccharina à Borotou-Koro

	Larves	Chrysalides	Total
Nombre d'individus élevés	2637	585	3222
Nombre de parasitoïdes obtenus	26	80	106
Taux de Parasitisme (%)	**0,99**	**13,68**	**3,29**

4 DISCUSSION

4.1 TAUX DE MORTALITÉ DES LARVES PAR MILIEU NUTRITIF

Le taux de mortalité des larves de *Eldana saccharina* élevé sur morceaux de canne est largement supérieur à celui obtenu sur milieu nutritif artificiel. Ceci démontre que le milieu nutritif artificiel est plus favorable pour l'élevage des larves de foreurs de tiges de la canne à sucre. Ces résultats concordent avec ceux de [14] obtenus sur le complexe sucrier de Ferkéssédougou et ceux obtenus sur le complexe sucrier de Zuénoula par [22]. Selon ces auteurs, la forte mortalité des larves élevées sur morceaux de canne serait due à la manipulation répétée des larves pendant le changement des morceaux de canne. Cependant, sur le milieu artificiel les larves mortes étaient celles des premiers stades larvaires. La mortalité de ces larves du premier stade sur milieu artificiel avait été indiquée par [23]. Selon cet auteur, ces larves meurent le plus souvent sans s'alimenter, noyées par l'humidité du milieu artificiel ou périssent avant d'avoir trouvé l'emplacement favorable à leur développement.

4.2 ESPÈCES DE FOREURS DE TIGES RENCONTRÉES SUR LE COMPLEXE SUCRIER DE BOROTOU-KORO

L'étude a permis d'identifier trois espèces de foreurs de tiges, *Eldana saccharina* Walker et *Sesamia calamistis* Hampson avaient déjà été identifié sur le complexe sucrier de Borotou-koro comme foreurs de tiges de la canne à sucre lors des travaux du PRC (2010) (Projet de Recherche Cannière). La présence de ces deux foreurs de tiges ainsi que l'importance de *Eldana saccharina* concordent avec les résultats de [24], de [25] et de [14] qui avaient montré l'existence de ces deux foreurs de tiges et l'importance de *E. saccharina* sur les complexes sucriers de la Côte d'Ivoire.

Par ailleurs, le fort taux d'émergence de *E. saccharina* s'explique par la présence de la plante hôte, le stade phénologique de la canne et les prélèvements généralement à l'intérieur de la parcelle lors de nos échantillonnages. En effet, selon les travaux de [26] *E. saccharina* est le plus nuisible des foreurs de tiges en Afrique sur la canne à sucre, d'où l'appellation « foreur de tige tropical africain de la canne à sucre ». Selon [27] et [28], ce foreur attaque la canne lorsque les premiers entre-nœuds sont bien différenciés jusqu'à la maturité alors que *S. calamistis* est plus nuisible sur les jeunes pousses et s'attaque plus aux plants de canne à sucre en bordure des parcelles.

4.3 ESPÈCES DE PARASITOÏDES RENCONTRÉES SUR LE COMPLEXE SUCRIER DE BOROTOU-KORO

Au cours de cette étude, plusieurs espèces d'insectes auxiliaires parasitoïdes de *Eldana saccharina* ont été identifiés sur le complexe sucrier de Borotou-Koro. Au nombre de ces espèces deux Diptères (*Sturmiopsis parasitica* et *Trichopeza* sp) et quatre Hyménoptères (*Proctotrupes sp, Proconura nigripes, Psilochalcis sp* et *Lycoriella auripila*) ont été identifiés. Ces résultats sont conformes à ceux de [16]. En effet, plusieurs Diptères de la famille des Chloropidae ont été signalés comme parasitoïdes larvaires de *Eldana saccharina* par [16] en Afrique occidentale et au Nigeria. De même selon ces auteurs les Hyménoptères de la famille des Chalcididae comprennent cinq genres reconnus comme parasites larvo-nymphaux des foreurs de tiges en Afrique.

Par ailleurs, les résultats obtenus indiquent une diversité plus ou moins importante des ennemis naturels des larves et chrysalides de *Eldana saccharina* sur les parcelles de canne à sucre du complexe sucrier de Borotou-Koro. Cela constitue un atout très important dans le cadre d'une lutte biologique en ce sens que ces insectes présentant une biologie et une écologie différentes pourraient être utilisés dans plusieurs zones écologiques et à différentes périodes de l'année.

4.4 POURCENTAGE DES ESPÈCES PARASITOÏDES DES LARVES ET CHRYSALIDES DE ELDANA SACCHARINA

Deux ordres d'insectes parasitoïdes des larves et chrysalides de *Eldana saccharina* ont été rencontrés dans les parcelles de canne à sucre du complexe sucrier de Borotou-Koro à savoir les Diptères et les Hyménoptères. Les Hyménoptères ont été fortement représentés avec un taux 96,43 % contre 3,57 % pour les Diptères. Les Hyménoptères seraient les principaux ennemis naturels des larves et chrysalides de *Eldana saccharina* sur l'unité agricole intégrée de Borotou-Koro. Ce résultat est le contraire de celui obtenu par [14] sur l'unité agricole intégrée de Ferké 1. Ils y ont montré une plus grande présence des Diptères avec 79,31 % contre 20,69 % pour les Hyménoptères. Ces différences en termes de présences de ces deux ordres pourraient être dues à la différence des climats, de la végétation des zones de culture. En effet, la région de Ferké 1 caractérisée par un climat tropical sec [29] appartient à la zone agro-écologique nord alors que Borotou-Koro avec un climat soudano-guinéenne, tropical humide [30] se situe dans la zone agro-écologique centre-ouest du pays [31], [32].

4.5 TAUX DE PARASITISME DES LARVES ET CHRYSALIDES DE ELDANA SACCHARINA

Les variétés de canne cultivées sur le complexe sucrier de Borotou-Koro, n'ont pas montré de différences au niveau du taux de parasitisme. Les auxiliaires parasitoïdes des larves et des chrysalides de *Eldana saccharina* répertoriés sur le complexe sucrier de Borotou-Koro n'auraient aucune préférence quant à la variété de canne cultivée.

Le taux de parasitisme des chrysalides de *Eldana saccharina* plus élevé en conditions de culture pluviales qu'en conditions de culture irriguées indiquerait que ce milieu de culture serait plus favorable à leur prolifération. De même, il a été constaté que le taux de parasitisme des chrysalides de *Eldana saccharina* variait significativement d'un secteur à un autre. Cela résulterait du complexe écologique qui prévaut dans chacun de ces secteurs de culture. Plus l'écosystème se prête au bon développement des parasitoïdes, plus leurs populations serait abondante. Les secteurs de culture de la canne à sucre à Borotou-Koro regorgeraient donc d'une diversité écosystémique dont les unes sont plus favorables à la prolifération des auxiliaires parasitoïdes des chrysalides de *Eldana saccharina*. Comme le postule l'hypothèse de la concentration en ressources [33], les auxiliaires parasitoïdes comme tous les organismes vivants ont tendance à s'installer préférentiellement dans les milieux où leur ressource est la plus concentrée. Ainsi, la présence des habitats naturels, avec la mise en place de mélanges de

plantes procurant des ressources nutritives telles que du pollen et du nectar favorisent d'une part l'installation, la survie, et la dynamique de population de ces ennemis naturels des foreurs de tiges de la canne à sucre [34], [35], [36] et d'autre part peuvent également constituer des habitats refuges contre les perturbations climatiques et/ou anthropiques [37], [38], [39].

Toutefois, cette étude nous a permis de constater que le taux de parasitisme des larves et des chrysalides de *Eldana saccharina* sur l'unité agricole intégrée de Borotou-Koro est très faible. Il est en moyenne de 0,99% pour les larves et de 13,68% pour les chrysalides. Ce faible taux de parasitisme est la résultante de plusieurs facteurs. D'abord, l'utilisation des produits phytotoxiques ou sélectifs qui pourraient soit les tuer soit maintenir les parasitoïdes loin des parcelles de canne. De même, le désherbage et la coupe sur brulis causeraient également la réduction des parasitoïdes car le premier éliminerait les habitats naturels des parasitoïdes [40] et le second entrainerait la mort de tous les parasitoïdes présent sur la parcelle pendant le brulage. De plus, l'utilisation des produits phytosanitaires nuit à l'ensemble de la faune et la flore en général et fortement aux insectes en particulier. En effet, l'utilisation intensive des produits de synthèse tuant sans distinction les insectes nuisibles et bénéfiques est une cause probable de la réduction du taux de parasitisme sur les parcelles cultivées [23].

5 CONCLUSION

Cette étude a été réalisée sur le complexe sucrier de Borotou-Koro dans l'optique d'identifier les différentes espèces de foreurs de tiges en présence et les auxiliaires parasitoïdes de *Eldana saccharina* en vue d'une lutte biologique éventuelle. Les résultats obtenus indiquent que l'élevage des larves des foreurs sur milieu artificiel est plus propice à leurs émergences que l'élevage sur morceaux de canne. Trois espèces de Lépidoptères foreurs de tiges sont présent sur le complexe sucrier de Borotou-Koro à savoir *Eldana saccharina* et *Sesamia calamistis* qui avaient déjà été répertorié par les études précédentes ainsi que *Sesamia inferens* qui est une nouvelle espèce répertoriée. *Eldana saccharina* demeure l'espèce majoritaire avec un taux de 98,4 %. Le taux de parasitisme larves et chrysalides de *E. saccharina* est de 3,29 %. Six espèces de parasitoïdes ont été identifié dont un parasitoïde larvaire (*Sphaephoria sp*), un parasitoïde larvaire-nymphal (*Lycoriela auripila*) et quatre parasitoïdes nymphaux (*Trichopeza sp, Proctotrupes sp, Proconura nigripes, Psilochalcis sp*). De même, *Fusarium* spp a été identifié comme parasite des larves de *Eldana saccharina*. Ces six espèces parasitoïdes sont issus de deux familles qui sont les Diptères estimé à 3,32 % et les Hyménoptères qui représente 96,68 % du pourcentage des parasitoïdes rencontré. Ainsi, le complexe sucrier de Borotou-Koro regorge de plusieurs espèces de parasitoïdes de *Eldana saccharina* sur ces parcelles de canne à sucre.

REMERCIEMENTS

Cette étude n'aurait pas été possible sans le soutien de l'entreprise agro-industrielle Sucrivoire à travers l'Unité Agricole Intégrée de Borotou-Koro et du Centre Africain d'Excellence sur le Changement Climatique, la Biodiversité et Agriculture Durable (CEA-CCBAD). À deux partenaires, nous tenons à exprimer notre profonde gratitude.

REFERENCES

[1] Betbeder-Matibet M., 1985. El dana sacchari na Walker, pyrale de la canne à sucre et des cereals. In: Insectes nuisibles aux cultures vivrières d'Afrique, de Madagascar et des Mascareignes. IRAT Fiches Techniques, IRAT-CIRAD, Montpellier, France, 2pp.

[2] Assefa, Y., Conlong, D.E. & Mitchell, A., 2006. Phylogeography of *Eldana saccharina* Walker (Lepidoptera: Pyralidae). *Annales de la Sociètè entomologique de France* 42 (3-4): 331-338.

[3] Goebel F.R., E. Fernandez et C. Alauzet., 1999. Dégâts et pertes de rendements sur la canne à sucre dus au foreur Chilo sacchariphagus (Borer) (Lep.: Pyralydea) à l'île de la réunion. Annales de la société Entomologique de France, (35): 476 - 481.

[4] Yoseph A., Van den Berg J. and Colong D. E., 2008. Farmers' perceptions of sugarcane stem borers and farm management practices in the Amhara region of Ethiopia. *International Journal of Pest Management* 54 (3): 219 - 226.

[5] Kouamé D. K., Péné C. B. et Zouzou M., 2010. Évaluation de la résistance variétale de la canne à sucre au foreur de tiges tropical africain (*Eldana saccharina* Walker) en Côte d'Ivoire. Journal of Applied Biosciences 26: 1614-1622.

[6] Péné B.C., K.D. Kouamé, H. J. Dove et Boua B. M., 2016. Incidence des infestations du foreur de tiges *Eldana saccharina* (Lepidoptere, Pyralidae) en culture irriguée de canne à sucre selon la variété et période de récolte en Côte d'Ivoire. J. Appl. Biosci. 102: 9687 - 9698.

[7] Keeping M.G., 1995. Coping with pest in the South Africa Sugar Industry. Proceeding of the South Africa Sugarcane Technologists Association 69: 217 - 218.

[8] Goebel F. R. et Way M. J., 2003. Investigation of the impact of *Ela*na saccharina (Lepidoptera: Pyralidae) on sugarcane yield in field trials in Zululand. *Poceeding of South Africa Sugarcane Technologists Association,* 77: 256-265.

[9] Goebel FR, Way MJ, Conlong D.E., 2008. La gestion des foreurs de la canne à sucre, l'environnement et les pratiques culturales: synthèse des résultats et perspectives. In: Actes du Congrès sucrier ARTAS/AFCAS, Guadeloupe, 12p. Disponible sur www.afcas.fr.

[10] Goebel R., 2007. Lutte biologique, biodiversité et écologie en protection des plantes in Les Dossiers d'Agropolis International, N° 4. pp. 35-36. www.agropoli s.fr/pdf/dossi erlutte-biologique.pdf

[11] Tabone E., F.R. Goebel, N. Lezcano et E. Fernandez., 2002. Le foreur de la canne à sucre: Mise en place d'une lutte biologique à l'aide de trichogrammes à La Réunion. Phytoma 553: 32 - 35.

[12] Boraud N. K. M., 2000. Étude floristique et phytoécologique des adventices des complexes sucriers de Ferké 1 et 2 de Borotou et Zuénoula, en Côte d'Ivoire. Thèse doctorat de 3 ème cycle de l'Université de Cocody – Abidjan; Côte d'Ivoire, 181 p.

[13] IRAT., 1976. Étude pédologique du complexe sucrier de Borotou-Koro. Présentation générale notices explicatives, Technisucre, 96p.

[14] Kouamé K. D., Kassi K. F. J. M., Kouamé K. G., Kouassi K. V., Dove J. H., Ng Cheong L. R., Zouzou M., 2018. Soil moisture management and mulch impact on sugarcane yields under irrigated and rainfed conditions in Côte d'Ivoire. Journal of Biodiversity and Environmental Sciences (JBES) ISSN: 2220-6663 (Print) 2222-3045 (Online) Vol. 12, No. 5, p. 381-390, 2018 http://www.innspub.net.

[15] Polaszek. A., 1992. Encar si a par asi t oi ds of Bemisiatabaci (Hymenoptera: Aphelinidae, Homoptera: Aleyrodidae): a preliminary guide to identification. *Bulletinof Entomological Research* 82. 375 – 392.

[16] Polaszek A. et Delare G., 2000. Les foreurs des tiges de céréales en Afrique. Importance économique, ennemis naturels et méthodes de lutte. CIRAD. 534p.

[17] Barraclough D. A., 2004. A taxonomic review of Sturmiopsis Town send, 1916, an Old World genus of Tachinidae (Diptera) parasiting economi cal l y si gni fi cant Lepi dopt erous stem borers. School of biological and conservation sciences. Natal (Afrique du sud). 14p.

[18] Nagaraja H., 2012. Studies of Trichogrammatoidae (Hyménoptèra: Trichogrammatidae). Commonwealth Institute of Biological Control Indian Station. Bangalore (Inde). Oriental insects 12 (4). 489 - 529.

[19] Zekarias Y., Dejene M., Tegegn G. and Yirefu F., 2013. Proc. Study on Cultural and Pathogenic Variability of *Ustilago scitaminea* Isolates in the Sugarcane Plantations of Ethiopia Ethiop. *Sugar. Ind. Bienn. Conf*., 2: 111-120.

[20] Mahin B.I and S.A. Moosawi-Jorf, 2007. Isolation and identification of yeast-like and mycelial colonies of *Ustilago scitaminea* using specific primers. Asian Journal of Plant Sciences, 6 (7): 1137-1142.

[21] Binso L., 1980. Biologie et écologie d'*Eldana saccharina* Walker (Lepidoptère Pyralidae Gallerinae) foreur du maïs en Côte d'Ivoire et inventaire des autres Lépidoptères foreurs du maïs. Thèse de Doctorat à l'université Pierre et Marie Curie de Paris (entomologie). 208p.

[22] Kla Y. F., 2012. Identification des insectes (parasitoïdes et autres) issus de l'élevage des chenilles et chrysalides d'*Eldana saccharina* Walker à l'Unité Agricole Intégrée de Zuénoula. Mémoire de fin d'études d'Ingénierie à l'Ecole Supérieure d'Agronomie de Yamoussoukro (INPHB). 69p.

[23] Tran M., 1981. Reconnaissance des principaux foreurs des tiges du riz, du maïs et de la canne à sucre en Côte d'Ivoire. *ORSTOM*. pp. 7.

[24] Waiyaki J. N., 1974. The ecol ogy of El dana saccharina walker, and associated loss in cane yield at arusha-chini, moshi, Tanzania. *Tropical Pesticides Research Institute. Arusha. Tanzania*. 6p

[25] Cochereau P. et M. De Matos., 1984. Évolution des populations du foreur africain de la canne à sucre *E. saccharina* Walke r (L e p., Gallerinae, Pyralidae) sur le complexe sucrier de Borotou- Koro (Côte d'Ivoire). ORSTOM. 48p.

[26] Harris K. M., 1962. Lepidopterous stem borers of cereals in Nigeria. Bulletin of entomological Research 53. 139 - 171.

[27] Péné CB, Koulibaly S G, 2011. Sugarcane yield variations in northern and central Ivory Coast as influenced by soil water balance over two critical growth stages. J. Agric. Sci. Technol. 5 (2): 220-25.

[28] Tialou O. F., Yapi F. A., Kla K. et Boraud K. N. M., 2021. Adventices majeures des parcelles industrielles de canne à sucre des unités agricoles intégrées en Côte d'Ivoire. *Int. J. Biol. Chem. Sci.* 15 (2): 594-608.

[29] BNETD, 2016. Analyse qualitative des facteurs de déforestation et de dégradation des forêts en Côte d'Ivoire. Rapport Final 10 novembre 2016. 114 p.

[30] FAO, 2018. Zones agro-écologiques globales (GAEZ), Éditions FAO, Rome, http://gaez.fao.org/Main.html#.

[31] Root, R.B., 1973. Organization of a Plant-Arthropod Association in Simple and Diverse Habitats: The Fauna of Collards (Brassica Oleracea). *Ecol. Monogr*. 43, 95–124. https://doi.org/10.2307/1942161.

[32] Wäckers, F. L., van Rijn, P. C. J., 2012. Pick and Mix: Selecting Flowering Plants to Meet the Requirements of Target Biological Control Insects, in: Gurr, G.M., Wratten, S.D., Snyder, W.E., Read, D.M.Y. (Eds.), *Biodiversity and Insect Pests. John Wiley & Sons, Ltd, Chichester, UK,* pp. 139–165.

[33] Arnó, J., Oveja, M.F., Gabarra, R., 2018. Selection of flowering plants to enhance the biological control of Tuta absoluta using parasitoids. *Biol. Control* 122, 41–50. https://doi.org/10.1016/j.biocontrol.2018.03.016

[34] Tschumi, M., Albrecht, M., Bärtschi, C., Collatz, J., Entling, M.H., Jacot, K., 2016. Perennial, species-rich wildflower strips enhance pest control and crop yield. Agric. Ecosyst. Environ. 220, 97–103. https://doi.org/10.1016/j.agee.2016.01.001

[35] Holland, J.M., Birkett, T., Southway, S., 2009. Contrasting the farm-scale spatio-temporal dynamics of boundary and field overwintering predatory beetles in arable crops. BioControl 54, 19–33. https://doi.org/10.1007/s10526-008-9152-2.

[36] Pywell, R., James, K., Herbert, I., Meek, W., Carvell, C., Bell, D., Sparks, T., 2005. Determinants of overwintering habitat quality for beetles and spiders on arable farmland. Biol. Conserv. 123, 79–90. https://doi.org/10.1016/j.biocon.2004.10.010

[37] Woodcock, B.A., Westbury, D.B., Potts, S.G., Harris, S.J., Brown, V.K., 2005. Establishing field margins to promote beetle conservation in arable farms. *Agric. Ecosyst. Environ.* 107, 255–266. https://doi.org/10.1016/j.agee.2004.10.029

[38] Lamy F., P. Bolland, D. Viannay et B. Pintureau., 2013. Influence du paysage sur les populations de Trichogrammes (Hymenoptera, Trichogrammatidae). *Bull. Soc. Entomol. France* 118 (2): 197 - 206.

International Journal of Innovation and Applied Studies
ISSN 2028-9324 Vol. 39 No. 2 Apr. 2023, pp. 827-832
© 2023 Innovative Space of Scientific Research Journals
http://www.ijias.issr-journals.org/

Digital communication and practical physical and sports maintenance activities in the city of Ouagadougou

ILBOUDO Salfo[1], MOUKALA MAMPASSI Thècle Sabine[1], KABORE Prosper[2], KALAGA K. Martin[1], and SONGNABA Florent[3]

[1]Laboratory of Social Dynamics, Education, Sport and Human Development (Ladys-ES-DH, INJEPS, UAC), University of Abomey-Calavi, Benin

[2]LRE-ID Laboratory, Catholic University of West Africa, University Unit of Ziguinchor, Senegal

[3]Thomas SANKARA University, Ouagadougou, Burkina Faso

Copyright © 2023 ISSR Journals. This is an open access article distributed under the ***Creative Commons Attribution License***, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

ABSTRACT: The communication strategy to increase the practice of Physical Activities and Sports (PAS) within the population remains topical in public development policies. It is on the strength of this observation that the ministerial department in charge of sports has entered into a partnership with the mobile telephone operator TELECEL Faso for the sending of the «Short Message System» of invitation to practice. The general objective of this article is to analyze the effect of SMS on the regular practice of physical and sports maintenance activities by the population in the city of Ouagadougou. The data was collected using a quantitative approach from 299 practitioners. The results obtained reveal that the SMS of TELECEL Faso do not have an effect on the regularity of the practice of APS in the city of Ouagadougou. All of the actors questioned are part of the perspective of improving the quality and quantity of SMS with diversification of the source of distribution. This study helps inform decision-makers on the strategies to be optimized with a view to generalizing the practice of sport.

KEYWORDS: Digital communication, SMS, Sport for all, physical activities, maintenance sports.

1 INTRODUCTION

According to the World Health Organization (WHO), it is estimated, worldwide, that lack of physical activity causes more than 3.2 million deaths per year (Margaritis, 2016; WHO, 2013). Physical inactivity appears to be the fourth major risk factor for mortality representing more than 20% of cases of diabetes, cancer and cardiovascular problems (WHO, 2010). The WHO recommends 150 minutes of Aerobic Physical Activity (APA) per week for people aged 18 to 64 and at least 60 minutes of daily activity for those aged 5 to 17 (WHO, 2013). Regular physical activity is good for your health. Indeed, it generates a decrease of about 30% in the risk of heart diseases such as high blood pressure or stroke, type 2 diabetes, breast and colon cancer, osteoporosis (Warburton et al. 2010). In addition, it reduces the severity of mild symptoms related to depression and anxiety (Rimer et al., 2012; Warburton et al. 2007).

However, Fanning, Mullen and McAuley, (2012) argue that less than 25% of adults and 40% of children and adolescents meet WHO recommendations worldwide. The scientific community and public services are looking for the best strategies to encourage people to be more active (Margaritis, 2016).

Also, in order to raise public awareness of the importance of practicing regular physical and sporting activity, television and poster campaigns have been put in place by the public authorities, but these seem insufficient. Indeed, the interest of adolescents and the elderly for digital tools is well established. This is why the use of "shorts Messages Systems" (SMS) makes it possible to increase the number of physical activity practitioners (Robin, Laurent and Ruart, 2018).

Texting, as a health promotion tool, has therefore become the primary technique used in mHealth research (Morton, McGlory, & Phillips, 2015). This technique is based on the idea that, for marketing strategies, it is possible to encourage individuals to change their behavior through the sending of SMS (Cole-Lewis and Kershaw, (2010). The effectiveness of sending SMS to promote physical activity has been demonstrated in several studies (Fanning et al., 2012) and this strategy gives positive feedback (Gerber et al., 2009).

In addition, some studies such as (Muller, Khoo, and Morris, 2016; Robin et al., 2017), have shown that texting increases the duration of self-reported Aerobic Physical Activity (APA), measured and reported by the participants themselves, in adults and people over 50 years of age. In a review of 14 health behavior change interventions that were delivered via mobile phone short message service (SMS) text, Fjeldsoe et al. (2010), observed significant positive behavioral changes in 8 studies, and another 5 studies demonstrated positive behavioral trends using SMS as a reminder to increase adherence to treatment programs.

In Burkina Faso, the practice of physical and sporting activities for health has been a government concern since 1984. It took the form of the establishment of compulsory mass sport in the public administration, then the later creation of the Department of Sport pour Tous (DST) at the ministry in charge of sports in 2006. Thus, since its official launch on March 22, 2012, the DST, responsible for promoting the practice of maintenance sport in the Burkinabè population in general, has established a partnership with TELECEL Faso for the dissemination of messages (SMS) every last Thursday of the month, inviting the population to practice sport and participate in aerobic sessions. The content of the first SMS was entitled “Sport for all: Thursday June 27, 2013. “Participate in the big aerobics’ session on Thursday June 27 at 4 p.m. at the Place de la Nation. For your health, move. »

Despite the efforts made by the department in charge of sport to make the practice of sport more effective and more dynamic for all, although many receive the SMS, it is clear that the number of practitioners remains below expectations. In addition to this low mobilization of the practice, the regularity of those who practice is also a problem.

Also, no scientific study to our knowledge reflects the real effect of SMS on the level of practice of physical activity and sports maintenance in Burkina Faso. The objective of this research is to analyze the contribution of the strategy of sending SMS on the regularity in the practice of maintenance APS within the population of the city of Ouagadougou.

2 METHODS

2.1 NATURE AND STUDY POPULATION

This is a quantitative cross-sectional study. It was carried out in the city of Ouagadougou among practitioners of physical and sports maintenance activities.

2.2 SAMPLING AND STUDY SAMPLE

Considering the non-existence of an exhaustive sampling base of physical and sporting activity practitioners in the city of Ouagadougou, we resorted within the framework of this study to a non-probability type sampling. According to data from the STEPS survey (2013), the prevalence rate of physical activity in urban areas is 22.2%. Data from the RGPH (2019) regarding the size of the population of Ouagadougou is estimated at 536,190 people. Referring to the Schwartz formula, the minimum sample size for our study is 295 subjects.

2.3 DATA COLLECTION TECHNIQUES AND TOOLS

The survey was used as a technique in our study. The choice of the survey technique is explained by the fact that it is based on an organic set of questions structured according to a rigorous order falling within a logical progression (Thietart et al., 2004). The questionnaire served as a collection tool. Also, this instrument was the subject of a pre-test with a small number of the study population.

The pre-test made it possible to test the form of the questions, their sequencing and their comprehension as well as the relevance of the proposed response methods.

2.4 DATA PROCESSING AND STUDY VARIABLES

The "Sphinx plus2" software was used to process the collected data. Descriptive statistics such as means and frequencies were performed. The chi2 test was used to determine the associated factors. The significance level of the tests was set at $p \leq 0.05$.

2.5 VARIABLES

The regular practice of maintenance physical and sports activity is the dependent variable. The independent variables retained are: the reception of SMS, the frequency of SMS reception and satisfaction with the content of the SMS.

3 RESULTS

Table 1. Frequency of receipt, satisfaction and quality of SMS

Variables	Terms	Percentage
SMS reception frequency	Each day	6,7
	Each week	14,3
	Last Thursday	79
	Total	100
Satisfaction or not with the content of the messages received	Yes	71,2%.
	No	28,8%.
	Total	100%.
SMS quality in terms of motivation	Yes	28
	No	72
	Total	100
Quality of SMS inviting personal investment	Yes	53,8
	No	46,2
	Total	100

In view of Table 1, more than the majority (79%) of respondents claim to have received the SMS every last Thursday of the month. Only 28% believe the message is motivating. In addition, only 46.2% of respondents indicate that SMS invites personal investment.

Table 2. Relationship between frequency of practice of APS and receipt of practice SMS, frequency of receipt of SMS and satisfaction with SMS content

	Regularity of practice		
	Value	Asymptotic significance	Conclusion
SMS reception	0,101	0,751	Not significant
SMS reception frequency	0,729	0,393	Not significant
SMS content satisfaction	0,127	0,722	Not significant

Significant at $p < 0.05$

With regard to Table 2, concerning the Chi-square (x2) interdependence test, no significant dependence was observed between the frequency of the practice and the variables receiving SMS, frequency of receiving and satisfaction with the content of the SMS.

Table 3. Respondents' suggestions for improving SMS content

Variables	Terms	Percentage
Improve SMS content	Yes	28%
	No	72%
	Total	100%
Strategies for improving SMS content	Broadcast the SMS in all operators	42,8%
	SMS according to target groups	30.2%
	SMS more motivating	28%
	Total	100%

In view of table 3; 72% of practitioners are in favor of improving the content of SMS. As for the strategy, 42.8% indicate that the SMS should be distributed to all operators, 30.2% suggest that the SMS be based on the target groups. And finally, 28% want more motivating SMS.

4 DISCUSSION

The purpose of this study is to determine the effect of invitations to the practice of physical and sports maintenance activities via SMS from TELECEL Faso to its subscribers on the frequency of practitioners in the city of Ouagadougou.

The results show that 79% of those surveyed claim to have received the SMS every last Thursday of the month, inviting them to practice sport for all. These results confirm those of (Berry, Latimer-Cheung, 2013) according to which messages promoting physical activity are part of a global approach aimed at creating a society in which physical activity is the norm.

The results indicate however that the reception of the sms has no effect on the regular practice of APS in the city of Ouagadougou, P=0.751. It is the same as SMS frequency (P=0.393) and SMS content satisfaction (P=0.722). These results are consistent with those of Olson and Zanna (1987). They point out the reasons why mass media messages and campaigns about various healthy behaviors, including increasing physical activity, have not been very successful in persuading people to take action. A big problem for them is that messages tend to be general because they are assumed to be meaningful to everyone or, if they are targeted at a particular group, they tend to assume the audience is homogeneous; that is, receptive to the message. Olson and Zanna (1987) suggest that messages may be more successful if they have a theoretical basis, if they are strategically persuasive to a particular audience, if the information specifies how to do it, and if the individuals targeted have the opportunity to take appropriate action after delivering the message.

Conversely, Parker and Ellis (2016) argue that email messages delivered via mobile phones are effective in increasing aerobic PA minutes in older adults. These authors argue that physicians, physical therapists and personal trainers can integrate mobile technology into their practice by using cell phones to provide reminders, information and even instructions for patients and clients. Robin, Laurent and Ruart (2018) obtained similar results to Antoine Parker and Ellis (2016). Indeed, their studies have shown that receiving an SMS in the morning (6 times a week for 3 weeks), inviting you to perform an APA, significantly increases the average weekly duration of APA (leisure). In addition, an improvement in the times of completion of the 3 x 400 meters is observed while being higher when the pupils receive the morning SMS than when they have not received it. The use of SMS is therefore an effective strategy for making students more active. The results indicate that more than half of respondents (71.2%) suggest that the quality of SMS should be improved. In practical ways they suggest:

- That the distribution of the SMS is made by all the operators instead of a single one and even on the social networks (whatsapp, Facebook);
- That the SMS are according to age groups; that is to say according to the specific needs of practitioners;
- That text messages are more motivating

The results corroborate in terms of proposed strategies those of Garrigues (2015) with the addition of the method How? Who ? When ? and why ? regarding communication via email. First, the How refers to solutions for optimizing the digital communication medium.

By this we mean the technical means of disseminating the message. In the Burkinabè context, it is a question of using new mobile media such as the mobile / Smartphone, tablets, television and connected watches.

Then the "Who" concerns the target. The target chosen during the implementation of the communication strategy is similar to the one who actually accesses the message. Targeting includes defining a group in the population according to a common

characteristic and providing information according to the characteristics of the subgroup. The concept is analogous to marketing to segments of a population (Randolph and Viswanath 2004). For Jibaja Weiss et al. (2005) personalized messages are effective in promoting breast and cervical cancer screening tests in underserved populations. A message tailored to the person gives them the impression that they are more important, encourages them to process information and change their behavior more than a targeted message (Marcus and Rosen 2006).

In addition, the "how much" concerns the number of publications to be filled in order to be read and seen without being too repetitive. For the "When to spread the message?", it is a question of saying when to broadcast, in particular the days and hours. Finally, the question "why" allows us to deepen the content of the message and its necessity.

5 CONCLUSION

Digital communication in the world of sport no longer needs to be demonstrated, in this case SMS and its effects on the practice of APS. In Burkina Faso, with the increase in non-communicable diseases linked to a sedentary lifestyle or lifestyle, the department in charge of sports with its partner TELECEL Faso, a mobile phone agency, have initiated the sending of SMS invitations to practitioners of maintenance sports in the city of Ouagadougou. The objective of this study is to determine the effect of the communication policy via the sending of SMS on the regular practice of SPA within the population of the city of Ouagadougou. To carry out this study, a questionnaire was developed and administered to 299 practitioners in the city of Ouagadougou by the non-probabilistic method. The results obtained reveal that the SMS of TELECEL Faso have no effect on the regularity of the practice of APS in the city of Ouagadougou. All of the actors questioned are part of the perspective of improving the quality and quantity of SMS with diversification of the source of distribution. This study helps inform decision-makers on the population's expectations in terms of communication on the practice of sport for all in the context of the development and implementation of sports policies.

REFERENCES

[1] Antoine Parker, C., and Ellis, R. (2016). Effect of electronic messaging on physical activity participation among older adults. *Journal of Aging Research,* 1-6. doi: 10.1155/2016/6171028.

[2] Berry TR, Latimer-Cheung A.E. (2013). Overcoming Challenges to Build Strong Physical Activity Promotion Messages. *American Journal of Lifestyle Medicine*. 7 (6): 371-378. doi: 10.1177/1559827613499289.

[3] Fanning, J., Mullen S.P., and McAuley, E. (2012). Increasing physical activity with mobile devices: a meta-analysis. *Journal of medical Internet research,* 14 (6), e2171.

[4] Garrigues, L. (2015). Optimization of the digital communication of a sports entity: the example of the National Institute of Sport, Expertise and Performance (INSEP). [Master memory. University of Lorraine]. Retrieved from https://hal.univ-lorraine.fr/hal-01832790/document on 15 May 2022.

[5] Gerber BS, Stolley MR, Thompson AL, Sharp LK, Fitzgibbon ML. (2009). Cell phone text messaging to promote healthy behaviors and weight loss maintenance: a feasibility study. *Health Informatics,* 15 (1), 17-25. doi: 10.1177/1460458208099865.

[6] Jibaja-Weiss, M., Volk, J-R., Smith, W Q., Holcomb, J. D., (2005). Differential Effects of Messages for Breast and Cervical Cancer Screening. *Journal of Health Care for the Poor and Underserved* 16 (1): 42-52. DOI: 10.1353/hpu.2005.0018.

[7] Marcus, M.B., and Rosen, J. (2006). *Markov processes, Gaussian processes, and local times*. Cambridge University Press.

[8] Margaritis, I. (2016). Take action against a sedentary lifestyle. *Public Health,* 1, 7-8. https://doi.org/10.3917/spub.160.0007.

[9] Morton, R., McGlory, C., & Phillips, S. (2015). Nutritional interventions to augment resistance traininginduced skeletal muscle hypertrophy. *Frontiers in Physiology,* 6 doi: 10.3389/fphys.20115.00245.

[10] Muller, A.M., Khoo, S., & Morris, T. (2016). Text Messaging for Exercise Promotion in Older Adults From an Upper-Middle-Income Country: Randomized Controlled Trial. *Journal of Medical Internet Research,* 18 (1), DOI: 10.2196/jmir.5235.

[11] Olson, J.M., and Zanna, M.P. (1987). Understanding and promoting exercise: a social psychological perspective. *Canadian journal of public health,* 78 (5), S1-S7.

[12] Randolph, W., and Viswanath, K. (2004). Lessons learned from public health mass media campaigns: marketing health in a crowded media world. *Annual review of public health,* 25, 419-3.

[13] Rimer J, Dwan K, Lawlor D.A, Greig C.A, McMurdo M, Morley W, and Mead G.E. (2012). Exercise for depression. *Cochrane Database System Rev* 11 (7) doi: 10.1002/14651858.CD004366.

[14] Robin, N., Laurent, J., and Ruart, S. (2018). Influence of electronic messages on personal aerobic physical activity and performance in physical education and sport. *Ejournal of Intervention Research in Physical Education and Sport,* (43).

[15] Robin, N., Toussaint, L., Coudevylle, G.R., Ruart, S., Hue, O., and Sinnapah, S. (2017). Text messages promoting mental imagery increase self-reported physical activity in older adults: a randomized controlled study. *Journal of aging and physical activity,* 26 (3), 462-470.

[16] Warburton DE, Charlesworth S, Ivey A, Nettlefold L, and Bredin S.S. (2010). *A systematic review of the evidence for the Canadian physical activity guidelines for adults*. Doi: 10.1186/1479-5868-7-39.

[17] Warburton, D.E., Katzmarzyk, P.T., Rhodes, R.E., & Shephard, R.J. (2007). Evidence-based physical activity guidelines for Canadian adults. *Applied Physiology, Nutrition and Metabolism,* 32 (2), 16-68.

International Journal of Innovation and Applied Studies
ISSN 2028-9324 Vol. 39 No. 2 Apr. 2023, pp. 833-848
© 2023 Innovative Space of Scientific Research Journals
http://www.ijias.issr-journals.org/

Analyse didactique de la première séance d'une situation d'apprentissage de trois enseignants d'éducation physique et sportive au Benin

[Didactic analysis of the first session of a learning situation of three teachers of physical education and sports in Benin]

Agbodjogbe D. Basile, M. Ogueboule Bachar, Atoun Carlos Eméry, Attikleme Kossivi, and Fadebi Elidja

Laboratoire de Didactique des Disciplines (LDD), Institut National de la Jeunesse, de l'Education Physique et du Sport (INJEPS), Université d'Abomey-Calavi (UAC), Benin

Copyright © 2023 ISSR Journals. This is an open access article distributed under the ***Creative Commons Attribution License***, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

ABSTRACT: This study of didactic obedience compared the practices of three PE teachers intervening in the first session of the second learning situation in third grade with reference to the official prescriptions in the matter. It took place at CEG Goho and CEG Avogbanan in the center and then at CEG Banikanni in northern Benin. The theoretical grounding is inspired by the anthropological theory of didactics (Paun, 2006; Perrenoud, 1998; Chevallard, 1992), the model of evaluative practices (Grenier and Beaudoin, 2012) and the concepts mobilized by comparatists (Mercier, Schubauer- Leonie, Sensevy, 2002). The study of documents, the audio-visual recording of three sessions, the pre-session interview and the post-session interview are the techniques used with reference to the triangulation of Amade-Escot and Leutenegger (2013), Leutenegger (2009; 2003), Amade-Escot (2003) inspired by Van Der Maren (1996). The analyzed and discussed results make it possible to affirm that elements of genericity and specificity emerge from the implementation or not of the initial situation, the progress of the diagnostic evaluation and the implementation of the six stages planned for the first session of a learning situation. The teachers' reports to the official prescriptions and to the APS help to explain this situation.

KEYWORDS: Teaching practice, Official prescriptions, Diagnostic evaluation, Situation departure.

RESUME: La présente étude d'obédience didactique a comparé les pratiques de trois enseignants d'EPS intervenant à la première séance de la deuxième situation d'apprentissage en classe de troisième en référence aux prescriptions officielles en la matière. Elle s'est déroulée au CEG Goho et au CEG Avogbanan dans le centre puis au CEG Banikanni dans le nord du Bénin. L'ancrage théorique est inspiré par la théorie anthropologique du didactique (Paun, 2006; Perrenoud, 1998; Chevallard, 1992), le modèle des pratiques évaluatives (Grenier et Beaudoin, 2012) et les concepts mobilisés par les comparatistes (Mercier, Schubauer-Leonie, Sensevy, 2002). L'étude des documents, l'enregistrement audio-visuel de trois séances, l'entretien *anté-séance* et l'entretien *post-séance* sont les techniques utilisées en référence à la triangulation de Amade-Escot et Leutenegger (2013), Leutenegger (2009; 2003), Amade-Escot (2003) inspirées par Van Der Maren (1996). Les résultats analysés et discutés permettent d'affirmer que des éléments de généricités et de spécificités émergent de la mise en œuvre ou non de la situation de départ, du déroulement de l'évaluation diagnostique et de la mise en œuvre des six étapes prévues pour la première séance d'une situation d'apprentissage. Les rapports des enseignants aux prescriptions officielles et aux APS permettent d'expliquer cette situation.

MOTS-CLEFS: Pratique enseignante, Prescriptions officielles, Evaluation diagnostique, Situation de départ.

Corresponding Author: Agbodjogbe D. Basile

1 INTRODUCTION

L'opérationnalisation des décisions issues des Etats Généraux de l'Education en octobre 1990 a conduit à l'élaboration des programmes d'études axés sur les compétences qui se proposent de minimiser les insuffisances des programmes par objectifs (Agbodjogbé, 2013; Attiklémè, 2009; Adanzounnon, 2008). L'Approche Par les Compétences (APC) vise développer la possibilité par les apprenants de mobiliser un ensemble intégré de ressources pour résoudre une situation-problème appartenant à une famille de situations (De Kétèle, 2000). En plus d'impliquer activement les élèves dans le processus de la construction du savoir, elle définit non seulement des contenus à enseigner, des stratégies et des méthodes d'enseignement, mais aussi des contenus à évaluer, des stratégies et des méthodes d'évaluation. Ainsi, elle planifie des contenus à développer à chaque séance. C'est le cas en Education Physique et Sportive (EPS) au Bénin (Attiklémè et Kpazai, 2011).

Dans cette perspective, avec l'implémentation de l'enseignement de l'EPS selon l'APC et en référence aux prescriptions officielles, la première séance d'une Situation d'Apprentissage (SA) était consacrée à la mise en œuvre théorique de la situation de départ et à l'enseignement d'une Activité Physique et Sportive (APS). Contrairement aux prescriptions relatives à la pédagogie par objectifs, l'évaluation diagnostique dans le contexte de l'APC n'était plus prescrite. Bon nombre de travaux (Amade-Escot et Agbodjogbé, 2013; Fassassi, 2008) ont montré que pour se conformer aux prescriptions officielles, les séances d'EPS étaient devenues trop théoriques alors que les élèves y sont, beaucoup plus pour des mouvements que pour des discours. Ils ont aussi suggéré le retour formel de l'évaluation diagnostique pour une planification plus objective des contenus de savoir à enseigner durant un cycle en EPS.

Après plus d'une décennie d'implémentation, les prescriptions officielles ont fini par prendre en compte les résultats des travaux de recherches en didactique de l'EPS. A partir de l'année scolaire 2018-2019, la situation de départ doit mettre directement les élèves dans l'action. Elle a lieu, en référence à la Direction de l'Inspection Pédagogique, de l'Innovation et de la Qualité (DIPIQ), à la première séance de la SA de même que l'évaluation diagnostique dans laquelle, les élèves doivent pratiquer les APS objets d'enseignement. Il s'agit d'une mesure corrective qui, sans changement de paradigme, impose un changement de comportement aux enseignants d'EPS dans la mise en œuvre de la première séance d'une SA.

C'est dans la perspective de faire émerger les effets de cette nouvelle prescription sur les pratiques des enseignants en situation de classe lors de la première séance d'une SA en EPS que le présent article a été initié. Il est structuré en trois parties. Après avoir présenté le cadre institutionnel de l'enseignement de l'EPS au Bénin et situé l'article dans son contexte, nous présentons l'encrage théorique de l'étude, la problématique, la question de recherche et l'hypothèse pour déboucher sur la démarche méthodologique utilisée. La troisième partie, par le truchement de l'analyse des pratiques enseignantes montre comment des enseignants s'adaptent aux nouvelles prescriptions de la DIPIQ pour mettre en œuvre la première séance de la deuxième SA dans trois collèges.

2 VERS UNE PROBLÉMATISATION DE L'ÉTUDE

Les documents officiels organisent l'enseignement de l'EPS selon l'APC autour de deux SA et de trois types de compétences: les compétences disciplinaires, les compétences transdisciplinaires et les compétences transversales. Ils mettent l'accent sur une démarche d'enseignement/apprentissage/évaluation qui renverse selon Jonnaert (2000), l'entrée dans les apprentissages par les contenus enseignés et accorde une priorité à l'action en situation.

Les compétences disciplinaires déterminent, pour chaque discipline, les contenus d'enseignements / apprentissage / évaluation au programme. Elles sont spécifiques à des domaines de connaissances, de savoirs et de savoir-faire qui visent l'appropriation des contenus du programme en vigueur. En EPS, conformément à chacune des deux SA, elles sont actuellement définies de la façon suivante:

- pratiquer des activités physiques et sportives pour relever des défis d'ordre psychomoteur;
- pratiquer des activités physiques et sportives pour relever des défis d'ordre social

Les compétences transdisciplinaires sont liées à la vie courante et englobent la généralité. Elles sont acquises par l'élève à travers l'effet conjugué des programmes des différentes disciplines objets d'enseignement.

Caractérisées par un niveau de généralisation plus élevé, les compétences transversales sont installées par la mise en œuvre des compétences transdisciplinaires et disciplinaires.

De la sixième en terminale, les compétences disciplinaires en EPS visent la pratique des disciplines athlétiques ou des sports individuels dans la SAN°1 et la pratique des sports collectifs, des sports d'équipes ou des luttes dans la SAN°2. La SAN°1 a pour

titre *« Activités physiques de maîtrise du corps et de l'environnement »* et la SAN°2 a pour titre *« Activités physiques de coopération et/ou d'opposition »*. La durée d'un cycle d'enseignement de l'EPS en APC a d'abord été de huit séances de trois heures hebdomadaires ensuite douze séances de trois heures hebdomadaires. Il dure actuellement treize séances de trois heures hebdomadaires.

Depuis peu, les documents guides et programmes ne sont plus édités. Ils sont renforcés par des documents édités par la DIPIQ qui visent à apporter des mesures correctives relatives à l'enseignement de l'EPS selon l'APC. Ces derniers sont vulgarisés par le biais des réseaux sociaux et à travers les différentes animations pédagogiques. En référence aux prescriptions desdits documents, en classe de troisième, il est prévu dans la SAN°1, l'enseignement de la gymnastique au sol, du lancer de poids et de la course de vitesse. Dans la SAN°2, il est prévu l'enseignement de la course de relais et du basketball. Notre étude, a focalisé son attention sur la mise en œuvre de la première séance de la SAN°2 dans les classes de troisième dans trois Collèges d'Enseignement Général (CEG). Il s'agit du CEG Avogbanna, du CEG Goho et du CEG Banikanni.

2.1 PROBLÉMATIQUE

Avec l'effectivité de l'enseignement de l'EPS selon l'APC, les questions, les inquiétudes et même les révoltes sont toujours récurrentes (Agbodjogbé, Attiklémè et Amade-Escot, 2012). Par exemple, l'enseignant sans aucune idée sur les pré-requis des élèves pouvait faire une planification des objets d'apprentissage de son enseignement. Mais en accord avec Dassé (1989), bien malin est celui qui veut donner la distance entre deux points alors même qu'il ignore la position du point de départ.

Inspirés par le modèle des pratiques évaluatives (Grenier et Beaudoin, 2012), les travaux de Gnanvè (2018) ont porté sur l'enseignement et l'évaluation de la Gymnastique au sol. Ceux de Abidou (2017) ont focalisé leur attention sur l'enseignement et l'évaluation du Handball. Ils ont montré qu'une évaluation diagnostique formelle à l'entame d'un cycle d'apprentissage a pour finalité, à l'aide d'instruments de mesure, de prendre des décisions fiables pour orienter et planifier les objets d'apprentissage dans le cycle. C'est en prenant en compte les suggestions de ces différents travaux que, depuis peu, les prescriptions officielles ont imposé, à la première séance de toute SA, la mise en œuvre pratique de la situation de départ et de l'évaluation diagnostique. Cette nouvelle prescription de la DIPIQ n'a pas mis fin aux polémiques (Lasnier, 2000).

Alors que certains enseignants ne l'appliquent pas du tout, d'autres s'y adaptent dans une perspective transpositive (Paun, 2006; Perrenoud, 1998; Chevallard, 1992). C'est que permettent d'affirmer les résultats des travaux exploratoires de Kèkè (2020) pour le compte du Laboratoire de Didactique des Disciplines (LDD) de l'INJEPS-UAC. Ils ont porté sur intervenant dans une classe de terminale D au CEG Honvié dans la commune d'Adjarra au sud Bénin. Pour des besoins de généralisation, le LDD, avec une démarche plus outillée a fait le choix de multiplier des cas d'études *in-situ* avec extension vers d'autres établissements, d'autres localités et d'autres classes. C'est cette ouverture qui a inspiré la présente étude qui, dans une approche comparatiste a focalisé son attention sur les pratiques de trois enseignants en classes de troisième respectivement au CEG Avogbanan dans la commune de Bohicon, au CEG Goho dans la commune d'Abomey (centre du Bénin) et au CEG Banikanni dans la municipalité de Parakou dans la partie septentrionale du Bénin. Elle est sous-tendue par une question de recherche et une hypothèse.

2.2 QUESTION DE RECHERCHE ET HYPOTHÈSE

2.2.1 QUESTION DE RECHERCHE

Comment peut-on expliquer les éléments de généricités et de spécificités qui, en référence aux prescriptions officielles qui émergent des pratiques enseignantes de trois intervenants à la première séance de la SAN°2 en troisième ?

2.2.2 HYPOTHÈSE

Les éléments de généricités et de spécificités émergent non seulement dans l'effectivité ou non de la mise en œuvre de la situation de départ et de l'évaluation diagnostique, mais aussi dans la mise en œuvre de la démarche prescrite. Ils peuvent être expliqués par les rapports personnel et institutionnel des différents enseignants aux prescriptions officielles relatives à la première séance de la SAN°2. Pour vérifier la présente hypothèse, une démarche méthodologique a été adoptée.

3 MÉTHODOLOGIE

3.1 CADRE DE L'ÉTUDE

Le système éducatif formel du Bénin, dans son fonctionnement est saucissonné en trois ministères à savoir:

- Le Ministère de l'Enseignement Maternel et Primaire (MEMP);
- Le Ministère des Enseignements Secondaire, Technique et de la Formation Professionnelle (MESTFP);
- Le Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique (MESRS)

Dans le cas de la présente étude, ce sont les caractéristiques du MESTFP qui nous intéressent. Selon les investigations de Oguéboulé (2008), elles renvoient à plusieurs problèmes dont les classes à effectifs pléthoriques, l'insuffisance du personnel enseignant et leur qualification professionnelle, l'insuffisance de salles de cours, du mobilier, du matériel et surtout de l'inadéquation des infrastructures sportives au programme d'enseignement. L'article 54 de la loi N°2003-17 du 11 novembre 2003 portant orientation de l'éducation nationale en République du Bénin stipule que *« l'année scolaire compte trente-six (36) semaines réparties en trois trimestres de travail de durée comparable, séparées par quatre (04) périodes de vacances de classe»*. Selon les articles 63 et 64 de la même loi, l'enseignement et la formation professionnelle sont obligatoirement dispensés par des enseignants professionnels ou par des personnes ayant la qualification requise dûment constatée par les Ministères en charge de l'éducation qui délivrent les autorisations d'enseigner. Les enseignants sont donc responsables de l'ensemble des activités scolaires des élèves. Ils assurent le suivi et l'évaluation des contenus de formation selon l'APC au sein d'une équipe pédagogique sous la responsabilité des censeurs, des animateurs d'école. Tel est aussi le cas de l'EPS dans l'enseignement secondaire général.

De plus en plus, dans cette discipline, les évaluations sommatives d'étapes ne sont plus l'apanage des seuls enseignants d'EPS. Elles sont conjointement organisées par l'équipe EPS et l'administration dudit établissement. Les prescriptions relatives à la mise en œuvre de la situation de départ et de l'évaluation diagnostique à la première séance d'une SA ont évolué dans le temps et organisent actuellement le déroulement de ladite séance en six étapes.

Etape 1: L'enseignant aménage les infrastructures sportives et rend disponible le matériel nécessaire à la pratique des APS objets d'enseignement.

Etape 2: L'enseignant organise le groupe classe en tenant compte du nombre d'APS.

Etape 3: L'enseignant invite les élèves, sans leur apporter d'aide, à:

- identifier les APS objets d'apprentissage en fonction des infrastructures;
- déterminer le matériel adéquat à la pratique de ces APS;
- pratiquer ces APS en déterminant les modalités d'organisation, les règles, les formes de pratiques,
- etc

Etape 4: A l'aide d'une grille d'observation, l'enseignant évalue les élèves.

Etape 5: A la fin de la séance, l'enseignant invite les élèves à exprimer leurs ressentis. C'est l'occasion pour lui de leur faire part de ses observations. Ils identifient de façon interactive les atouts, les difficultés, les contraintes et les besoins en formation.

Etape 6: L'enseignant et les élèves retiennent communément un plan d'apprentissage.

3.2 DESCRIPTION DU CONTEXTE DE L'ÉTUDE

Le CEG Avogbanan est situé dans département du Zou, commune de Bohicon à 30m de la voix goudronnée, qui mène du carrefour Moquas vers le nord du Benin. Pour l'année scolaire 2020-2021, il compte un total de mille huit cent cinquante-deux (1852) élèves repartis en trente et un (31) groupes pédagogiques avec un total de six classes de troisième. Seulement quatre enseignants ont la responsabilité de dispenser l'EPS à tous les élèves de cet établissement. Parmi les classes de troisième de cet établissement, c'est la 3ème M5 qui a été le point focal de nos investigations. Avec un effectif de 49 élèves, elle fait ses cours d'EPS les lundis de 16heures à 19heurs avec un intervenant Aspirant au Métier de l'Enseignement (AME). Deux autres classes font leur cours d'EPS dans la même plage horaire et sur les mêmes installations sportives. On y trouve un magasin dans lequel sont stockés le matériel et autres objets utiles pour l'enseignement de l'EPS. Le tableau 1 fait le point des infrastructures sportives dudit CEG pour l'enseignement de l'EPS.

Tableau 1. Point des infrastructures sportives du CEG Avogbanan

INFRASTRUCTURES	NOMBRES
Terrain de Football sablonneux	01
Terrain de basketball sablonneux	02
Terrain de volleyball sablonneux	02
Terrain de handball sablonneux	02
Sautoirs en hauteurs	02
Sautoirs en longueurs	02
Piste d'athlétisme	01
Portique de grimper	01
Aires de luttes	02

Le CEG Goho dans le département du Zou, est dans la ville historique d'Abomey. Il se situe un peu avant le Centre d'Hospitalisation Départemental Zou-Collines, au bord de la voix goudronnée menant de Bohicon à la place publique de Goho. Au titre de l'année scolaire 2020-2021, ce collège compte 792 élèves répartis en 18 groupes pédagogiques (de sixième en terminale). Seulement deux (02) enseignants sont chargés de dispenser l'EPS à tous les élèves de cet établissement. Des deux classes de troisième dont dispose cet établissement, c'est la 3ème M2 qui a été le point focal de nos investigations. Avec un effectif de 54 élèves, elle fait ses cours d'EPS tous les lundis de 07heurs à 10heurs avec un Agent Contractuel de Droit Public d'Etat (ACDPE). A la même heure intervient également une autre enseignante sur les mêmes installations sportives dudit collège. Le collège dispose d'un magasin de stockage dans lequel sont rangés le matériel et autres objets utiles pour l'enseignement de l'EPS. Les infrastructures dont dispose ledit CEG sont récapitulées dans le tableau 2.

Tableau 2. Point des infrastructures sportives du CEG Goho

INFRASTRUCTURES	NOMBRES
Terrain de Football sablonneux	01
Terrain de basketball sablonneux	01
Terrain de volleyball sablonneux	01
Terrain de handball sablonneux	01
Sautoirs en hauteurs	02
Sautoirs en longueurs	02
Piste d'athlétisme	01
Portique de grimper	01
Aires de luttes	01

Dans le département du Borgou, le CEG de Banikanni est situé dans la municipalité de Parakou à 407 kilomètres de Cotonou dans l'arrondissement de Banikanni, non loin du commissariat de police. Il compte au titre de l'année scolaire 2020-2021, un total de trois mille quatre cents soixante-quatorze (3474) élèves repartis en soixante (60) groupes pédagogiques (de la sixième en terminale) avec un total de neuf classes de troisième. Dans ce collège, les cours en EPS sont dispensés par douze (12) enseignants: deux ACDPE, un AME, trois stagiaires de la cinquième année de l'INJEPS-UAC, deux stagiaires de la troisième année de SAPIENSA (école privée formant des enseignants d'EPS) et quatre stagiaires de la deuxième année de SAPIENSA. Par manque d'enseignants quelques classes des promotions, 5ème et 2nde sont privées des cours d'EPS durant toute l'année scolaire. Parmi les classes de troisième de cet établissement, c'est la 3ème M5 qui a été le point focal de nos investigations. Avec un effectif de 62 élèves, elle fait ses cours d'EPS tous les mercredis de 07heures à 10heures avec un intervenant AME. Trois autres classes font leur cours d'EPS dans la même plage horaire sur les mêmes installations sportives. On y trouve un magasin dans lequel sont stockés le matériel et autres objets utilisés pour enseigner l'EPS. Le tableau 3 fait le point des infrastructures sportives dudit CEG pour l'enseignement de l'EPS.

Tableau 3. Point des infrastructures sportives du CEG Banikanni

INFRASTRUCTURES	NOMBRES
Terrain de Football sablonneux	01
Terrain de basketball sablonneux	02
Terrain de volleyball sablonneux	04
Terrain de handball sablonneux	02
Sautoirs en hauteurs	02
Sautoirs en longueurs	02
Piste d'athlétisme	01
Portique de grimper	01
Aires de luttes	02

C'est dans ce contexte que se sont déroulées nos investigations sur la problématique de la mise en œuvre de la première séance de la SAN°2 en classes de troisième.

3.3 La Nature Et Le Choix Des Sujets De L'étude

Il s'agit ici de montrer et d'analyser de façon qualitative les actions de certains sujets en situation de classe, interagissant avec les élèves. C'est donc une étude de type essentiellement qualitatif et descriptif. Dans cette perspective, les sujets d'étude ne peuvent être que des enseignants d'EPS mettant en œuvre la première séance d'une SA.

Au moment où nous étions aptes pour la collecte des données, la majorité des enseignants était vers la fin de la SAN°1. Avec l'implication des étudiants inscrits dans le Laboratoire de Didactique des Disciplines de l'INJEPS-UAC déployés dans pays pour leur stage en milieu professionnel, nous étions donc obligés de chercher et de prendre contact avec des enseignants pour la collecte des données relatives à la première séance de la SAN°2. Les étudiants en stage dans le département du Zou ont pu contacter des enseignants qui ont accepté participer à l'étude. Au nombre de ces enseignants, deux interviennent en classes de troisième. Il s'agit de E1 au CEG Goho et de E2 au CEG Avogbanan. Dans la même dynamique, deux enseignants intervenant dans le département du Borgou ont donné un avis favorable pour participer à l'étude. Pour plus de fiabilité dans traitement des données, nous avons retenu celui qui, comme les deux du Zou déjà retenus, a à sa charge une classe de troisième. Il s'agit de E3 au CEG Banikanni.

C'est donc dans cette logique de choix raisonné que les sujets et les lieux d'étude ont été retenus. En référence aux prescriptions officielles, les APS objets et moyens d'enseignement dans la SAN°2 en troisième sont la course de relais et le basketball. Les enseignants E2 et E3 ont chacun une expérience professionnelle de six ans et l'enseignant E1 a sept ans d'expérience professionnelle. Les élèves de ces intervenants, dans la logique de la ternarité du système didactique (Sensevy, 2007; Amade-Escot, 2003) devraient retenir notre attention. Mais ayant focalisé nos investigations sur les actions des enseignants en situation de classe, nous avons fait le choix de ne pas cibler particulièrement des élèves à retenir comme sujets d'étude. Nos investigations ont été conduites à l'aide de certaines techniques et outils.

3.4 Les Techniques Et Outils D'investigation

En référence à la triangulation de Van Der Maren (1996), l'étude de certains documents, l'enregistrement audiovisuel des séances et les entretiens constituent les techniques utilisées. Elles ont imposé chacune, l'utilisation d'un certain nombre d'outils.

3.4.1 L'étude Des Documents

L'étude des documents a consisté à lire de façon approfondie, les documents officiels (guide et programme d'étude, continuums des APS, décrets) et les documents ayant trait à la mise en œuvre de la situation de départ et de l'évaluation diagnostique. Elle a permis d'inférer la démarche d'enseignement/apprentissage/évaluation prescrite puis les contenus définis en termes de savoirs et savoir-faire. Les travaux sur l'enseignement/apprentissage/évaluation en général, en EPS et dans le contexte de l'implémentation de l'APC (Agbodjogbé, 2013) ont facilité la discussion des résultats.

3.4.2 L'ENREGISTREMENT AUDIOVISUEL DES SÉANCES DE CLASSE ET LES ENTRETIENS

En référence au prototype méthodologique de Leutenegger (2009; 2003) emprunté par Amade-Escot et Agbodjogbé (2013), ces deux techniques ont été utilisées cumulativement pour faire l'observation instrumentée.

3.4.2.1 L'ENREGISTREMENT AUDIOVISUEL DES SÉANCES DE CLASSE

Cette technique en référence aux travaux de Agbodjogbé, Oguéboulé, Attiklémè et Kpazaï (2018), a permis de filmer chacun des trois enseignants et ses élèves interagissant en situation de classe lors de la première séance de la SAN°2 prévue pour la mise en œuvre de la situation de départ et de l'évaluation diagnostique. Pour chacune des trois séances filmées deux caméscopes à cassette munis chacun d'une caméra et d'un micro ont été utilisés comme outils. Un caméscope à caméra a filmé l'ensemble de la classe et le second, beaucoup plus mobile, a filmé les centres d'intérêt qui émergent au fil de la séance. Au début et à la fin de la séance chaque enseignant a été soumis à un entretien.

3.4.2.2 LES ENTRETIENS AVEC LES TROIS ENSEIGNANTS

Dans la logique des précurseurs de la technique de l'observation instrumentée, deux types d'entretiens ont été réalisés dans chaque cas, à l'aide de guide d'entretien. Il s'agit des entretiens *anté-séane* et des entretiens *post-séance*.

3.4.2.3 LES ENTRETIENS ANTÉ-SÉANCE

Avant de commencer la première séance de la SAN°2, les enseignants E1, E2 et E3 ont été soumis à un entretien en référence à Amade-Escot et Leutenegger (2013) pour situer la séance dans l'histoire didactique de la classe (Amade-Escot, 2003) et connaître les intentions didactiques de l'intervenant. Il est relatif aux objectifs de la séance, aux tâches à proposer pour atteindre ces objectifs, aux infrastructures et matériel disponibles (utilisables). Les enseignants ont été amenés à reconnaitre s'ils ont prévu mettre en œuvre ou non la situation de départ et l'évaluation diagnostique. Au total trois entretiens *anté-séance* ont été réalisés à raison de un par enseignant.

3.4.2.4 LES ENTRETIENS POST-SÉANCE

En accord avec les travaux de Agbodjogbé, Oguéboulé, Attiklémè et Godémè (2019), dans la logique de Amade-Escot (2003) et Vermersch (1994), les entretiens *post-séance* ont mis les enseignants E1, E2, et E3 dans une situation qui les amène à faire, à chaud le bilan de la première séance de la SAN°2 en classe de troisième. C'est le moment pour chacun d'eux de justifier l'atteinte ou non de ses objectifs, de revenir sur les actions mises en œuvre pour parvenir à ses fins, d'évoquer les difficultés rencontrées. Ils ont reconnu l'effectivité ou non de la mise en œuvre de la situation de départ et de l'évaluation diagnostique (les instruments de mesure utilisés) puis la démarche que chacun d'eux a utilisée à cet effet. Le point relatif à l'implication des élèves a été évoqué lors de chacun des trois entretiens *post-séance* réalisés.

3.5 LE CHRONOGRAMME DE RECUEIL DES DONNÉES ET LEUR TRAITEMENT

Avant la collecte des données, nous avons organisé une séance pour expliquer les objectifs de notre recherche aux enseignants sujets d'étude. Des informations leur ont été fournies sur les points essentiels de nos guides d'entretiens et sur les conditions d'organisation du recueil des données. Il s'agit de: l'emploi du temps des enseignants, la planification des enregistrements audio-visuels et des entretiens, la présentation de l'équipe de techniciens en enregistrement audio-visuel. Après cette séance, un chronogramme a été retenu. Le tableau 4 est une récapitulation dudit chronogramme.

Tableau 4. Chronogramme du recueil de données

Etablissements (Classes)	Dates et heures	Entretiens *anté-séance*	Entretien *post-séance*	Enseignants
CEG Goho (3ème M2)	Lundi 01 Février 2021 de 07h à 10h	06h55 min à 07h05 min	09h55 min à 10h05 min	E1
CEG Avogbanan (3ème M5)	Lundi 01 Février 2021 de 16h à 19h	15h55 min à 16h05 min	18h55min à 19h05min	E2
CEG Banikanni (3ème M5)	Mercredi 10 Février 2021 de 07h à 10h	06h55 min à 07h05min	10h00 à 10h10min	E3

Le tableau ci-dessus présente le chronogramme de recueil des données avec les trois enseignants sujets d'étude. Il montre que les données de terrain ont été collectées en février 2021, période dans laquelle la SAN°2 a effectivement démarré dans les

établissements secondaires concernés. Au total, trois séances ont fait l'objet d'enregistrement audio-visuel et chacun des six entretiens (03 *anté-séance* et 03 *post-séance*) a duré dix minutes.

Les données collectées par le truchement de la lecture ont permis de faire la revue de littérature et de poser la question de recherche. Elles ont abouti à une mise en tension des prescriptions officielles relatives au déroulement de la première séance de la SAN°2 en classe de troisième et les pratiques enseignantes en situation ordinaire de classe. Les entretiens ont été transcris *verbatim*. Ils sont par la suite regroupés en fonction des thématiques pour répondre à la question de recherche. Les informations issues de l'analyse des propos des enseignants ont été confrontées pour plus d'objectivité, aux réalités provenant de l'enregistrement audiovisuel des séances. A la suite de plusieurs visualisations, le film de séance de classe sur la première séance de la SAN°2 de chacun des trois enseignants a été transcrit. Cette transcription a pris en compte, en référence à Schneuwly et Ronveaux (2006), le découpage du protocole selon les tâches, selon les modalités de travail instaurées, les objets d'évaluation, les consignes du professeur et les conduites des élèves. La bande vidéo a facilité l'analyse des actions des enseignants et du comportement des élèves exécutant les tâches proposées par les enseignants pour mettre en œuvre la situation de départ et l'évaluation diagnostique à la course de relais et au basketball.

En référence aux résultats des travaux de Amade-Escot et Leutenegger (2013) inspirés par Van Der Maren (1996), des extraits d'entretiens avec les enseignants ont servi de référence pour donner du sens aux informations recueillies à l'aide de l'enregistrement audio-visuel des séances de classe. Les synopsis de séances et les informations des documents officiels ont facilité cette analyse et interprétation.

La présente démarche méthodologique a abouti à des résultats qui ont été analysés et interprétés à l'aide des concepts véhiculés par des théories relatives à la transposition didactique, à l'approche comparatiste et à la pratique enseignante en évaluation.

4 PRÉSENTATION, ANALYSE ET DISCUSSION DES RÉSULTATS

Dans cette rubrique, les données collectées à base de l'étude des documents, des entretiens avec les enseignants E1, E2, E3 et de l'enregistrement audio-visuel de leur première séance de la SAN°2 avec les classes de troisième sont présentées, analysées et discutées en deux étapes.

La première porte sur l'analyse didactique des contenus de savoirs à enseigner à la course de relais et au basketball en classe troisième. La deuxième est relative à la mise en tension entre la démarche prescrite officiellement pour la mise en œuvre de la première séance d'une SA et les pratiques enseignantes en la matière. Elle a débouché sur une analyse comparée des pratiques des trois enseignants.

4.1 LES ATTENDUS DU PROGRAMME EN TERMES DE SAVOIRS À LA COURSE DE RELAIS ET AU BASKETBALL EN CLASSE DE TROISIÈME

Après l'étude des documents programme, guide, continuum, planification hebdomadaire et autres édités par la DIPIQ, les contenus de savoir à enseigner à la course de relais et au basketball en classe de troisième sont récapitulés dans les tableaux 5 et 6 ci-dessous. Les contenus de ces tableaux devraient influencer le choix des objets d'évaluation diagnostique à la première séance de la situation d'apprentissage.

Tableau 5. Récapitulatif des contenus de savoirs au programme à la course de relais en troisième

Niveau de compétence attendu	Capacités	Planification hebdomadaire des APS
Courir sur une distance de 400m en une minute au plus pour les filles et en 55 secondes au plus pour les garçons en utilisant la technique de transmission visuelle pour gagner une course dans les conditions règlementaires.	Expression, Analyse, Planification Exploration, Prise de position Exécution, Objectivation, Auto-évaluation, Amélioration Réinvestissement	Quatre (04) séances

La confection du tableau 5 est inspirée seulement par l'étude des documents: continuum des APS et planification hebdomadaire d'exécution du programme d'étude en classe de troisième de la DIPIQ. En effet les documents guide et programme les plus récents de la classe de troisième n'ont pas prévu l'enseignement de la course de relais. Ce sont ceux de la DIPIQ qui ont fini par imposer l'enseignement de cette APS en classe de troisième. De l'analyse de ce tableau, il ressort qu'à la

course de relais, les élèves de troisième en fin de cycle doivent être capables de courir sur une distance de 4 x 100m en une minute au plus pour les filles et en 055 secondes au plus pour les garçons en utilisant la technique de transmission visuelle pour gagner une rencontre dans les conditions règlementaires. Les connaissances, les techniques à enseigner, les activités d'apprentissage à proposer, la planification hebdomadaire des contenus à enseigner et la progression pédagogique à suivre sont aussi laissés à l'initiative de l'enseignant qui va s'y mettre selon son rapport personnel à la course de relais, aux prescriptions officielles et aux décisions qu'imposent les jugements issus de l'évaluation diagnostique. Entre cette évaluation et la séquence bilan, il dispose officiellement de quatre séances pour enseigner cette APS en procédant capacités par capacités (expression, analyse, planification, exploration, prise de position, exécution, objectivation, auto-évaluation, amélioration, réinvestissement). Avec la mise en œuvre des mêmes capacités, le basketball est la deuxième APS programmée dans SAN°2 en classe de troisième comme le montre le tableau 6.

Tableau 6. Récapitulatif des contenus de savoirs au programme au basketball en troisième

Connaissances	Techniques	Niveau de compétence attendu	Activités d'apprentissage (AA) proposées	Capacités	Stratégies	Critères d'évaluation	Indicateurs de réussite	Planification hebdomadaire d'exécution des APS
Coopération, opposition, partenaire, adversaire, système de jeu, règle de jeu, attaque, défense, marquage, démarquage, espace de jeu, fair-play, arbitrage	Organisation collective du jeu, système du jeu, circulation tactique, combinaisons tactiques, « passe et va", « passe et suit", réception, pivoter, contrôle, feinte, dribble, frappe, tir, interception, permutation, marquage, démarquage, homme à homme, défense de zone étagée, anticipation, pré-dynamisme permanent	Jouer au basketball en occupant rationnellement le terrain et en utilisant des techniques d'attaque et de défense, pour gagner une rencontre dans les conditions règlementaires	AAn°1: Occupation rationnelle du terrain et progression collective vers le panier adverse: 5 contre 5 avec défense peu agressive AAn°2: Occupation rationnelle du terrain et progression collective vers le panier adverse: 5 contre 5 dans un jeu réel	Expression Analyse Planification Exploration Prise de position Exécution Objectivation Auto évaluation Amélioration Retour et projection	Brainstorming, travail collectif, travail en groupe, enseignement par les pairs, apprentissage par problème, tutorat, exercices répétitifs	- Définition correcte des caractéristiques du basketball -Etablissement de liens pertinents entre les caractéristiques -Etablissement d'un ordre progressif dans la réalisation des actions -Distribution consensuelle des responsabilités et rôles -Investigation effective dans la recherche de solutions - Sélection de la technique la plus appropriée	L'élève a: -Identifié les principales actions caractéristiques de basketball -Etabli des liens cohérents entre les éléments -Défini les activités prioritaires à réaliser -Accepté les responsabilités -Su gérer le temps et le matériel -Identifié la forme d'organisation appropriée -Choisi les techniques et tactiques efficaces	Cinq (05) séances

En conformité avec les documents guide et programme, ceux de la DIPIQ révèlent que l'objectif du cycle au basketball en classe de troisième est de jouer au basketball en occupant rationnellement le terrain et en utilisant des techniques d'attaque et de défense pour gagner une rencontre dans les conditions règlementaires. Les connaissances, les techniques et les activités d'apprentissage proposées sont relatives à la: coopération, opposition, adversaire, système de jeu, occupation rationnelle du terrain, attaque, défense, aspect règlement, organisation collective, passe, tir, dribble, marquage, démarquage.

Ce sont des savoirs et savoir-faire prévus pour être enseignés en cinq séances hebdomadaires de trois heures en lien avec l'organisation de la classe qu'impose son effectif. La planification hebdomadaire des contenus à enseigner est laissée à l'initiative de l'enseignant. Il s'agit d'une série de décisions fortement influencées par les informations collectées en évaluation diagnostique et du rapport personnel de l'intervenant à l'APS et à la démarche prescrite.

Nous savons désormais que la mise en œuvre d'une évaluation diagnostique en début de cycle est devenue formelle au Bénin. A cet effet, dans la logique de Dassé (1989), les compétences attendues des élèves à la fin d'un cycle doivent

significativement influencées les objets et la démarche de l'évaluation diagnostique prévue pour être déroulée à la première séance du cycle de même que la situation de départ.

La mise en œuvre des prescriptions relatives aux six étapes de cette séance impose aux enseignants d'EPS des pratiques hors de la classe pour préparer la séance, mais de nouvelles pratiques en présence des élèves (Altet, Blanchard-Laville, et Bru, 2012). L'analyse de cette prescription, permet de retenir que l'enseignant pour la première séance de la SA doit préparer les infrastructures et rendre disponible le matériel pour la pratique des APS au programme. Il doit s'en servir pour inciter les élèves à identifier et à pratiquer sans aide, les APS qui seront ultérieurement objets et moyens d'apprentissage. Pendant qu'ils sont en train de pratiquer, l'enseignant à base d'une grille d'observation utilisée comme instrument de mesure (précédemment conçu) fait son évaluation en vue de connaitre les acquis antérieurs de ses élèves de façon pratique. Par la suite, il va échanger avec ses élèves afin de confronter ses prises de notes aux impressions et aux sentiments des élèves. Cette discussion interactive permet de prendre des décisions, à partir du jugement de la production des élèves afin de planifier les nouveaux apprentissages (De Kétèle, 2010). Les capacités à mettre en œuvre pour cette première séance sont: expression, analyse, planification, exploration et prise de position.

A priori, c'est dans la perceptive de respecter cette prescription que E1, E2 et E3 ont déroulé chacun, la première séance de la SAN°2 en classe de troisième.

4.2 Analyse Didactique Comparée Des Pratiques Enseignantes De E1, E2 Et E3 À La Première Séance De La SAN°2 En Classes De Troisième

Après plusieurs visualisations, les séances filmées ont été transcrites pour aboutir à des synopsis condensés de classe. Ils ont été croisés avec l'analyse des différents entretiens pour inférer les actions réellement menées en situation de classe par E1, E2, E3 lors de la mise en œuvre de la première séance de la SAN°2 en classe de troisième. Par la suite nous avons récapitulé dans des tableaux comparatifs les actions menées par chaque intervenant en lien avec chacune des six étapes prescrites par les documents officiels. Le tableau 7 est relatif à la première étape.

Tableau 7. Analyse comparée des pratiques des trois enseignants à l'étape1

Etape1 selon le continuum	E1	E2	E3
L'enseignant aménage les infrastructures sportives et rend disponible le matériel nécessaire à la pratique des APS.	Il a tracé un terrain de basketball et a délimité des zones autour de la piste à l'aide de la cendre. E1 a mis à la disposition des élèves un ballon de basketball avec deux témoins fabriqués en bois.	Il a tracé un terrain de basketball en utilisant de la cendre et a balisé la piste autour du terrain de football en délimitant des zones à l'aide de la cendre et des plots. E2 a mis à la disposition des élèves un ballon de basketball avec deux témoins fabriqués en bois.	Il a tracé un tracé un terrain de basketball avec la cendre et a balisé la piste aménagée à l'aide des plots. E3 a mis à la disposition des élèves deux ballons de basketball avec quatre témoins en plastique.

Il ressort de l'analyse de ce tableau que, de façon générique, à l'étape 1, les enseignants E1, E2, et E3 aménagent les infrastructures pour l'enseignement de la course de relais et de basketball. Ils ont mis également à la disposition des élèves, le matériel nécessaire à la pratique des APS conformément aux prescriptions officielles. Ce sont des pratiques enseignantes qui confirment les résultats des travaux exploratoires de Kèkè (2020) pour le compte de notre laboratoire. Les trois enseignants ont reconnu durant les entretiens *post-séance* avoir été aidés par des élèves pour aménager les infrastructures et rendre disponible du matériel adapté. Ces élèves ont donc eu l'occasion de connaitre les APS objets d'enseignement avant le démarrage du cycle alors qu'ils devraient venir les identifier dans la situation de départ. Les enseignants E1, E2 et E3 ont reconnu les faits et ont soutenu que c'était leur façon de s'adapter au problème de manque de matériel et d'infrastructures pour enseigner l'EPS. Le tableau 8 est un condensé des pratiques des trois enseignants à l'étape 2.

Tableau 8. Analyse comparée des pratiques des trois enseignants à l'étape 2

Etape 2 selon le continuum	E1	E2	E3
L'enseignant organise le groupe classe en fonction du nombre d'APS	L'enseignant E1 déjà au début de l'année a organisé sa classe en deux groupes de travail (A et B). Au niveau de chaque groupe, il y a trois équipes, constituée chacune de filles comme garçons. Au cours de la séance, les deux groupes ont pratiqué premièrement le basketball ensemble puis après la course de relais. A aucun moment les deux groupes n'ont été séparés en fonction des deux APS, objets d'évaluation.	L'enseignant E2 déjà au début de l'année a organisé sa classe en deux groupes de travail (A et B). Au niveau de chaque groupe, il y a trois équipes, constituée chacune de filles comme garçons. Au cours de cette première séance de la SAN°2 filmée, les deux groupes ont pratiqué premièrement le basketball ensemble puis la course de relais après. A aucun moment les deux groupes A et B n'ont été séparés en fonction des deux APS, objets d'évaluation.	Pour le compte de cette séance l'enseignant E3 a formé au début de la séance des équipes de six élèves chacune de même sexe dans un premier temps et dans un second temps des équipes de quatre élèves chacune de même sexe dans un second temps. Pour reconnaitre chaque équipe l'enseignant E3 a écrit les noms des élèves de chaque équipe sur un papier et a nommé chaque équipe par des lettres alphabétiques. Durant la séance, les élèves n'ont pas pratiqué simultanément les deux APS.

En synergie avec les prescriptions de la DIPIQ, E1, E2, ont organisé pour cette séance leur groupe classe respectif en deux groupes de travail pour deux APS (course de relais et basketball) objets et moyens de formation dans la SAN°2 en classe de troisième. Mais ils ont reconnu à l'entretien *post-séance* que, c'est depuis le début de l'année, indépendamment du nombre d'APS au programme dans la SAN°2, qu'ils avaient déjà structuré leur classe en deux groupes de travail. C'est spécifiquement E3 qui, à cette étape a réajusté la structuration de la classe en constituant deux groupes selon le sexe biologique des élèves. Mais de façon factuelle, il n'en a rien fait. D'ailleurs pour identifier et retenir les APS (étape 3), les deux groupes de chacun des enseignants E1, E2 et E3 étaient ensemble sur chacun des ateliers. A aucun moment les deux groupes constitués par chacun des trois enseignants n'ont travaillé séparément. Contrairement donc aux prescriptions officielles, la structuration de la classe en groupe de travail par les trois enseignants n'était pas en lien avec le nombre d'APS. Cette adaptation transpositive (Paun, 2006; Perrenoud, 1998) à l'étape 2 a sans doute un impact sur la mise en œuvre de l'étape 3.

Tableau 9. Analyse comparée des pratiques des trois enseignants à l'étape 3

Etape 3 selon le continuum	E1	E2	E3
Il invite les élèves, sans leur apporter d'aide, à: -identifier les APS objet d'apprentissage en fonction des infrastructures; -déterminer le matériel adéquat à la pratique de ces APS; -pratiquer ces APS en déterminant les modalités d'organisation, les règles, les formes de pratiques, etc.	L'enseignant E1 a conduit les élèves sur les deux infrastructures aménagées. Il a demandé ensuite à chaque équipe de se concerter pour identifier l'activité qu'on peut pratiquer sur chaque atelier parcouru et l'ordre dans lequel ils souhaiteraient pratiquer les activités retenues. A l'issue de cette confrontation les APS: course de relais et basketball ont été retenues et planifiées (course de relais avant le basketball). Les élèves, après échauffement ont été engagés dans la pratique de ces APS en commençant par le basketball pour se faire évaluer.	L'enseignant E2 a conduit les élèves sur les infrastructures aménagées. Sur chaque infrastructure visitée, la question de l'enseignant est d'identifier l'APS à pratiquer. Par tâtonnements, les APS identifiées et retenues sont: la course de relais et le basketball. Les élèves, après l'échauffement ont été engagés dans la pratique de ces APS par le basketball pour se faire évaluer.	L'enseignant E3 a annoncé lui-même aux élèves les deux APS au programme en classe de 3ème à la SAN°2 et l'objectif de sa séance qu'est l'évaluation diagnostique. Après l'échauffement, les élèves ont pratiqué respectivement la course de relais et le basketball pour permettre à E3 de faire son évaluation diagnostique.

Il ressort de l'analyse du tableau 9 que les enseignants E1 et E2 ont mis en œuvre la situation de départ en incitant les élèves à identifier et à retenir les deux APS objets d'apprentissage dans la SA. Par la suite, dans le respect des prescriptions officielles ils ont motivé leurs élèves à pratiquer ces deux APS en utilisant le matériel et les infrastructures mis à leur disposition. Par contre, E3 n'a pas mis en œuvre la situation de départ. Il a directement annoncé lui-même les APS et a demandé aux élèves d'aller les pratiquer en utilisant le matériel et infrastructures mis en place. Pourtant à l'entretien *anté-séance* il a clairement annoncé l'intention de mettre en œuvre la situation de départ et l'évaluation diagnostique. Il y a donc dans la logique de Amade-Escot (2003) et Leutenegger (2009; 2003), une distorsion entre les propos de E3 à l'entretien *anté-séance* annonçant son intention et ce qu'il a fait réellement en contact de ses élèves. Il a reconnu les faits à l'entretien *post-séance* en argumentant que « *les élèves avaient déjà lu les planches sur lesquelles il y a les deux APS au programme dans la SAN°2. Comme les infrastructures sont tracées et que le matériel est disponible, on a plus besoin de perdre de temps. Les élèves peuvent passer directement à l'évaluation diagnostique ».* En fait, conformément aux résultats des travaux de Fassassi (2008) et Oguéboulé (2008), E3 continue de soutenir que la mise en œuvre de la situation de départ est une perte de temps. Cette pratique spécifique à E3 relève de la transposition didactique interne car, il adapte les prescriptions officielles en fonction de son épistémologie relative à la pratique enseignante en EPS selon l'APC. Par rapport à la mise en œuvre de la situation de départ, les comportements et propos de E3 dans le nord du Bénin sont les mêmes que ceux l'enseignant sujet d'étude exploratoire menée par Kèkè (2020) dans le sud du Bénin.

Malgré les mesures correctives apportées par la DIPIQ, les enseignants d'EPS dans une perspective transpositive continuent d'adapter les prescriptions officielles à leur réalité en situation ordinaire de classe comme l'avaient révélé les résultats des travaux de Agbodjogbé, Oguéboulé, Attiklémè et Kpazaï (2018) sur l'apprentissage de la course de haies. C'est ce qui découle de l'analyse des pratiques enseignantes de E1, E2 et E3 durant les trois premières étapes de la mise en œuvre de la première séance de la SAN°2 en classe de troisième. La quatrième étape est relative à l'évaluation diagnostique et fait l'objet du tableau 10.

Tableau 10. Analyse comparée des pratiques des trois enseignants à l'étape 4

Etape 4 selon le continuum	E1	E2	E3
A l'aide d'une grille d'observation, l'enseignant évalue les élèves.	Par le biais d'un tournoi triangulaire, il a évalué les élèves au basketball et à la course de relais en utilisant une grille d'observation	A l'aide d'une grille d'observation, il a évalué les élèves au basketball. A la course de relais, l'évaluation diagnostique a eu lieu sans grille d'observation.	L'enseignant E3 a évalué les élèves en utilisant la grille d'observation au basketball et à la course de relais. Il a impliqué ses élèves dans l'observation des indicateurs de réussite.

De façon générique et en conformité avec les résultats des travaux exploratoires de Kèkè (2020), tous les enseignants d'EPS mettent en œuvre l'évaluation diagnostique prescrite par la DIPIQ à la première séance de la SA. Des éléments de spécificités apparaissent toutefois au niveau de l'utilisation ou non des instruments de mesure pour prendre des informations sur les acquis des élèves (Gérard, 2013) et planifier les enseignements, conformément à la finalité (Grenier et Beaudoin, 2012) de l'évaluation diagnostique.

Si tous les enseignants ayant participé à l'étude ont utilisé des instruments de mesure pour l'évaluation diagnostique au basketball, tel n'est pas le cas à la course de relais. A cet effet, E2 n'a utilisé aucun instrument de mesure. A la fin de la séance, il a reconnu qu'il avait eu des difficultés à concevoir un instrument de mesure fiable pour évaluer les acquis des élèves à la course de relais. Les difficultés à concevoir et à utiliser des outils en évaluation sommative d'étape évoquées par les résultats des travaux de Atoun, Agbodjogbé, Attiklémé, Oguéboulé et Kpazaï (2015) sont donc aussi perceptibles en évaluation diagnostique. On peut donc s'interroger sur la fiabilité du jugement de la production des élèves et des décisions pédagogiques issues de l'évaluation diagnostique des élèves de E2 à la course de relais.

De façon spécifique, E3 a impliqué les élèves dans l'utilisation de la grille d'observation. A l'entretien *post-séance,* il a soutenu qu'il s'agit d'une séance qui sollicite beaucoup l'enseignant qui a besoin d'impliquer fortement les élèves pour se faciliter la tâche. Il ajoute que l'implication des élèves *« permet à ceux-ci, dès le début du cycle de savoir ce qui leur sera enseigné et évalué à la fin du cycle ».* A ce propos, E1 et E2 ont le même point de vue, même s'ils soutiennent qu'il est difficile aux élèves d'utiliser une grille pour observer leurs camarades pratiquant certaines APS qu'ils n'ont pas encore apprises. C'est le cas selon eux de la course de relais. Il émerge donc de la pratique enseignante de E1, E2 et E3, le débat sur la problématique de

l'implication des élèves dans l'évaluation diagnostique dont le bilan est prévu dans l'étape 5. A ce sujet, Hadji (1989) avait déjà fait remarquer que l'implication des élèves permettrait de démystifier l'évaluation.

Tableau 11. Analyse comparée des pratiques des trois enseignants à l'étape 5

Etape 5 selon le continuum	E1	E2	E3
A la fin de la séquence, il invite les élèves à exprimer leurs ressentis. Par la même occasion il leur fait part de ses observations. Ils identifient ensemble les atouts, les difficultés, les contraintes et les besoins en formation.	A la fin de l'évaluation dans les deux APS, les élèves sont conviés à un rassemblement. Les questions suivantes ont été posées aux élèves: -Vous venez de vivre deux activités, quelles sont les difficultés que vous avez rencontrées ? -Pour que chaque activité soit bien exécutée, qu'est-ce qu'on doit faire ? -Quelles sont les différentes techniques à utiliser. Les réponses données par les élèves -Au Basketball, il des difficultés à recevoir les passes, à tirer aux paniers, à occuper rationnellement le terrain. Pour bien jouer au basketball il faut connaitre sa position sur le terrain, se faire des bonnes passes, se démarquer sur le terrain, respecter le règlement -A la course de relais, il a des difficultés à prendre le témoin sans se cogner. Pour faire une bonne course de relais, il faut être attentif pour courir au coup de sifflet et courir rapidement.	L'enseignant E2 rassemble les élèves à la fin de l'évaluation dans chaque APS et évoque directement lui-même les difficultés qu'il a eu à recenser. Ainsi au basketball, il a évoqué des difficultés des élèves à faire progresser le ballon vers le camp adverse, à faire le repli défensif, à occuper rationnellement le terrain, à faire la contre-attaque. A la course de relais la seule difficulté évoquée par l'enseignant est liée à la transmission de témoin.	A la fin de l'évaluation dans les deux APS, les élèves sont invités à un rassemblement. L'enseignant E3 en interagissant avec les élèves a identifié les difficultés rencontrées dans la pratique de chaque APS, objet d'évaluation. Au Basketball, il y a des difficultés à recevoir les passes, à tirer dans les paniers, à occuper rationnellement le terrain. A la course de relais, il s'agit seulement de la transmission de témoin.

Les informations issues du tableau 11 permettent d'affirmer que, génériquement les enseignants investis mettent en œuvre l'étape 5. Ce sont les démarches et stratégies utilisées à cet effet qui font émerger des éléments de spécificités. Alors que E1 et E3 font le point de l'évaluation diagnostique après l'avoir déroulée dans les deux APS, E2 le fait à la fin de l'évaluation diagnostique de chaque APS.

Au basketball, ce sont les élèves de E1 qui, en répondant aux questions de l'enseignant ont énuméré les difficultés rencontrées alors que c'est E2 lui-même qui a dit à ses élèves les savoirs et savoir-faire qui posent problème. De façon interactive, E3 et ses élèves ont recensé les objets de savoir à enseigner dans le cycle. De façon générique les élèves de la 3ème M2 du CEG Goho à Abomey, de la 3ème M5 du CEG Avogbanan à Bohicon et de la 3ème M5 du CEG Banikanni à Parakou ont des difficultés à: tirer aux paniers, à recevoir les passes, à occuper rationnellement le terrain. A la course de relais la difficulté générique est relative à la transmission du témoin. Dans le cas des deux APS, ce sont des informations qui, en référence aux résultats des travaux de Mougenot et Dugas (2014) devraient permettre aux enseignants de faire des modelages et orientations pour un apprentissage adapté afin de faire évoluer les élèves vers les compétences attendues par les prescriptions officielles. Mais nous savons que des informations ont été collectées par des élèves qui ne sont pas suffisamment outillés en la matière;

que pour le cas de la course de relais, E2 n'a collecté aucune information sur les pré-requis de ses élèves et que les enseignants reconnaissent avoir fait l'évaluation diagnostique juste parce qu'elle est prescrite. Dans ces conditions, le plan de formation à retenir à l'étape 6 peut ne pas être fiable.

Tableau 12. Analyse comparée des pratiques des trois enseignants à l'étape 6

Etape 6 selon le continuum	E1	E2	E3
L'enseignant et les élèves conviennent d'un plan d'apprentissage.	Aucun plan de formation n'a été retenu avec les élèves.	Aucun plan de formation n'a été retenu avec les élèves.	Aucun plan de formation n'a été retenu avec les élèves.

L'analyse du tableau 12, révèle que de façon générique, et en synergie avec les travaux de Kèkè (2020), aucun enseignant n'a planifié de façon précise avec ses élèves les contenus de formation pour le cycle. On peut retenir qu'à l'étape 6, les enseignants ont adapté les prescriptions aux réalités de leur milieu en opérant une transposition didactique interne (Paun, 2006; Perrenoud, 1998; Chevallard, 1992). Ces pratiques enseignantes en situation de classe qui ont consisté à s'écarter des prescriptions officielles peuvent être justifiées par leur rapport personnel et institutionnel aux prescriptions officielles et aux APS au programme. En effet, à l'entretien *post-séance,* ils ont tous affirmé qu'une planification des contenus à enseigner durant le cycle juste à la fin de l'évaluation diagnostique, durant la même séance, en présence des élèves et sans une analyse approfondie des informations collectées est précipitée et ne peut pas être efficace. C'est donc en toute responsabilité qu'ils font le choix de ne pas retenir avec les élèves, un plan de formation à la première séance d'une situation d'apprentissage.

5 CONCLUSION

Le présent article a été initié avec pour objectif d'analyser des pratiques enseignantes en EPS à la première séance de la deuxième situation d'apprentissage en référence aux prescriptions officielles en contexte béninois. Dans une perspective transpositive et comparatiste, trois enseignants intervenant en classes de troisième ont participé à l'étude dans la logique de choix raisonné. A cet effet, l'ancrage théorique est axé sur des concepts de la théorie anthropologique de la didactique de Chevallard (1992), du modèle des pratiques évaluatives de Grenier et Beaudoin (2012) élargis à ceux utilisés par les comparatistes en didactique (Mercier, Schubauer- Leonie, Sensevy; 2002). Cet ancrage a inspiré le recours à une démarche méthodologique structurée autour de l'étude des documents, de l'enregistrement audio-visuel des séances de classe. Chacun des trois enseignants a été soumis, à un entretien *anté-séance* et à un entretien *post*-séance dans la logique de triangulation de Van Der Maren (1996) et Leutenegger (2009; 2003) empruntée par Amade-Escot (2003), Schubauer-Leoni, Leutenegger, Ligozat, et Fluckiger (2007), Agbodjogbé (2013), Atoun, Agbodjogbé, Attiklémè, Oguéboulé et Kpazaï (2015).

De l'analyse et l'interprétation des résultats, nous pouvons arguer que génériquement, les enseignants d'EPS, respectant les nouvelles prescriptions, consacrent désormais la première séance de situation d'apprentissage à la mise en œuvre de la situation de départ et l'évaluation diagnostique dans une perspective transpositive qui fait émerger des éléments de spécificités.

En conformité avec les résultats des travaux exploratoires de Kèkè (2020), tous les enseignants investis se conforment aux prescriptions officielles en aménageant les infrastructures et en rendant disponible le matériel adéquat pour la pratique des deux APS (course de relais et basketball) au programme de la deuxième situation d'apprentissage. Chacune de leur classe est organisée en deux groupes de travail correspondant au nombre d'APS au programme de la SAN°2. Mais cette structuration de la classe n'a pas été utilisée comme prescrit à la troisième étape de ladite séance.

Alors que E1 et E2 ont, conformément aux prescriptions de la DIPIQ invité les élèves à identifier et retenir les APS avant de les pratiquer, le comportement de E3 a été spécifique. Il a lui-même annoncé les deux APS et a invité les élèves à aller les pratiquer après la mise en train. Malgré les mesures correctives, il estime toujours que la mise en œuvre de la situation de départ en EPS est une perte de temps comme l'ont révélé les résultats des travaux de Fassassi (2008) et Oguéboulé (2008). La pratique de l'APS par les élèves donne à l'enseignant, l'occasion d'utiliser une grille d'observation pour faire l'évaluation diagnostique. De façon générique, tous les enseignants observés ont appliqué cette prescription au basketball. Spécifiquement, E2 qui n'a utilisé aucun instrument de mesure (grille d'observation) pour évaluer à la course de relais est allé contre les prescriptions de la DIPIQ à cause des difficultés à concevoir et à utiliser une grille d'observation dans cette APS. Son rapport personnel à l'objet de savoir qu'est la course de relais est donc défavorable et permet d'expliquer cette attitude spécifique à lui. La fiabilité des décisions issues d'une évaluation sans grille d'observation est sans doute remise en cause.

E1, E2 et E3 ont utilisé des instruments de mesure pour évaluer au basketball, mais n'y ont pas tous impliqué les élèves. Spécifiquement, c'est E3 qui a dévolué des responsabilités aux élèves dans le processus de l'évaluation diagnostique. Les enseignants E1 et E2 estiment qu'il est difficile aux élèves d'apprécier la production de leurs camarades dans une APS qu'ils n'ont pas encore apprise. Après l'évaluation diagnostique, les enseignants en ont génériquement fait le bilan avec les élèves. Alors que E1 et E3 le font après mis en œuvre l'évaluation dans les deux APS, E2 le fait après avoir évalué dans chaque APS. Ce bilan, en référence aux prescriptions de la DIPIQ devrait permettre à l'enseignant et à ses élèves de retenir un plan d'apprentissage. Mais tel n'a pas été le cas. De façon générique, les enseignants à la fin de la première séance de la SA ne retiennent pas avec leurs élèves un plan d'apprentissage.

En synergie avec notre hypothèse, les éléments de génériciés et de spécificités émergent non seulement dans l'effectivité ou non de la mise en œuvre de la situation de départ et de l'évaluation diagnostique, mais aussi dans la mise en œuvre de la démarche prescrite. Les rapports personnel et institutionnel des enseignants aux prescriptions officielles relatives à la première séance de la situation d'apprentissage et aux APS justifient surtout les spécificités observées dans les pratiques enseignantes.

REFERENCES

[1] Abidou, L. (2017). De l'enseignement à l'évaluation au handball en classe de 4ème. Quel dispositif pour l'évaluation sommative ? Mémoire de Master professionnel non publié en STAPS, INJEPS-UAC. Porto-Novo, Bénin.

[2] Adanzounnon, L. (2008). Du programme par objectifs au programme par compétences: évolution ou non des savoirs en EPS au Bénin. Mémoire de Maitrise en STAPS. INJEPS-UAC Porto-Novo, Bénin.

[3] Agbodjogbé, D.B. (2013). L'implémentation des nouveaux programmes par compétences au Bénin: des textes officiels aux pratiques d'enseignement. Analyses didactiques en Education Physique et Sportive et en Science de la Vie et de la Terre en classe de 5ème. Thèse de Doctorat. Toulouse: Université 2 Le Mirail. 540p.

[4] Agbodjogbé, D.B., Attiklémè, K. et Amade-Escot, C. (2012). Les discours des acteurs sur la réforme des programmes d'éducation au Bénin: des points de vue contradictoires. Communication VI^{ème} Congrès Mondial de la MESCES. Education et changement social: vers un réel développement humain. Hammamet 163 Octobre 2012.

[5] Agbodjogbé, D. B., Oguéboulé, B. M., Attiklémè, K. et Godémè, A. (2019). The problem of learning volleyball in second form: A study of two cases of teaching in Za-Tanta in Benin. *International Journal of Physical Education,* Sports and Health 2019; 6 (5): 200-210.

[6] Agbodjogbé, D. B., Oguéboulé, B. M., Attiklemé, K. et Kpazaï, G. (2018).Les Difficultés D'apprentissage En Éducation Physique Et Sportive: Une Étude De Trois Cas D'enseignement De La Course De Haies Au Bénin. *European Scientific Journal November* 2018 edition Vol.14, No.31 ISSN: 1857 – 7881 (Print) e - ISSN 1857- 7431. pp 370-398.

[7] Altet, M., Blanchard-Laville, C., et Bru, M. (2012). *Observer les pratiques enseignantes.* L'Harmattan.

[8] Amade-Escot, C. (2003). La gestion interactive du contrat didactique en volleyball: agencement des milieux et régulation du professeur. In C. Amade- Escot (Dir), Didactique de l'Education Physique- Etat des recherches, *Editions de la revue EPS*. Paris, p.240- 264.

[9] Amade-Escot, C. et Agbodjogbé, D.B. (2013). Les apories de l'enseignement de l'EPS par « compétences » au Bénin: analyse didactique d'une séquence de haies conduite par un conseiller pédagogique. Colloque International de l'ARCD. Marseille, du 10 au 12 juin 2013.

[10] Amade-Escot, C. et Leutenegger, F. (2013). Actualité de théorie de l'action conjointe: questions et méthodologies. Communication au 3ème colloque de L'ARCD, Université AIX- Marseille.

[11] Atou, C. E, Agbodjogbé, D.B., Attiklémè, K, Oguéboulé, B. M., et Kpazaï, G. (2015). L'évaluation en sports collectifs selon l'APC dans les collèges de l'Ouémé: le cas de l'enseignement du volleyball. *Revue de l'association francophone internationale de recherche scientifique en éducation,* 13 pp. 48-65.

[12] Attiklemé, K. (2009). Les contenus du nouveau programme d'EPS définis en termes de compétences au Bénin: une problématique de l'intervention dans l'enseignement secondaire. *Revue-Staps,* n°86, pp 93-108.

[13] Attiklémè, K. et Kpazaï, G. (2011). Analyse de l'évolution des curricula de l'enseignement de l'éducation physique et sportive (EPS) en République du Bénin de la période coloniale à nos jours. *Recherche en Education,* n°164, pp 83-99.

[14] Chevallard, Y. (1992). Concepts fondamentaux de la didactique: perspectives apportées par une approche anthropologique. *Recherche en didactique des Mathématiques.* Marseille: Universités Aix-Marseille II vol 12, pp.73-112.

[15] Dassé, B. (1989). La planification et l'évaluation des apprentissages. Abidjan, INJS.

[16] De Kétèle, J.M. (2000). En guise de synthèse: convergences autour des compétences. In C. Bosman, F.M.Gérard & X. Roegiers (éds), Quel avenir pour les compétences ? (pp187-191).Bruxelles: *De Boeck Université.*

[17] De Ketele, J-M. (2010). Ne pas se tromper d'évaluation. *Revue française de linguistique appliquée.* XV (1), pp 25-37.

[18] Fassassi, S. (2008). Pratique enseignante selon l'approche par les compétences au Bénin: Une étude comparée de la mise en œuvre de la situation de départ en EPS dans les établissements de l'Ouémé et du Plateau. Mémoire de Master non publié, INJEPS-UAC, Porto-Novo République du Bénin.
[19] Gérard, F-M. (2013). L'évaluation au service de la régulation des apprentissages: enjeux, nécessité et difficulté. *Revue française de linguistique appliquée* (XVIII), 75-92.
[20] Gnanvè, S. (2018). De l'évaluation formative aux remédiassions interactives immédiates à la gymnastique dans les collèges d'enseignement général de Sègbèya et de Sourou léré. Mémoire pour l'obtention de master professionnel en STAPS, Porto-Novo, INJEPS-UAC, 62p.
[21] Grenier, J., Beaudoin, C. (2012). Perceptions et attentes d'élèves du primaire en regard de l'évaluation en éducation physique et à la santé. *Revue canadienne de l'éducation,* 35 (3), 165-198.
[22] Hadji C. (1989). *L'évaluation démystifiée*. Paris: E.S.F. Coll. Pratiques et enjeux pédagogiques.
[23] Joannert, Ph. (2000). Compétences et Socioconstructivisme. Perspectives en Education et formation. Bruxelles: De Boeck Université.
[24] Kèkè, J. P. (2020). Approche transpositive de la mise en œuvre de la première séance de la deuxième situation d'apprentissage en EPS: cas d'un intervenant au CEG Honvié dans la commune d'Adjarra au Bénin. Mémoire de licence non publié en STAPS. INJEPS-UAC, Porto-Novo, 63p.
[25] Lasnier, F. (2000). *Réussir la formation par compétences*. (Montréal torento) Guérin.
[26] Leutenegger, F. (2009). Le temps d'instruire. Approche clinique et expérimentale du didactique ordinaire en mathématique. Berne, Peter Lang.
[27] Leutenegger, F. (2003). Etude des interactions didactiques en classe de mathématiques: un prototype méthodologique. *Bulletin de psychologie vol.*56, n°4, pp 559-571.
[28] Mercier, A., Schubauer-Leoni, M.L., et Sensevy, G. (2002). Vers une didactique comparée. *Revue française de pédagogie* (141), p. 5-16.
[29] Ministère de l'Enseignement Secondaire et de la formation Technique et Professionnelle de la Reconversion et Insertion des Jeunes (2012). *Programme d'études, Education Physique et Sportive classe de Troisième.* Porto-Novo: Inspection Générale Pédagogique du Ministère.
[30] Ministère de l'Enseignement Secondaire et de la formation Technique et Professionnelle de la Reconversion et Insertion des Jeunes (2012). *Guide Pédagogique, Education Physique et Sportive classe de troisième.* Porto-Novo: Inspection Générale Pédagogique du Ministère.
[31] Ministère des Enseignements Secondaire, Technique et de la Formation Professionnelle (2020). *Continuum des activités physiques et sportives dans l'enseignement secondaire général.* DIPIQ, groupe disciplinaire EPS.
[32] Ministère des Enseignements Secondaire, Technique et de la Formation Professionnelle (2020). *Planification hebdomadaire d'exécution des programmes d'études en EPS.* DIPIQ, groupe disciplinaire EPS.
[33] Mougenot, L. et Dugas, E. (2014). Formation et pratique des enseignants: regard porté sur l'évaluation en EPS. *Spirale-revue de recherche en éducation,* supplément, E58, p.67-83.
[34] Oguéboulé, B. M. (2008). Les effets emblématiques du nouveau programme d'EPS au Bénin: le cas de la SAN°1 dans les classes de 6ème des établissements secondaires de l'Ouémé (Le Lycée Toffa 1er et le CEG1 Adjarra). Mémoire de Master II, recherche en STAPS. INJEPS-UAC. 45p.
[35] Paun, E. (2006). Transposition didactique: un processus de construction du savoir scolaire. *Carrefour de l'éducation,* n°22, pp 3-13.
[36] Perrenoud, P. (1998). La transposition didactique à partir des pratiques: des savoirs aux compétences. *Revue des sciences de l'éducation (Montréal),* vol xxiv, n°3, p.487-514.
[37] Sensevy, G. (2007). Des catégories pour décrire et comprendre l'action conjointe. In G. Sensevy & A. Mercier (Eds). Agir ensemble, l'action didactique conjointe du professeur et des élèves. *Presse universitaire de Rennes*. pp. 13-49.
[38] Schneuwly, B., Dolz, J. et Ronveaux, C. (2006). Le synopsis: un outil pour analyser les objets enseignés. In M.J. Perrin-Glorian et Y. Reuter (Eds). *Les méthodes de recherche en didactiques,* Villeneuve d'Asq: *Editions du Septentrion,* pp 175-189.
[39] Schubauer-Leoni, M-L., Leutenegger, F., Ligozat, F. et Fluckiger, A. (2007). Un modèle de l'action conjointe professeur-élèves: les phénomènes didactiques qu'il peut/traiter. In G. Sensevy et A. Mercier (Ed), Agir ensemble: élément de théorisation de l'action conjointe du professeur et des élèves. *Presses Universitaires de Rennes*.
[40] Van Der Maren, J-M. (1996). *Méthode de recherche pour l'éducation*. Boeck, Pédagogie et développement.
[41] Vermersch, P. (1994). L'entretien d'explication en formation initiale et en formation continue. ESF.

International Journal of Innovation and Applied Studies
ISSN 2028-9324 Vol. 39 No. 2 Apr. 2023, pp. 849-856
© 2023 Innovative Space of Scientific Research Journals
http://www.ijias.issr-journals.org/

Improvement indices and agromorphological diversity of false sesame (*Ceratotheca sesamoides* Endl.) in Burkina Faso

Dramane Kabore[1], Renan Ernest Traore[1], Pingawindé Sawadogo[2], Siédou Sory[1], and Boureima Sakande[1]

[1]Équipe Génétique et Amélioration des plantes, Laboratoire Biosciences, Unité de Formation et de Recherche en Sciences de la Vie et de la Terre, Université Joseph KI-ZERBO, 03 BP7021 Ouagadougou 03, Burkina Faso

[2]Université Thomas SANKARA Centre Universitaire de Tenkodogo (CUT), Burkina Faso

Copyright © 2023 ISSR Journals. This is an open access article distributed under the ***Creative Commons Attribution License***, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

ABSTRACT: The objective of this work was to evaluate the improvement indices and the agro-morphological diversity of *Ceratotheca sesamoides* accessions from the Sudan-Sahelian and Sudanian climatic zones of Burkina Faso. For this purpose, a randomized Fisher block design with three replications was set up. Univariate analysis was used to evaluate the level of diversity and the varietal improvement indices. The evaluation of the links between the traits was done by Person's correlation test. The structuring of the diversity was done by multivariate analyses. The results of this experiment reveal the existence of a high agro-morphological diversity on several traits. This diversity made it possible to divide the accessions collected into four groups. Of these, group I is made up of the best performing accessions. The best performing traits were dry and fresh leaf biomass, plant height and number of primary branches. The genetic parameters recorded that Group I accessions are best suited in a breeding and development program for the creation of varieties that meet the needs of producers. The study assessed the level of diversity, diversity structuring and improvement indices.

KEYWORDS: Accessions, Fisher blocks, improvement indices, agro-morphological diversity and genetic parameters.

1 INTRODUCTION

Agriculture plays a very important socio-economic role for the population in Burkina Faso [11]. It covers more exotic species that have a surplus yield profile. This obvious potential of exotic species is due to the modernization and mechanization of agriculture [3]. However, exotic species are nowadays difficult to adapt because of climate change [17]. This difficulty in adapting exotic species to climate change would reduce their productivity [3]. Thus, production could be compensated by using traditional local species known as neglected species [7]. Indeed, the food resilience of local populations would necessarily depend on the mastery of neglected local plant genetic resources [7]. Among them is the false sesame, which contains important nutritional and therapeutic properties. False sesame has a high iron content in the leaves [18]. Therefore, consumption of its leaves contributes to the normal functioning of the central nervous system and the oxidation of carbohydrates, proteins and fats [19]. *Ceratotheca sesamoides* leaves also contain high levels of phosphorus and calcium [4]. In addition, it is used in the treatment of cancer and cardiovascular diseases due to the high concentration of flavonoids in its aerial organs [15]. Despite the high nutritional and therapeutic potential of false sesame, it remains a marginalized species in the plant production system in Burkina Faso. This justifies the present study, which aims to understand the agromorphological diversity of false sesame for a better valorization of this plant species in Burkina Faso.

2 MATERIALS AND METHODS

2.1 STUDY SITE

The study was carried out at the experimental station of the Institut of Rural Development (IDR) of Gampèla, located about 20 km from Ouagadougou (Burkina Faso). The site is located in the North Sudanese phytogeographic domain. It is geographically identified by the coordinates 1°21'96" West longitude and 12°24'29" North latitude.

Corresponding Author: Dramane Kabore

2.2 VEGETABLE MATERIAL

The plant material consists of 49 accessions (Table I). These accessions were collected in the Sudan-Sahelian zone and the Sudanian zone.

Table 1. Distribution of accessions by provinces

Climate zone	province	number of accessions
sudano-sahelian zone	Nayala	3
	boulkiemdé	6
	Mouhoun	3
	Sanguié	5
	Balé	5
	Ziro	3
Sudanian zone	Tuy	5
	Houet	4
	Bougouriba	5
	Poni	6

2.3 METHODS

2.3.1 EXPERIMENTAL DESIGN AND CULTIVATION PRACTICES

The experimental design adopted was the Fisher design with three replicates. The distance between the replicates was 2 m. Within a block, each accession is represented by a line (elementary plot) of 3.2 m on which six (06) seedlings were sown at a rate of 6 seeds per seedling. The row spacing and the spacing between successive pits were respectively 0.8 m and 1 m. After the experimental set-up, sowing was carried out on 13 July 2020 at a rate of six (06) seeds per plot. Two weeks after sowing, a weeding with one seedling per stake was carried out in the plot, followed by a weeding. Further weeding took place 25 and 42 days after sowing respectively in order to reduce weed competition with the plants and also to better aerate the soil. After the first weeding, it was followed by an application of NPK fertiliser (12-30-17) at a rate of 25 kg/ha.

2.3.2 DATA COLLECTION

A total of 16 quantitative characteristics were collected. These are:

number of days to 50% flowering (NJF), number of days to emergence (NJL), plant height (HPL), stem diameter (DTI), number of primary branches (NRP), leaf blade length (LOL), leaf blade width (LAL), petiole length (LOP), fresh leaf biomass (FMB), dry leaf biomass (DLB), number of sepals (NSE), number of petals (NPE), number of stamens (NET), length of fruit (LGca), width of fruit (LRca) and height of insertion of the first capsule (HIPC).

2.4 DATA ANALYSIS

These collected quantitative data were analysed with the Xlstat 2016 software. An analysis of variance (ANOVA) was performed to assess the differences between the studied accessions in the sense of perceiving their level of variability. Genotypic and phenotypic variances (VG and VP), genotypic and phenotypic coefficients of variation (GCV and PCV), broad heritability (H^2) and expected genetic gain (GA) were calculated from the ANOVA results. Multivariate analysis (PCA and HAC) was used to assess and structure the diversity of all accessions. The hierarchical ascending classification (HAC) was established on the basis of the Euclidean distance according to the aggregation criterion of [20]. Discriminant factor analysis (DFA) was carried out using the groups obtained in the hierarchical ascending classification as categorical variables. The DFA was used to characterize the groups obtained from the HAC.

Table 2. Average performance of the studied accessions for quantitative traits

Variables	Minimal	Maximal	Average	CV (%)	R^2 (%)	F	Pr > F
NJL	6,00	13,00	8,97	12	28,43	6,75**	< 0,001
NJF	42,00	61,00	51,57	5,08	61,03	26,56**	< 0,001
HPL	28,00	126,67	82,96	20,44	19,87	4,21**	0,001
DTI	0,40	5,00	2,04	37,65	13,92	2,75**	< 0,001
NRP	1,00	46,00	23,00	30,47	10,96	2,09**	< 0,001
LOL	1,167	5,83	3,21	21,29	18,84	3,94	< 0,001
LAL	0,76	4,10	1,94	26,52	16,25	3,29	< 0,001
LOP	0,23	3,16	1,09	35,26	13,20	2,58	< 0,001
BMS	0,80	55,60	12,62	46,00	30,34	7,40	< 0,001
BMF	2,00	155,90	41,20	46,66	23,14	5,11	< 0,001
LGCa	0,50	2,40	1,29	14,69	13,66	2,69	< 0,001
LRCa	0,30	0,7	0,43	18,44	13,71	2,70	< 0,001
HIPC	6,00	25,00	12,59	19,78	23,10	5,10	< 0,001

Legend: NJL: number of days to emergence; NJF: number of days to flowering; HPL: plant height; DTI: stem diameter; NRP: number of primary branches; LOL: leaf blade length; LAL: leaf width; LOP: petiole length; BMS: dry leaf biomass; BMF: fresh leaf biomass; LGCA: boll length; LRCA: boll width; HIPC: height of first boll insertion; CV: coefficient of variation; R^2: coefficient of determination

3 RESULTS

3.1 LEVEL OF TRAIT DIVERSITY

The analysis of variance showed that all the variables studied discriminate very significantly between accessions at the 1% level (Table II). This difference within traits was revealed by p-value values strictly lower than 0.001. Similarly, the Fisher's F for each parameter showed values strictly greater than 2.

The results of the analysis also show significant differences in the coefficient of variation (CV). The coefficient of variation ranged from 5.08% for the number of days to 50% flowering to 46.66% for the fresh leaf biomass.

The coefficient of determination (R^2) varied from 10.96% for the number of primary branches to 61.03% for the number of days to flowering. The measured traits all had a coefficient of determination below 30% except for dry leaf biomass and days to flowering which had a coefficient of determination of 30.34% and 61.03% respectively.

Table 3. Correlations between quantitative characters of Ceratotheca sesamoides from Burkina Faso

Variables	NJL	HPL	DTI	NRP	LOL	LAL	BMS	BMF	LGCa	HIPC	NJF 50%
NJL	**1**										
HPL	0,115	**1**									
DTI	-0,147	**0,474***	**1**								
NRP	0,176	**0,701****	**0,409***	**1**							
LOL	-0,230	0,017	**0,433***	0,149	**1**						
LAL	0,002	0,128	**0,440***	**0,346***	**0,654***	**1**					
BMS	**-0,331***	-0,016	0,039	-0,112	0,201	0,213	**1**				
BMF	**-0,411***	-0,032	-0,010	-0,110	0,227	0,173	**0,929****	**1**			
LGca	0,030	0,087	0,046	0,007	**-0,461***	**-0,313***	-0,027	-0,039	**1**		
HIPC	-0,069	0,060	**0,326***	0,128	**0,509***	**0,450***	0,262	0,253	-0,162	**1**	
NJF 50%	**0,361***	0,192	0,164	0,234	0,100	0,250	0,000	-0,072	-0,053	0,068	**1**

**NJL: Number of days to emergence, NJF: Number of days to 50% flowering, HPL: Plant height, DTI: Stem diameter, NRP: Number of primary branches, LAL: Leaf blade width, LOL: Leaf blade length, LGCa: Capsule length, BMS: Dry leaf biomass, BMF: Fresh leaf biomass, HIPC: Height of insertion of the first capsule*

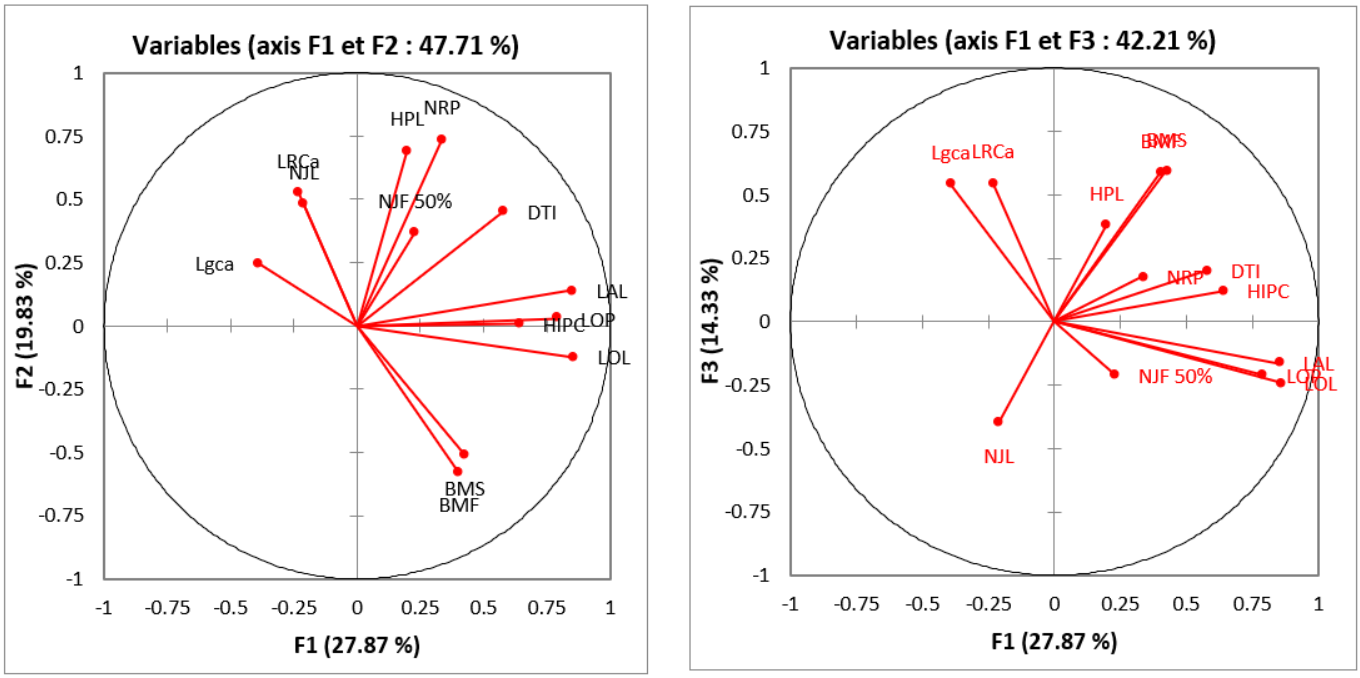
3.2 Relationships Between The Studied Traits

The Pearson correlation matrix in Table III showed significant correlations at the 1% level. Among these correlations studied, there are positive and negative correlations. Indeed, fresh leaf biomass is correlated with dry leaf biomass (r =0.93). Blade length is correlated with petiole length (r = 0.68), blade width (r = 0.65), stem diameter (r = 0.43) and height of the first capsule insertion (r = 0.51). Blade width was correlated with petiole length (r = 0.78), height of first capsule insertion (r = 0.45) and stem diameter (r = 0.44).

Negative correlations were also observed. Dry leaf biomass was correlated with the number of days to emergence (r = -0.33). Leaf width is correlated with capsule length (r = -0.31). Leaf length is correlated with capsule length (r = -0.46).

3.3 Association Between Traits

The graphical representation (Projection of variables in the ½ plane) of the variables that formed axis 2 shows the existence of two opposite groups of variables (Figure 1 A). Indeed, the first group of variables negatively correlated to axis two (2) is constituted by dry leaf biomass (r = -0.51) and fresh leaf biomass (r = -0.58). On the other hand, the second group of variables positively correlated to axis 2 is plant height (r = 0.74) and the number of primary branches (r = 0.70). Finally, concerning the graphical representation (Projection of the variables in the 1/3 plane), axis three 3 positively associates traits such as dry leaf biomass (r = 0.60), fresh leaf biomass (r = 0.59), capsule length (r = 0.54) and capsule width (r = 0.55) (Figure 1 B).



A: Projection des variables dans le plan ½

B: Projection of variables in the 1/3 plane

Fig. 1. ***Projection of the measured variables in the plane formed by the first three axes of the principal component analysis (PCA)***

3.4 Structure Of Agro-Morphological Diversity

The dendrogram resulting from the hierarchical ascending classification (HAC) made it possible to subdivide all the accessions into four (4) groups (Figure 2). Group I includes 20 accessions from two climatic zones of Burkina Faso (the Sudanian zone and the Sudan-Sahelian zone). Group II is the group with the lowest number of accessions. These accessions also come from the Sudanian zone and the Sudan-Sahelian zone. Group III contains five accessions from both climatic zones. Group IV covers 11 accessions, the majority of which are from the Sudanian zone. The Ward Euclidean distance matrix between the barycentres and the calculation of the interclass inertia revealed that groups II and IV are the most distant with a distance value of 37.28, followed by group II and I with a distance value of 28 and group I and III which are distant by 21.96. Group I and IV are the closest with a distance value of 15.45 followed by group III and IV which are distant by 18.78 (Table IV).

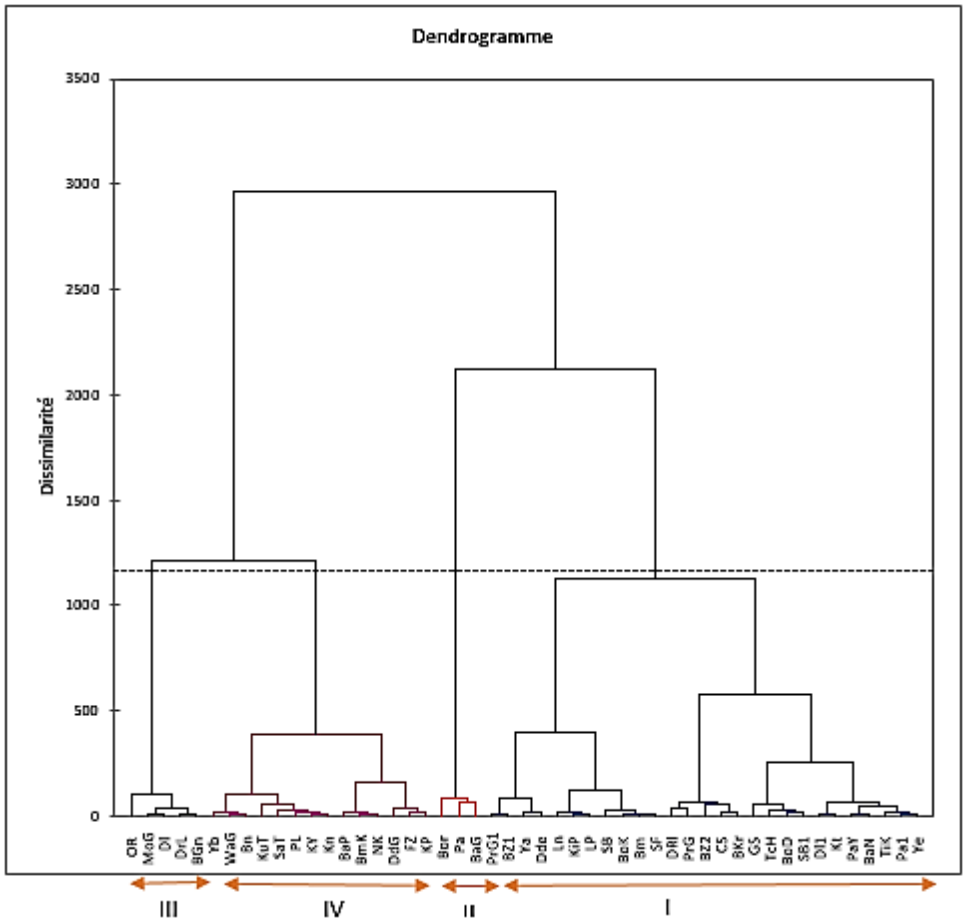


Fig. 2. Hierarchical ascending classification of the 49 accessions of Ceratotheca sesamoides

Table 4. Distances between class barycentres

	Group I	Group II	Group III	Group IV
Group I	0			
Group II	28	0		
Group III	21,96	25,09	0	
Group IV	15,45	37,28	18,78	0

3.5 CHARACTERISATION OF ACCESSIONS

Discriminant factor analysis (DFA) was used to characterise the four obtained from the AHC. The grouping criteria were plant height, number of primary branches, dry leaf biomass and fresh leaf biomass. Indeed, the analysis of variance of these groups showed the highest Fisher's F and coefficient of determination (R^2) for plant height (< 0.0001; R^2 = 64.2), number of primary branches (< 0.001; R^2 = 30.2), dry leaf biomass (< 0.0001; R^2 = 52.5) and fresh leaf biomass (< 0.0001; R^2 = 65.2). In addition, the relationship between groups and axes showed that axis 1 is positively correlated with group I and group II. It is negatively correlated with group IV. Axis 2 is negatively correlated with group III (Figure 3).

Group I is characterised by large accessions (88.78 cm) and a high number of primary branches (24.87). Group I associates accessions with purple stems. Group II gathers accessions with average agronomic performance for stem height and number of primary branches. This group combines accessions with green and purple stems. Group III is made up of the accessions with the lowest agronomic performance in number of primary branches and plant height. However, it includes accessions that have a higher agronomic performance in dry and fresh leaf biomass than those in group IV. It is made up of accessions with purple stems. Group IV groups accessions with average height and number of primary branches behind group I and group II. However, this performance is superior to those of group III. Group IV combines accessions with green, purple and violet stems.

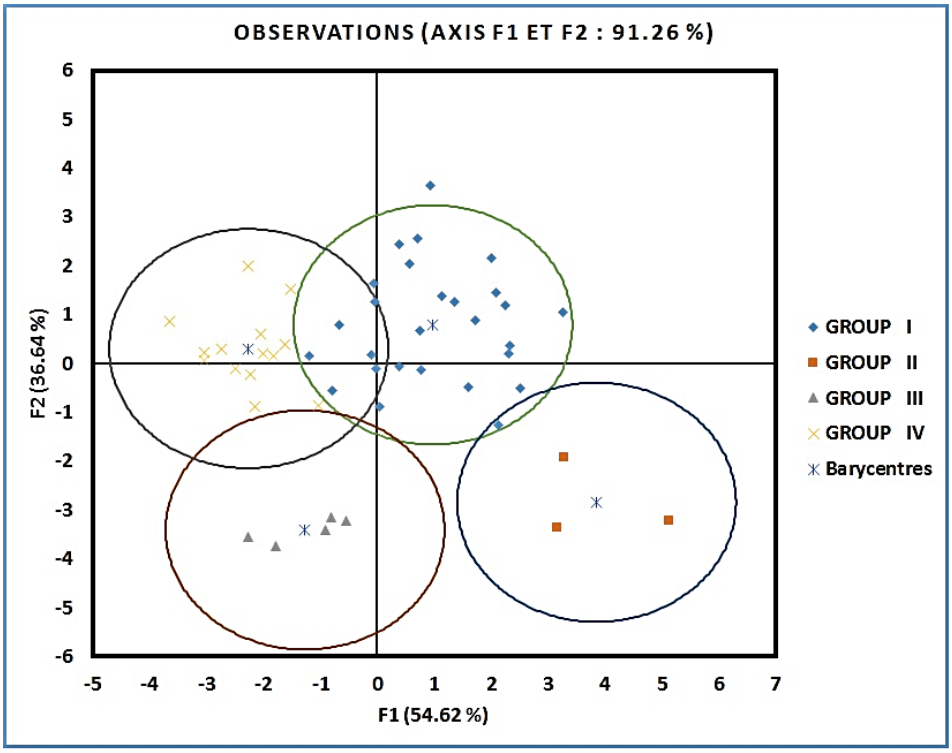


Fig. 3. Representation in the ½ plane of the DFA of the groups of accessions from the HAC

3.6 Estimation Of Genetic Parameters

From these results, genotypic values ranged from 0.01 for capsule width to 504.63 for fresh leaf biomass. In this study, heritability was greater than 50% for all thirteen (13) variables with H2 values ranging from 55.32% to 96.33%. The study showed phenotypic variances greater than genotypic variances. The expected genetic advance over the trait mean (GAx) ranged from 17.55% to 129.26% for boll length and dry leaf biomass respectively (Table V).

Table 5. Estimation of genetic parameters of Ceratotheca sesamoides from Burkina Faso

Variables	VG	VP	H2 (%)	GCV (%)	PCV (%)	GA	GAx (%))
NJL	2.30	2.68	85.82	16.89	18.23	2.89	32.23
HPL	373.11	465.37	80.18	23.29	26.01	35.63	42.96
DTI	0.35	0.55	64.10	29.03	36.26	0.98	47.88
NRP	21.14	38.21	55.32	19.46	26.16	7.04	29.81
LOL	0.46	0.62	74.64	21.08	24.39	1.21	37.51
LAL	0.21	0.29	69.94	23.31	27.87	0.78	40.15
LOP	0.08	0.13	61.14	25.51	32.62	0.45	41.08
BMS	72.33	83.54	86.58	67.43	72.47	16.30	129.26
BMF	504.63	627.91	80.37	54.56	60.86	41.48	100.76
LGCa	0.02	0.03	61.95	10.82	13.75	0.23	17.55
LRCa	0.01	0.01	64.82	14.40	17.89	0.10	23.89
HIPC	8.68	10.74	80.85	23.41	26.03	5.46	43.36
NJF 50%	58.91	61.16	96.33	14.88	15.16	15.52	30.09

NJL: Number of days to emergence, NJF: Number of days to 50% flowering, HPL: Plant height, DTI: Stem diameter, NRP: Number of primary branches, LAL: Leaf blade width, LOL: Leaf blade length, LOP: Petiole length, LGCa: Boll length, BMS: Dry leaf biomass, BMF: Fresh leaf biomass, LRCa: Capsule width, HIPC: Height of first capsule insertion, VG: Genotypic variance, VP: Phenotypic variance, H^2: Heritability in the broad sense, GCV: Coefficient of genotypic variation, PCV: Coefficient of phenotypic variation, GA: Expected genetic gain, GAx: Expected genetic gain compared to the mean.

4 DISCUSSION

The quantitative data showed the existence of characters that discriminate the 49 accessions. This reflects the existence of a high agro-morphological variability of Ceratotheca sesamoides from Burkina Faso. The analysis of variance applied to the characters, except for floral parts, showed significant differences for all variables ($P < 0.001$). This also indicates the existence of variability within the accessions evaluated. By the same analysis (ANOVA), the plant height obtained was different from that obtained by [4] in Benin on accessions of *Ceratotheca sesamoides*. This difference in plant height could be explained either by the difference in edaphic factors or by the difference in ultraviolet radiation received by each experimental site. Indeed, similar results were reported by [16] where plant height reached about 120 cm. The accessions showed relatively shorter and less broad leaves than those observed by [14]. This difference in leaf size could therefore be explained either by the difference in the amount of water received at each of the sites or by the difference in temperatures at each site as water scarcity and high heat would lead the plants to reduce their leaf area. Most of the variability is explained by plant height, number of primary branches, dry leaf biomass and fresh leaf biomass which have very high coefficients of determination ($R^2 \geq 52\%$). For leaf biomass, Person's correlation test revealed a significantly positive correlation ($r = 0.92$) between fresh and dry leaf biomass. These results are similar to those obtained by [4] on false sesame from Benin.

The high coefficients of variation of the characters would reflect the existence of a large agro-morphological variability within the accessions. These results are similar to those obtained by [1] *on Sesamum radiatum* and by [5] on *Sesamum indicum*.

The multivariate analyses distributed the accessions according to an affinity linked to their similarities. Indeed, the variability of the characters followed by the characterization of the accessions into four (4) groups show the presence of non-fixed individuals within the collection of false sesame. This heterogeneity of individuals shows the existence of variability between the sub-populations of the Sudan-Sahelian zone and the Sudanian zone.

For all the traits studied, the phenotypic coefficients of variation (PVC) were higher than the genotypic coefficients of variation (GVC). However, the differences between the VSCs and GVCs were small for all the traits studied. Indeed, these small differences between these two parameters indicate that the variability of *Ceratotheca sesamoides* traits is very little influenced by the environment [12]. Thus, the expression of traits in false sesame are influenced by genetic control. Similar results were obtained on leafy vegetables such as amaranth [6], white caya [8], African aubergine [13] and fetid cassia [9].

Plant height, stem diameter, leaf blade length, leaf blade width, petiole length, fresh leaf biomass, dry leaf biomass and height from insertion to first boll with high phenotypic and genotypic coefficients of variation would reflect the possibility that these traits are heritable [14]. However, coefficients of variation alone cannot better explain trait inheritance accurately as they do not estimate the proportion of the trait that will be transmitted to the progeny [8]. Indeed, plant height, height of first capsule insertion, dry leaf biomass and fresh leaf biomass that showed the highest heritability values ($H^2 > 80\%$) are heritable. The high values of these traits would show firstly that the contribution of genotypes to the expression of the traits is important and secondly that environmental factors have a small effect on the expression of the variables [8]. However, the value of heritability alone does not give any indication of the amount of genetic progress that would result from the selection of the best accessions [2]. Thus, the highest broad heritability and genetic progress results obtained showed that plant height, leaf blade width, height of first capsule insertion, dry leaf biomass and fresh leaf biomass are heritable. These high values would indicate that additive genetic effects are important in determining these traits [10]. In contrast, capsule length, capsule width, number of primary branches and number of days 50% flowering which showed low values of expected genetic progress would indicate that dominance/epistasis type gene effects are very important for these traits [2]. This information provided by genetic progress claims that CAH group I accessions would be better suited in a breeding program.

5 CONCLUSION

This work has allowed to highlight an important agro-morphological variability within the accessions of false sesame. As a result of this study, four (4) agro-morphological groups were obtained. Dry biomass, plant height, length and number of primary branches showed high heritability and genetic gain. These heritability and genetic gain values are indicators that pave the way for an improvement program.

REFERENCES

[1] Adeoti K, Rival A, Dansi A, Santoni S, Brown S, Beule T, Nato A, Henry Y, Vodouhe R, Loko Y Land Sanni A. 2011. Genetic characterization of two traditional leafy vegetables (Sesamum radiatum Thonn. ex Hornem and Ceratotheca sesamoides Endl.) of Benin, using flow cytometry and amplified fragment length polymorphism (AFLP) markers. *Afr. J. Biotechnol.* 10, 65 (2011), 14264–14275. DOI: https://doi.org/10.5897/AJB11.1176.

[2] Béninga Marboua Békoye, Sangaré Abdourahamane, Nguetta Assanvo Simon Pierre, and Zoro Bi Irié Arsène. 2011. Estimation des paramètres génétiques de quelques descripteurs agromorphologiques chez le mil [Pennisetum glaucum (L.) R. Br.,]. *J. Appl. Biosci.* (2011). DOI: https://doi.org/www.biosciences.elewa.org

[3] Mamadou Kéba Ciré Diallo. 2016. Les déterminants de la sécurité alimentaire au Sénégal.

[4] Kola Fasakin. 2005. Proximate composition of bungu (<I>Ceratotheca sesamoides</I> Endl.) leaves and seeds. *Biokemistri* 16, 2 (2005). DOI: https://doi.org/10.4314/biokem.v16i2.32575.

[5] Amadou Mounkaila Hamissou, Amoukou Adamou Ibrahim, and Zangui Hamissou. 2020. Effet du sésame (Sesamum indicum L.) sur le développement de Striga hermonthica (Del.) Benth. *JABs* 152, (2020), 15720–15726. DOI: https://doi.org/10.35759/JABs.152.10.

[6] Ouedraogo Jacques, Kiebre Mariam, Kabore Boukare, Sawadogo Boureima, Kiebre Zakaria, and Bationo Kando Pauline. 2021. Identification and Agronomic Performance of Species of the Genus Amaranthus Grown in Burkina Faso. *IJAAS* 7, 2 (2021), 102. DOI: https://doi.org/10.11648/j.ijaas.20210702.15.

[7] Pierre Janin and Alexis Roy. 2016. La `` résilience pour la sécurité alimentaire ' ' au Burkina Faso: entre dires, labellisation et (re-) positionnements d'acteurs. Retrieved from Id: ird-01525287.

[8] Zakaria Kiebré. 2016. Etude de la diversité génétique d'une collection de caya blanc (Cleome gynandra L.) du Burkina Faso.

[9] Haoua Nacambo. 2022. Etude ethnobotanique et diversite genetique d'une collection de senna obtusifolia (l.) irwin et barneby au burkina faso.

[10] Lazare Ndouvahad, Philippe Kosma, YAKOUBA Oumarou, and DANBE Nicodéme. 2021. Diversité agro morphologique des variétés locales et améliorées des sorghos pluviaux à double usage au nord Cameroun. 164, (2021).

[11] Denis Ouédraogo, Moussa Kaboré, and Blaise Kienou. 2007. Insécurité alimentaire, vulnérabilité et pauvreté en milieu rural au Burkina : une approche en termes de consommation d'énergie: *Mondes en développement* n° 140, 4 (December 2007), 65–84. DOI: https://doi.org/10.3917/med.140.0065.

[12] Saikumar P, Shanthi Priya M, Shanthi P, and Latha P. 2020. Genetic Variability Studies for Quantitative Traits in a Pool of Maintainer (B) and Restorer (R) Lines in Pearl Millet (Pennisetum glaucum (L.) R. Br.). *Int.J.Curr.Microbiol.App.Sci* 9, 12 (2020), 3234–3241. DOI: https://doi.org/10.20546/ijcmas.2020.912.385

[13] Boureima SAWADOGO. 2018. Diversite genetique de l'aubergine africaine [Solanum aethiopicum (L.) subsp Kumba] du Burkina Faso.

[14] Mamta Sharma, Raju Ghosh, and Suresh Pande. 2013. Occurrence of higt Alternaria alternatalt; /higt; causing Alternaria blight in pigeonpea in India. *ABB* 04, 06 (2013), 702–705. DOI: https://doi.org/10.4236/abb.2013.46092.

[15] Shittu Lukeman Shittu, Ogundipe Olufemi, Tayo Adetokunbo, and Osunubi Abraham. 2009. Hypoglycaemia and improved testicular parameters in Sesamum radiatum treated normo-glycaemic adult male Sprague Dawley rats. *African Journal of Biotechnology 8,* 2878–2886.

[16] Sinébou V, Ahoton L.E, Ahohuendo B.C, Etèka C.A, Amadji G, Dansi A, Ahanchédé A, Hounhouigan D.J, Vodouhè S.R, and Sanni A. 2012. Biologie florale de Ceratotheca sesamoides Endl., un légume feuille traditionnel en voie de domestication au Bénin. 8, (2012).

[17] Ouellet Sophie. 2016. Etude des plantes comestibles indigènes pour le renforcement de la sécurité alimentaire à san rafael la independencia, huehuetenango, guatemala.

[18] Barbara Stadlmayr. 2010. *Composition of selected foods from West Africa*. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome.

[19] Umar K.J, Hassan G.L, Dangoggo S.M, Inuwa M, and Almustapha M.N. 2007. Nutritional content of Melochia corchorifolia (Linn) leaves. *Inter j of biological and chemistry,* 250–255.

[20] Joe H. Ward. 2010. Hierarchical grouping to optimize an objective function*. *American Statistical Association Vol. 58,* 236244. Retrieved from http://www.jstor.org/stable/2282967.

International Journal of Innovation and Applied Studies
ISSN 2028-9324 Vol. 39 No. 2 Apr. 2023, pp. 857-865
© 2023 Innovative Space of Scientific Research Journals
http://www.ijias.issr-journals.org/

Investigation des nouveaux supports de fermentation des fèves de cacao dans les principales régions de production de cacao (Haut-Sassandra, Nawa et Bas-Sassandra) en Côte d'Ivoire

[Investigation of new cocoa bean fermentation media in the main cocoa production regions (Haut-Sassandra, Nawa and Bas-Sassandra) in Côte d'Ivoire]

Konan Kouakou Ahossi, Coulibaly Ibourahema, Kouassi Kra Athanase, Foba Foba Stéphane, Coulibaly Mendjara, and Konate Ibrahim

Jean Lorougnon GUEDE University, Biochemistry-Microbiology Department, Agrovalorisation Laboratory, BP 150 Daloa, Côte d'Ivoire

Copyright © 2023 ISSR Journals. This is an open access article distributed under the ***Creative Commons Attribution License***, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

ABSTRACT: Fermentation is a crucial post-harvest step for obtaining the aromatic and sensory characteristics of quality cocoa that meets international requirements. This work has made it possible to list the fermentation media for cocoa beans currently used in the major cocoa production areas in Côte d'Ivoire. To do this, a questionnaire was established and allowed by interviews and direct observations in order to collect information on the new fermentation media in use. In total, nine hundred and nineteen (919) producers were surveyed. This research work has made it possible, through a survey, to show that the main cocoa production areas in Côte d'Ivoire today use new supports for the fermentation of cocoa beans for various reasons. These are five (5) currently used fermentation media in addition to those known but has different proportions depending on the area surveyed and those for several difficulties they face. Our results also made it possible to obtain the fermentation time according to the medium used and whether stirring was allowed during the fermentation. A principal component analysis revealed three groups of producers according to the supports used and their motivation with a strong correlation between the supports and the motivation.

KEYWORDS: Cocoa, fermentation, technology, support, survey.

RESUME: La fermentation est une étape post-récolte cruciale pour l'obtention des caractéristiques aromatiques et sensorielles d'un cacao de qualité obéissant aux exigences internationales. Ce travail a permis de répertorier les supports de fermentation des fèves de cacao actuellement utilisés dans les grandes zones de production de cacao en Côte d'Ivoire. Pour se faire, un questionnaire a été établi et a permis par des entretiens et observations directes afin de recueillir des informations sur les nouveaux supports de fermentation en cours d'utilisation. Au total, neuf cent-dix -neuf (919) producteurs ont été enquêtés. Ce travail de recherche a permis à travers une enquête de montrer que les principales zones de production de cacao en Côte d'Ivoire utilisent aujourd'hui, de nouveaux supports pour la fermentation des fèves de cacao pour diverses raisons. Ce sont cinq (5) supports de fermentation actuellement utilisés en plus de ceux connus mais a des proportions différentes en fonction de la zone enquêtée.et ceux pour plusieurs difficultés auxquelles ils sont confrontés. Les résultats également permis d'obtenir le temps de fermentation en fonction du support utilisé et si un brassage était admis au cours de la fermentation. Une analyse en composante principale a révélé trois groupes de producteur en fonction des supports utilisés et de leur motivation avec une forte corrélation entre les supports et la motivation.

MOTS-CLEFS: cacao, fermentation, technologie, support, enquête.

1 INTRODUCTION

Le cacaoyer (*Theobroma cacao* L.) a été introduit en Côte d'Ivoire vers la fin du 19 ème siècle, dans la région Est du pays [1]. Avec une récolte annuelle de 1 964 000 tonnes soit 42,22 % de la production mondiale au cours de la campagne 2018-2019, la Côte d'Ivoire reste au niveau mondial le premier pays producteur de cacao [2]. Cependant, le défaut de qualité associé aux fèves de cacao ivoirien occasionne des pertes économiques substantielles pour l'Etat de Côte d'Ivoire. Dans le milieu paysan, les agriculteurs; après avoir récolté les cabosses de cacao, soumettent les graines à un processus de fermentation naturelle, ([3]; [4]) et sans ce procédé de fermentation, les fèves de cacao crues et séchées ne développent pas la saveur typique du cacao lors de la torréfaction [5]. C'est donc l'une des

Corresponding Author: Konan Kouakou Ahossi

principales étapes de la technologie post-récolte du cacao [6]. Le bananier plantain dont les feuilles sont le support offrant les meilleures qualités marchandes, microbiologiques et organoleptiques de fèves de cacao [7] est presque toujours cultivé en association avec le cacao. Le constat actuel est que, depuis plus de dix ans, les variations climatiques, le vieillissement des sols et l'ombrage des cacaoyers après cinq ans de culture entraine la disparition progressive des bananiers. Comme alternative, les producteurs utilisent les bâches en plastiques et très souvent les caisses en bois. Alors que des chercheurs ont prouvé que les fèves issues de la fermentation dans les bâches plastiques et les caisses en bois étaient classées comme des méthodes à faible uniformité car on observe la présence de fèves défectueuses et une dégradation de la qualité marchande, microbiologique, et organoleptique [8]. Ainsi de nouveaux supports de nos jours utilisés pour la fermentation des fèves sans que la qualité de ces fèves ne soit évaluée. Cette etude a donc pour objectif d'investiguer par une equête et de mettre la lumiere sur les nouvelles methodologies de traitement post-recolte (la fermentation) afin de les valorisées quelque soit leur proportion d'utilisation. De facon specifique, il s'agit d'intoroger les procducteurs des principales zones de production sur la les nouvelles pratques de la fermentation sur la base d'un support d'enquête.

2 MATÉRIEL ET MÉTHODES

2.1 ZONE D'ÉTUDE

Trois principales régions de production de cacao en Côte d'Ivoire caractérisées par une diversité de de condition climatique, leurs rendements annuels dans la production de cacao ont été choisies pour cette étude. Ce sont la région du Bas Sassandra (San Pedro) caractérisée par une basse altitude, en-dessous de 500 m, avec 70 à 80 mm de précipitation par mois. San Pedro compte 277 140 ha de plantation de cacao et 171 164 tonnes de cacao. La région de la Nawa (Soubré) zone centre ouest, région pluvieuse tempérée avec une moyenne de 26-27°C et 29-65 mm / mois de précipitations, une altitude modérée en dessous de 600 m, grande région de production de cacao, le cœur de la nouvelle boucle du cacao (59 % de la production de cacao du District pour 80 % des exploitants) (figure 1).

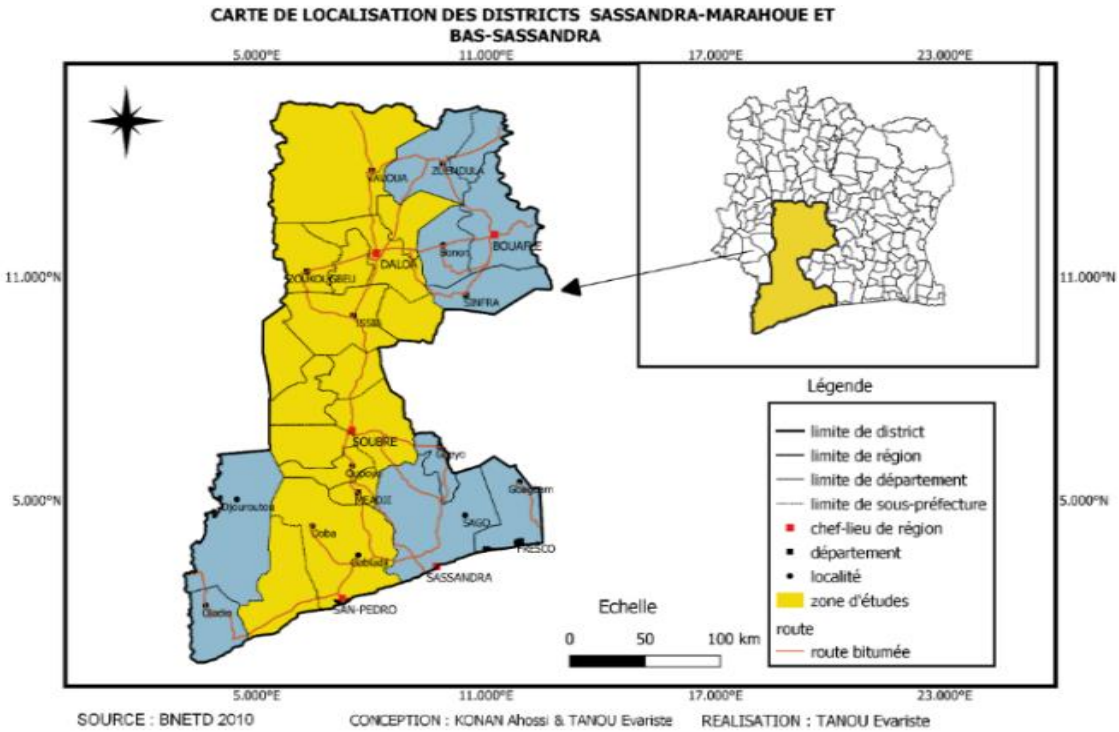


Fig. 1. Carte géographique des zones enquêtées

2.2 COLLECTE DES DONNÉES

La démarche méthodologique mise en place dans le cadre de cette étude, est une démarche participative. L'enquête randomisée par entretien et par observation participante a été conduite dans les trois régions ciblées de production de cacao en Côte d'Ivoire. L'enquête a été faite avec l'accord des différents préfets, sous-préfet chefs centraux et chefs de village différentes localités ciblées. L'autorisation d'enquête à travers des circulaires a permis de rencontrer les différents responsables du conseil café cacao, les responsables de coopérative de cacao et les différents chefs de village pour des entretiens d'informations sur les recherches, des

informations générales sur les supports utilisés actuellement pour la fermentation des fèves de cacao dans leurs localités respectives ont été connues. Ainsi l'enquête s'est déroulée de Mai à Novembre 2021.

2.3 CRITÈRES D'INCLUSION ET D'EXCLUSION

Toutes personnes sans distinction de sexe qui détient une plantation de cacao et qui réalisent des travaux ou des personnes qui ne sont pas propriétaires, mais qui s'occupent du champ sous l'ordre du producteur ont été interrogés. Les enfants ne sont pas concernés lors de cette enquête. Au total, l'enquête à porter sur 919 personnes dans les 3 régions choisies.

3 ANALYSE DES DONNÉS

Les données brutes de l'enquête ont été dépouillées avec le logiciel Sphinx Plus[5]V5. Les données ont été ensuite exportées dans le logiciel Excel (pack Microsoft office 2019) puis soumises à l'analyse statistique a l'aide du logiciel R 4.1.0. Des recordages ont été apportés pour leurs interprétations. Les différents résultats obtenus sont présentés sous forme de graphe et de tableau. Une analyse en composantes principale grâce aux packages FactomineR ont-elle été effectuées.

4 RÉSULTATS

La figure 2 indique que la cacaoculture est plus pratiquée par les hommes à 91,73 % contre un taux de 8,27 % pour les femmes. L'analyse des proportions des trois zones de production a donné une probabilité P >0,05 chez les hommes comme chez les femmes. Il y a aucune différence significative. Dans les trois (3) régions étudiées, deux supports de fermentation sont actuellement utilisés. Il s'agit entre autres des sacs (en polypropylènes et en jute) et les bâches en polypropylène qui sont utilisés en plus des feuilles de bananier et des bâches en plastique. Les caisses en bois ne sont pas du tout utilisés quel que soit la région enquêtée. Les feuilles de palmier et les cabosses de cacao utiliser comme supports de fermentation ont été enregistrées par des constats sur terrain et au cours des entretint. En tenant compte de l'analyse sur l'utilisation des proportions à l'aide du logiciel R, une probabilité de $P=2{,}2.10^{-16}$ a été donnée. Cette probabilité révèle une différence significative entre les différentes utilisations des supports de fermentation.

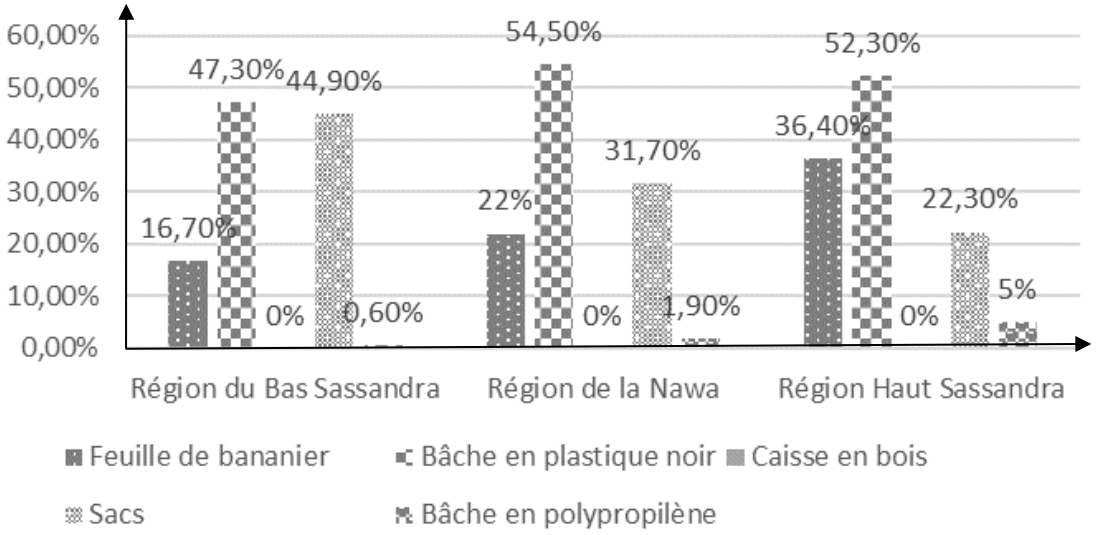


Fig. 2. Répartition des zones d'études en fonction des supports de fermentation utilisés

4.1 LA FERMENTATION DANS LES SACS EN POLYPROPYLÈNE ET SACS EN JUTE

La fermentation en sac en polypropylène et sac en jute est réalisée (70 kg environ). Lors de l'écabossage, les producteurs mettent directement les fèves dans sacs. A la fin de l'écabossage, les sacs contenant les fèves de cacao sont ficelés pour la fermeture et ranger en bordure de la voie pour le transport au village (Figure 3). Cela permet de garantir le transport dans les camions de ramassage. Pendant la nuit, les différents lots de cacao sont stockés dans des sacs en polypropylène et entreposés dans un endroit couvert.



Fermentation dans des sacs en jute

Fermentation dans des sacs en propylène

Fig. 3. Fermentation dans des sacs en jute et des sacs en propylène

4.2 FERMENTATION DANS LES FEUILLES DE PALMIERS

Une quantité d'au moins 200 kg est stocké après écabossage dans les feuilles de palmier et recouvert par les mêmes feuilles de palmier. Le brassage est fait tous les 2 jours jusqu'au 6eme jour de la fermentation pour procéder au séchage (Figure 4).



Fig. 4. Fermentation des fèves de cacao dans les feuilles de palmier

4.3 FERMENTATION DANS LES BÂCHES EN POLYPROPYLÈNE

Une quantité d'au moins 200 kg est stocké après écabossage sur des bâches en propylène et recouvert par les mêmes types de bâches. Le brassage est fait tous les 2 jours jusqu'au 6eme jour de la fermentation pour procéder au séchage (Figure 5).



Fig. 5. Fermentation des fèves de cacao dans les bâches en polypropylène

4.4 FERMENTATION DANS LES CABOSSES DE CACAO

Après la récolte, un endroit est nettoyé dans la plantation. 500 cabosses de cacao en moyenne sont entassées. Une bâche plastique est placée sous les cacaoyers et sur une pente permettant l'écoulement dans un seul sens du jus. Ensuite, l'écabossage est réalisé avec des gourdins. Les fèves sont laissées à l'intérieur des cabosses pour la fermentation sur 6 jours. Après six jours de fermentation les fèves de cacao sont séparées du placenta dans les cabosses pour le séchage (figure 6).



Fig. 6. Fermentations des fèves de cacao dans les cabosses de cacao

4.5 TEMPS DE FERMENTATION

L'ensemble des producteurs respectent le temps de fermentation réglementaire dans les différentes régions enquêtées. En effet 45,5 % des producteurs ont un temps de fermentation inférieur ou égal à quatre (4) jours contre 55,5 % copris entre 5 et 7 jours dans la région de San Pedro, 14,9 % contre 85,1% dans la région de la Nawa et 40 % contre 60 % dans la région du Haut Sassandra.

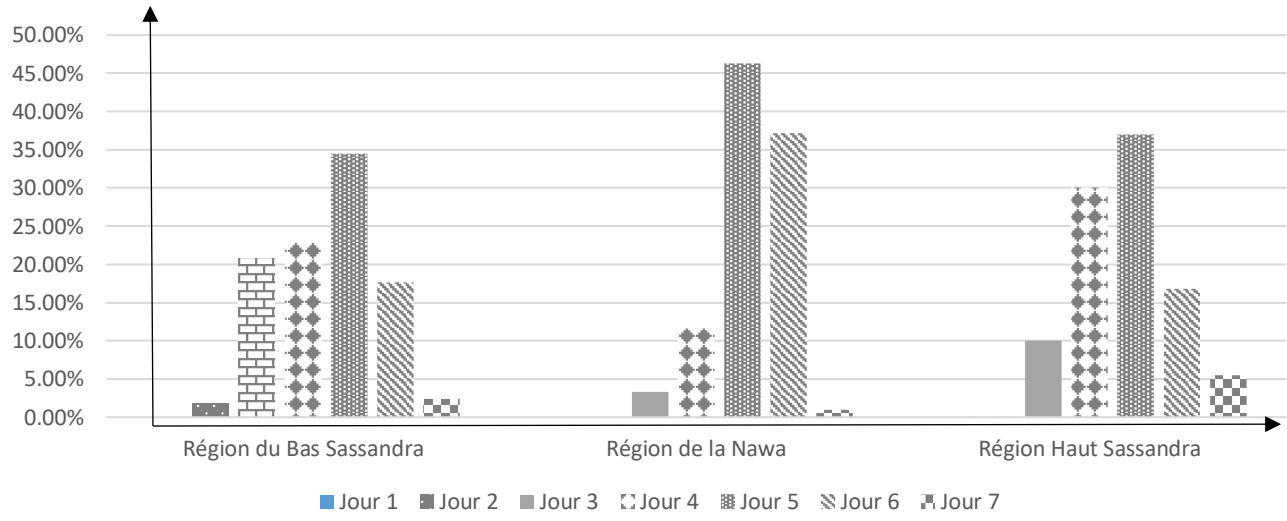


Fig. 7. Durée de fermentation des fèves en fonction des régions enquêtées

4.6 TAUX DE BRASSAGE DANS LES RÉGIONS ENQUÊTÉES

Le taux de brassage est en générale faible dans toutes les régions enquêtées. Ces taux sont respectivement de 6,3 % dans la Nawa, 5,1 % à San Pedro et 4,5 % dans le Haut Sassandra (Tableau I).

Tableau 1. Proportion des brassages des fèves en fonction des régions enquêtées

	Soubré (363)		San pedro (336)		Haut Sassandra (220)	
	Nb.ci	Freq	Nb.ci	Freq	Nb.ci	Freq
Non	340	93,7%	319	94,9%	210	95,5%
Oui	23	6,3%	17	5,1%	10	4,5%

4.7 JUSTIFICATION DE L'UTILISATION DES SUPPORTS DE FERMENTATION

L'utilisation de nouvelles technologiques se justifie par plusieurs raisons dont le vol avec une moyenne générale de (21,97 ± 12,38), le manque de feuilles de bananier (31,87 ± 12,95) bonne fermentation (7,63 ± 6,64), insuffisance de feuille de bananier (13,60 ± 8,68), transport vers le village (12 ± 1,70), recommandé (7,60 ± 3,56), jus de cacao (1,13 ± 1,96), Grande quantité des fèves de cacao (44,43 ± 4,06). L'analyse des données a une différence significative entre les différences régions enquêtées (P= 0,00< 0,05). Cependant il est nécessaire de signifier que les raisons valables de l'utilisation de nouvelles pratiques de fermentation sont fonction des localités enquêtées. Les résultats reportés dans chaque ville sont présentés dans **le tableau II**

Tableau 2. Justification de l'utilisation des nouvelles technologies en fonction des région enquêtées

	Haut Sassandra	Nawa	San pedro
Vol	35,8%	18,2%	11,9%
Manque de feuilles de bananier	27,6%	52,4%	33,4%
Bonne fermentation	14,7%	1,5%	6,7%
Insuffisance de feuilles de bananiers	16%	4%	20,8%
Transport vers le village	10,6%	11,5%	13,9%
Recommandé	6,8%	11,5%	4,5%
Jus	3,4%	0%	0%
Grande quantité des fèves	3,1%	1,2%	9%

L'analyse de variance multidimensionnelles a été effectuée sur l'ensembles des paramètres étudiés et ont donnés des résultats représentés dans la figure 8. L'analyse a dévoilé qu'il existe une différence significative (P<0,05) entre les différentes motivations sur l'usage de nouvelles pratiques de fermentations. Une analyse à (ACP) a été effectuée. La représentation des différentes motivations d'utilisation des nouveaux supports de fermentation dans un espace bidimensionnel est montrée sur la Figure 8. Celle-ci permet de visualiser les différences entre leurs avis sur ces nouvelles pratiques poste récoltes. Dans un plan factoriel (F1-F2). Il ressort de cette analyse que 84,4% des motivations sont expliqués par les deux premières composantes, dont 47,50% par l'axe 1 et 36,90% par l'axe 2. Ces résultats donnent trois grands groupes de producteurs en fonction de leurs motivations de pratique poste récolte (la fermentation). Un premier groupe de producteurs utilisant les bâches plastiques et les bâches en polypropylène qui se justifie par le transport des fèves au village et le manque de feuilles de bananier; un deuxième groupe qui utilise les sacs et qui justifient par les cas de vol, absence de feuilles de bananier et de la quantité des fèves de cacao et le troisième groupe qui utilisent les feuilles de bananier et qui justifie la un bon rendement après séchage et surtout par sa recommandation par l'Etat.

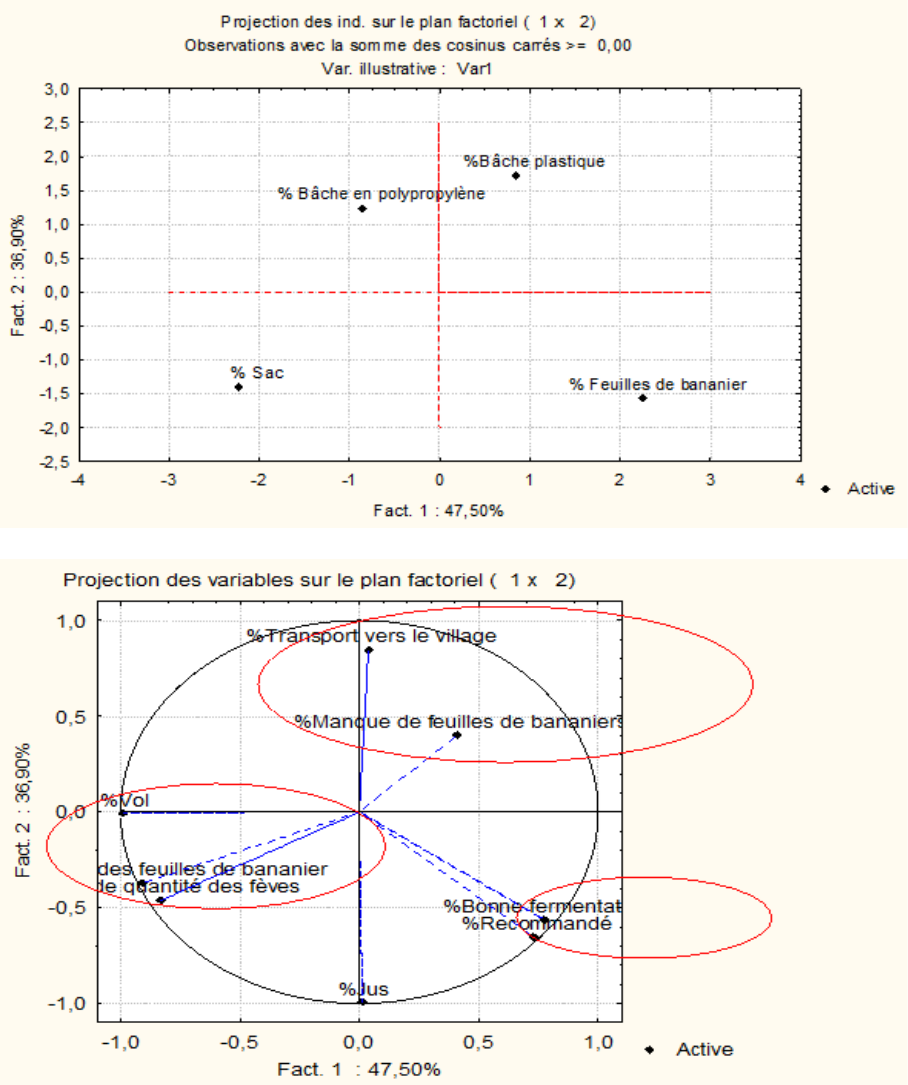


Fig. 8. Analyse à (ACP) de l'utilisation des nouvelles techniques de fermentation des fèves de cacao

5 DISCUSSION

Les résultats de l'enquête ont montré que la cacao culture est en majorité dévoué aux hommes avec une proportion de 91,73% quel que soit la zone de production enquêtée. Pour chacun des zones enquêtée la proportion des hommes tous comme chez les femmes n'est pas significative. La proportion des hommes par rapport à celles des femmes pourrais s'expliquer par le fait que ce travail difficile a réalisé donc demande plus d'effort physique et de courage. En effet les femmes dans les campagnes ont pour la plupart le rôle de ménagère et constituent une aide indispensable aux côté de leurs maris dans la réalisation du champ de cacao. Ces résultats confirment celle de Yao qui stipule que, les femmes courageuses, capables de défricher une forêt dense jusqu'à la mettre en valeur sont rares [9].

Dans les trois régions investiguées, les nouvelles technologies de fermentation recueillis auprès des producteurs se résument aux sacs (les sacs en polypropylènes et sacs jutes), les bâches en polypropylènes les cabosses de cacao et aux feuilles de palmier en plus des feuilles de bananiers de et des bâches en polypropylène. Dans toutes les localités enquêtées, la proportion d'utilisation des bâches plastiques étaient supérieurs aux autres supports avec 51,36 ± 3,68%, 32,96 ± 11,35 % sacs (sacs en polypropylène, sacs en jute), 2,5 ± 2,2% pour les bâches en polypropylène) en plus des feuilles de bananier (25,03 ± 10,9%), et 0 ±0% pour les caisses en bois. La faible utilisation des caisses en bois pourrait s'expliquer par la difficulté de la confection et qui sont parfois endommagées par les termites lorsque les conditions de conservation ne sont pas appropriées [9]. Aussi, la fermentation en caisse, technique actuelle proposée par les structures de recherche, semble ne pas être adoptée par les producteurs qui ont eu pour habitude de pratiquer la fermentation traditionnelle [10]

Le temps de fermentation des fèves dans les trois régions enquêtées est variable et est fonction de la période de récolte. De façon général le temps de fermentation (T≤ 4 = 33,46 ± 16,31% et une moyenne de temps de fermentation T [5 à 7] jours est de 66,87 ± 15,95%.

Le temps de fermentation pendant la saison sèche est plus long que les saisons pluvieuses dans les trois zones enquêtées. Ce qui pourrait s'expliquer d'une, part par le processus de la fermentation qui est sous l'influence des microorganismes. En effet l'humidité favorise la croissance rapide microorganismes fermentaires qui accélère la fermentation. D'autre part, pendant la saison des pluies, le temps de séchage devient long et les fèves ont la possibilité de poursuivre la fermentation. Cependant, pendant la saison sèche les temps de séchage sont courte d'où les fèves n'ont plus le temps de poursuive efficacement la fermentation.

Le brassage du cacao en fermentation est nécessaire dans le processus de fermentation. En effet, cette opération permet d'homogénéiser la fermentation afin d'éviter les fèves ardoisées ou les fèves sur fermentées comme le soutiennent [11]. Cependant le brassage des fèves lors de la fermentation est très peut pratiquer sur l'ensemble des trois régions enquêtées. Dans toute les régions enquêtées la proportion de brassage étaient très faible. Soit 6,3% (Nawa), 5,1% (San Pedro) et 4,5% (Haut Sassandra). Cette faible proportion se justifie par le manque d'information sur la nécessité de faire le brassage lors de la fermentation. Ce qui traduit le peu d'importance qu'ils accordent à cette activité. Soit par ignorance des avantages que représente le brassage dans l'homogénéité des fèves et de leur qualité à la fin de l'opération [12]. Les études de [13] *Kouakou* et collaborateurs ont montrés également dans leurs enquêtes en 2018 que 70% des producteurs ne brassent pas les fèves au cours de la fermentation.

Plusieurs raisons qui traduisent l'utilisation de ces nouvelles technologies ont été énumérés par les producteurs lors de l'entretien. En effet les différentes rencontres avec les chefs de village et les producteurs ont permis de recueillir des raisons qui ont motivées à l'utilisation de nouvelles méthodes de fermentation. Durant tous nos entretient avec les producteurs enquêtés, ils ont tous reconnu l'intérêt de l'utilisation des feuilles de bananier comme étant le meilleur support de fermentation. Cependant l'utilisation d'autres supports de fermentation est dû aux limites que celles-ci ont atteintes même si l'on reconnaissait les biens faits de la fermentation dans les feuilles bananières. Le cacaoyer est cultivé en association avec les bananiers pour qu'ils bénéficient de leur ombrage pour les et trois (3) premières années de cultures. Par conséquent, les feuilles de bananier sont facilement disponibles et sont utilisées pour la fermentation [14]. Cependant, les résultats obtenus par les enquêtes ont révélé que les terres étaient vieillissantes donc ne permettent plus le bon développement des bananiers dans les plantations de cacaoyer, l'ombrage des cacaoyers après plus de 5 ans en association avec les cacaoyers causent la disparition des bananiers dans le champ. Dans la région de San Pedro en particulier, certains producteurs ont plutôt évoqué l'état d'acidité du sol provoqué par l'influence de l'océan Atlantique qui impacte la sous-région. Des cas de vol sur les sites de fermentation qui sont de plus en plus fréquents dans leurs zones de production les ont obligés à utiliser d'autre moyens pour la fermentation des fèves. De plus la concurrence entre les coopératives à avoir à leurs porter plusieurs producteurs a permet la mise à disposition de leur véhicule pour le transport des fèves vers le village dans des sacs qui sont garder durant six (6 jours) le temps que les fèves soient fermentées avant le séchage. L'utilisation des bâches en propylènes est très souvent liée à la grande quantité des fèves de cacao à fermenter.

Pour le producteur, l'utilisation des cabosses de cacao comme support de fermention est circonstancielle car cette technique de fermentation dans les cabosses est réalisée lorsque au cours du ramassage, ils oublient des tas. Ces cabosses sont donc fractionnées par des gourdins et les fèves sont conservées à l'intérieur pendant 3 à 4 jours et sont séchées à part. A la fin du séchage ces fèves sont mélangées et vendues au même titre que les autres.

6 CONCLUSION

Il ressort de cette étude menée auprès des producteurs dans les principales zones de production de cacao en Côte d'Ivoire (la région de San Pedro, de la Nawa et du Haut Sassandra), que de nouvelles pratiques sont de plus appliquées pour la fermentation des fèves de cacao. Des pratiques se justifient par plusieurs raisons qui varient en fonction de la région enquêtée. Cependant aucune étude d'évaluation de la qualité des fèves n'a fait l'objet d'un travail scientifique. La fermentation ayant une influence significative sur la qualité marchande et les produits finis qui dérivent de ces fèves de cacao. Il sera donc indispensable d'étudier l'influence de ces nouvelles technologies de fermentation pour s'assurer de la qualité marchande, microbiologique, biochimique et organoleptique.

REFERENCES

[1] Assiri A. A., Yoro G. R., Deheuvels O., Kebe B. I., Keli Z. J., Adiko A. et Assa A. (2009). Les caractéristiques agronomiques des vergers de cacaoyer (*Theobroma cacao* L.) en Côte d'Ivoire. *Journal of Animal and Piani Sciences,* 2 (1): 55- 66.

[2] ICCO. (2019). Quarterly Bulletin of Cocoa Statistics Vol. XLV, No.3, Cocoa year 2018/19. 1p.

[3] Schwan R. F. and Wheals A. (2004). «The microbiology of cocoa fermentation and its role in chocolate quality.» *Critical Reviews in Food Science and Nutrition* 44 (4): 205-221.

[4] Lima L. J. R., Almeida M. H., Nout M. J. R. and Zwietering M. H. (2011). «*Theobroma cacao* L., »the food of the gods«: quality determinants of commercial cocoa beans, with particular reference to the impact of the fermentation.» *Critical Reviews in Food Science and Nutrition* 51 (8): 731-761.

[5] Afoakwa E. O., Paterson A., Fowler M. and Ryan A. (2008). «Flavor formation and character in cocoa and chocolate: a critical review.» *Critical Reviews in Food Science and Nutrition* 48 (9): 840-857.

[6] Beckett, S. T. (2000). The Science of Chocolate. Royal Society of Chemistry Paperbacks.
[7] Barel M. 2013. Qualité du cacao: l'impact du traitement post-récolte. Editions Quae, pp. 22-54.
[8] Guehi T. S., Dabonne S., Ban-Koffi L., Kedjebo K. D. and Irié B. Z. G. (2010a). «Effect of turning beans and fermentation method on the acidity and physical quality of raw cocoa beans.» Journal of Food Science and Technology 2 (3): 163-171.
[9] YAO K M. 2014 contribution a la prevention des risques de contamination fongique du cacao marchand: cas du polyhexamethylene guanidine hydrochloride, THESE UNIQUE DE DOCTORAT en Sciences et Technologies des Aliments P 79.
[10] Ardhana M. M. and Fleet G. H. (2003). «The microbial ecology of cocoa bean fermentations in Indonesia.» International Journal of Food Microbiology 86: 87-99.
[11] Guehi T.S., Kouadio P.B.K. et Dabonne S. (2010c). Spontaneous Cocoa Bean Heap Fermentation: Influence of the Duration and Tuming on the Quality of Raw Cocoa. *World Academy of Science, Engineering and Technology,* 70: 118-123.
[12] Sadoux FL. (1961). Etude de la fermentation et du sechage du cacao au Cameroun. Cafe Cacao The, 5 (4): 252-262.
[13] Kouakou B.J., lrie B.Z., Dick E., Nemlin G. et Bomisso L.E. (2013). Caractérisation des techniques de séchage du cacao et influence sur la qualité de fèves commercialisées. Journal of Applied Biosciences, 64: 4797- 4812.
[14] Anonyme (2009). Culture du cacaoyer. Informations du marché dans le secteur des produits de base, www.info.com

International Journal of Innovation and Applied Studies
ISSN 2028-9324 Vol. 39 No. 2 Apr. 2023, pp. 866-877
© 2023 Innovative Space of Scientific Research Journals
http://www.ijias.issr-journals.org/

Les autorités administratives indépendantes et le pouvoir réglementaire: Emergence justifiée et délégation conditionnée

[Independent administrative authorities and regulatory power: Justified emergence and conditional delegation]

Jamal Riad[1] and Abdessamad El Harchiche[2]

[1]Docteur en droit public et sciences politiques, Université Mohammed V, Rabat, Morocco

[2]Professeur de science politique et droit constitutionnel, Université Chouaib Doukkali, El Jadida, Morocco

Copyright © 2023 ISSR Journals. This is an open access article distributed under the ***Creative Commons Attribution License***, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

ABSTRACT: The object of this study concerns the definition of the independent administrative authorities, its genesis and its evolution in Morocco and within the compared systems. The study also demonstrates that some analyzes try to give a narrow definition to independent administrative authorities and only see those who dwell on administrative decisions as the only one that can be considered an independent administrative authority. While other analyzes give it a broad definition, estimating that the mere fact of issuing opinions, proposals and recommendations is enough to consider it an independent administrative authority. Finally, the study focuses on the delegation of regulatory power to independent administrative authorities as well as their participation in public decision-making.

KEYWORDS: Administration, independent administrative authority, constitutional council, regulatory power, Moroccan system, French system.

RESUME: L'objet de cette étude porte sur la définition des autorités administratives indépendantes, sa genèse et son évolution au Maroc et au sein des systèmes comparés. L'étude démontre également que certaines analyses tentent de donner une définition étroite aux autorités administratives indépendantes et ne voient que celles qui s'attardent sur les décisions administratives est la seule qui peut être considérée comme une autorité administrative indépendante. Alors que d'autres analyses lui donnent une définition large estimant que le simple fait d'émettre des avis, des propositions et des recommandations suffit de la considérer comme une autorité administrative indépendante. Enfin, l'étude se focalise sur la délégation du pouvoir réglementaire aux autorités administratives indépendantes ainsi que leur participation à la décision publique.

MOTS-CLEFS: Administration, autorité administrative indépendante, conseil constitutionnel, pouvoir réglementaire, système marocain, système français.

1 INTRODUCTION

Malgré la diversité des termes utilisés par les législateurs aussi bien arabes qu'européens pour identifier ces nouvelles personnes publiques: «agences indépendantes», « personnes publiques spécifiques», «autres personnes publiques», «autorités publiques indépendantes», «organismes indépendants de rang constitutionnel», «autorités de régulation» ou « agences de gouvernance», les spécialistes en droit public s'accordent depuis longtemps à qualifier ces instances d'« autorités administratives indépendantes» (AAI).

Alors qu'ils sont apparus aux États-Unis à la fin du XIXe siècle et au Royaume-Univers le milieu du XXe siècle, les autorités administratives indépendantes n'ont vu le jour en France qu'en1978 en vertu de la loi du 6 janvier1978 instituant la Commission nationale de l'information et des libertés (CNIL). Certains pays arabes ont connu des formes de régulation par des instances plus ou moins indépendantes lors de la première vague de libéralisation entre1970 et 1980[1], ce n'est qu'à partir des années 1990 que ce nouveau modèle de gestion anglo-saxon, sous sa forme mondialisée, a commencé à émerger dans le droit constitutionnel des pays arabes comme expression du passage de «l'État- providence» à «l'État régulateur».

Le nouveau modèle visait à offrir davantage de possibilités aux acteurs non gouvernement de s'engager dans des activités économiques et sociales. Les principes qui sont désormais inscrits dans les constitutions et la législation de nombreux pays arabes, tels que le partenariat public-privé, la société civile, la bonne gouvernance, la transparence et la libre concurrence, sont le résultat de ce changement.

Alors que la prolifération des AAI a attiré beaucoup d'attention et de recherche ces dernières années, les discussions et les analyses approfondies sur leur propagation et les cadres juridiques dans la région MENA sont encore rares. Ainsi, notre article vise à élucider l'émergence de ce type d'organes institutionnels et à déterminer leur nature juridique tout en soulevant la problématique de la délégation du pouvoir réglementaire.

Afin de bien comprendre les tenants et les aboutissants de cette problématique, une perspective comparative est mobilisée comme stratégie de recherche pour lever toute ambigüité sur la thématique et dégager les spécificités des autorités administratives indépendantes.

2 AUTORITÉS ADMINISTRATIVES INDÉPENDANTES: EMERGENCE ET NATURE JURIDIQUE

La mise en place de ce type d'organismes indépendants a coïncidé avec l'émergence de la première vague de libéralisation économique et administrative que certains pays arabes ont connue depuis le début des années 1980. En effet, les législateurs des pays du Moyen-Orient et d'Afrique du Nord se sont de plus en plus tournés vers la gouvernance réglementaire via des autorités administratives indépendantes. Alors, quels arguments justifiant l'émergence de ce mode de gouvernance publique dans ces pays, notamment au Maroc ? Et quelle est la nature juridique de ces instances ?

2.1 L'ÉMERGENCE DES AAI ET L'ESSOUFFLEMENT DE LA DÉMOCRATIE REPRÉSENTATIVE

A l'instar des autres constitutions des pays du Maghreb, la loi fondamentale marocaine, votée le 29 juillet 2011, a consacré une place importance à ces instances au sein de la texture constitutionnelle, ainsi tout un titre a été réservé à ces autorités administratives indépendantes sous l'intitulé: « Les institutions et instances de protection des droits et libertés, de la bonne gouvernance, du développement humain et durable et de la démocratie participative »[2]. En effet, cette appellation fait allusion aux arguments justifiants l'émergence de ce mode de gouvernance, pas seulement au Maroc, mais aussi ailleurs: l'essoufflement de la démocratie représentative, le renouveau du constitutionnalisme fondé sur les droits de l'homme, et la recherche de la bonne gouvernance.

S'agissant du premier argument, dans une société moderne, il est impossible de parler de l'État sans évoquer la démocratie comme les mécanismes et les modes d'organisation du pouvoir d'État. De même, l'État n'est fondé sur le droit que s'il garantit les droits individuels d'une part, et assure la formation des normes juridiques selon des méthodes démocratiques d'autre part[3].

Certes, la démocratie représentative basée sur les élections a été, pendant longtemps, considérée comme un des principes du système politique et juridique dans le cadre duquel les droits et libertés auront des conditions favorables pour leur exercice[4], cependant, la récurrence des crises politiques causées par la déconnexion progressive entre la délégation et la représentation, les dysfonctionnements des procédures électoraux entachées dans certains cas par les manœuvres, les fraudes et les divers actes d'altération et de corruption, et le manque de confiance entre l'élite gouvernante et le peuple gouverné ont accéléré l'émergence de nouvelles autorités constitutionnels dont les compétences contribueront, sans doute, à la reconstruction du lien social, à la «

[1]A. El Maslouhi, «Independent Regulatory Agencies & Administrative Governance in Arab Countries: Regional & International Perspectives», *College of law*, UAE University, 2021, p.12.

[2]La Constitution marocaine de 2011, promulguée par dahir n° 1-11 -91 du 29 juillet 2011, *BO* n° 5964 bis le 30 juillet 2011, p. 3601.

[3]H. Kelsen, *Théorie pure du droit : Introduction à la science du droit*, LGDJ, 1999, p. 162.

[4]La protection des Droits de l'Homme, *Actes du Colloque*, Varsovie, 9-15 Mai 1992, Presses Universitaires de France, Paris, 1993, p. 185.

redynamisation » des mécanismes affaiblis de la démocratie représentative, à l'élargissement des dispositifs de la démocratie participative, et à l'implication directe des citoyens dans la sphère politique et la gestion de l'affaire publique.

Soucieux de limiter et de séparer les pouvoirs, le courant constitutionnaliste de 18ème siècle s'est vu aujourd'hui fortement contesté en faveur de la nécessité d'un basculement progressive de la démocratie vers une ère «post-démocratie» ou «anti-démocratie»[5] pouvant garantir les droits des individus. En effet, le principe de la majorité est loin d'être le seul fondement pour gouverner. Ainsi, P. Rosanvallon estime que, si la première révolution a donné naissance au suffrage universel et à la représentation, la seconde révolution inaugurera d'autres formes de représentation, à savoir les cours constitutionnelles et les entités indépendantes[6]. Tel est le second argument. Concernant le troisième, force est de noter que les effets de la mondialisation ainsi que ceux des pressions économiques, sociales et environnementales, et la récurrence des chocs aussi bien endogènes qu'exogènes font que l'État soit réaménagé et que ses rôles soient revus dans le sens de dépasser les missions y afférentes initialement. Ainsi, au cours des dernières décennies, l'Etat s'est vu attribué le rôle de stratège, et de régulateur[7], de protecteur et de promoteur des droits de l'homme, et de moralisateur de la vie publique.

Au premier rang des « nouvelles missions », conséquence directe d'une telle transformation des rôles, figure la régulation comme réponse à l'insuffisance et à l'obsolescence de l'intervention traditionnelle de l'État. En effet, la mondialisation de l'économie et l'interdépendance des marchés ont porté un sérieux coup à l'efficacité voire à la légitimité de l'Etat dans le domaine économique, et en matière de radiodiffusion et de traitement numérique des données, l'impartialité de l'État est remise en cause, d'où l'impératif d'asseoir les mécanismes d'un Etat régulateur.

Dans ce sens, le recours aux instruments aussi ordinaires tels que les établissements publics et les entreprises pour gérer des secteurs sensibles en étroite relation avec les droits et les libertés fondamentaux demeure une voie inefficace et inefficiente[8]. En effet, le contrôle exercé par l'État sur ces organismes publics les empêche d'offrir les garanties nécessaires à l'exercice plein et libre des droits fondamentaux qu'exige la consolidation de la nouvelle démocratie. Ces institutions traditionnelles s'avèrent en inadéquation avec les nouveaux rôles de l'État, d'où la nécessité d'inventer une nouvelle catégorie d'institutions susceptibles de joindre la légitimité politique avec la légitimité professionnelle des experts et d'équilibrer le verdict des urnes par la voix de la sagesse, autrement dit, renforcer la prise de décision par la vertu de la délibération, la recherche du consensus et une approche participative basée sur le pluralisme[9].

Au Maroc, la maturation démocratique, dont témoignent les acteurs du Pouvoir et ayant marquée le processus de transition, a apporté, en 2011, une réponse réactive aux aspirations des citoyennes et citoyens ayant extériorisé leurs besoins aussi bien matériels qu'immatériels. En effet, les mouvements, à la fois, de contestations et de protestation sous l'appellation du printemps dit arabe, ont été le cadre d'une expression collective revendiquant la séparation des pouvoirs, la moralisation de la vie politique et la bonne gouvernance, et le dépassement du rapport société/État fondé, plus ou moins, sur un *pacte de sécurité* [10] à un nouveau pacte qu'on peut appeler *pacte de dignité*. Ce dernier exige à ce que le Pouvoir mette en place les conditions nécessaires à l'épanouissement de l'individu dans une société démocratique, et rende effective la protection de ses droits et libertés.

Dans ce sens, et devant l'importante « *mise à niveau normative et institutionnelle relative aux droits de l'homme* »[11], le Maroc poursuit ses réformes afin de faire de la protection des droits le socle et la finalité de sa doctrine du pouvoir. Cela dit, la nouvelle architecture du pouvoir s'est aménagée par l'introduction de plusieurs instances constitutionnelles indépendantes regroupées sous trois catégories. La première regroupe les instances de protection et de promotion des droits de l'homme, en l'occurrence: Le Conseil national des droits de l'Homme (CNDH), le Médiateur, le Conseil de la communauté marocaine à l'étranger et l'autorité chargée de

[5]Pierre Rosanvallon, «la démocratie au 21ème siècle », *Conférence à la Bibliothèque Nationale du Royaume du Maroc* le13/04/2015.

[6]Pierre Rosanvallon, «la démocratie au 21ème siècle », *Op. Cit.*

[7]N. Bernoussi, « Independent Constitutional Authorities in Morocco: Regulation versus Protection: The APALD Case », In A. El Maslouhi « independent Regulatory Agencies& Administrative Governance in Arab Countries: Regional & International Perspectives», *College of law*, UAE University. 2021. p. 62. Voir également *:* « Les frontières entre l'État régulateur et l'État providence deviennent encore plus floues » (Mabbett, 2011 ; Haber 2011).

[8]A titre d'exemple, en France les défaillances des institutions traditionnelles ont contribué à la création de la HALDE (Haute Autorité de Lutte contre les discriminations et pour l'Egalité) en tant qu'une autorité constitutionnelle indépendante.

[9] N. Bernoussi. *Op. Cit.* p. 62.

[10]Ce pacte est basé en partie sur l'abandon de revendications politiques en échange d'une relative sécurité de l'emploi et de subventions aux denrées de première nécessité. H. Béatrice, *La Force de l'Obéissance*, Paris, La Découverte, 2006.

[11]N. Bernoussi, A. El Maslouhi, « Les chantiers de la bonne justice : Contraintes et renouveau de la politique judiciaire au Maroc », *Revue française de droit constitutionnel*, 2012/3 (n° 91), p. 496. www.cairn-int.info Site consulté en janvier 2022.

la parité et de la lutte contre toutes formes de discrimination. La deuxième concerne les instances de bonne gouvernance et de régulation, à savoir, la Haute autorité de la communication audiovisuelle (HACA), le Conseil de la concurrence et l'Instance nationale de probité et de lutte contre la corruption (INPC). Tandis que la troisième est constituée des instances de promotion du développement humain et durable et de la démocratie participative qui sont: Le Conseil supérieur de l'éducation, de la formation et de la recherche scientifique (CSESFRS), le Conseil consultatif de la famille et de l'enfance, et le Conseil de la jeunesse et de l'action associative.

Bien que le titre 12 de la constitution marocaine regroupe ces trois catégories, d'autres instances sont citées séparément dans diverses dispositions, notamment le Conseil économique, social et environnemental (article 152).

Somme toute, et en reprenant les mots de Th. Jefferson cités dans sa lettre du 12 juillet1816 adressée à Samuel Kercheval sur la « Réforme de la Constitution de la Virginie», par lesquelles, il affirme que « les lois et les institutions doivent aller de pair avec le progrès de l'esprit humain. Au fur et à mesure que celui-ci se développe, s'éclaircit, au fur et à mesure que de nouvelles découvertes sont faites, de nouvelles vérités dévoilées, et que les mœurs et les opinions changent en raison du changement des circonstances, les institutions doivent aussi avancer et se mettre à jour *»,* on peut dire que les autorités administratives indépendantes instituées par la texture constitutionnelle de 2011 ne sont que le résultat d'un changement sociétal du Maroc. Elles sont alors considérées comme les outils les plus efficaces pour réguler les secteurs publics et rationaliser la gestion des services publics pour accomplir les missions de protection des droits et la réalisation de développement. A ce titre, ils sont vus comme des instruments institutionnels capables de jouer un rôle d'intermédiation et d'équilibre entre les administrations publiques, les opérateurs économiques, les organisations de la société civile et les citoyens. On se demande, alors, quelle est leur nature juridique ?

2.2 LA NATURE JURIDIQUE ET LES MISSIONS DES AAI

Depuis l'apparition des premières AAI sur la scène constitutionnelle, les chercheurs ont discuté la nature juridique de ces entités et leurs caractéristiques. Sans examiner ce débat en détail dans cet essai, il est possible de dire qu'un point de vue académique identifiait les principaux éléments constituant leurs caractéristiques.

Ainsi, à partir de l'appellation de ces institutions (autorités administratives indépendantes), le principal critère identifiant ces autorités tient à leur indépendance, et le trait marquant leur nature tient à ce qu'elles sont administratives. En effet, l'indépendance de l'autorité implique d'abord l'absence de toute tutelle ou pouvoir hiérarchique à son égard de la part du pouvoir exécutif. Une AAI ne reçoit ni ordre, ni instruction du Gouvernement[12]. En outre, la nature administrative des AAI signifie que, si celles-ci ne sont pas soumises à un pouvoir hiérarchique ministériel, elles agissent cependant au nom de l'Etat et engagent sa responsabilité. Le mode de désignation de nombreux membres de ces autorités, qui fait appel aux autorités politiques (président de la République, présidents des assemblées, Premier ministre, ministres) et aux plus hautes autorités juridictionnelles, contribue également à leur donner un caractère administratif[13].

Au Maroc, eu égard à leurs attributions qu'on développera au-dessous, le qualificatif *indépendant* est confié en termes généraux à toutes les entités concernées même si la constitution n'est pas aussi limpide que l'on souhaiterait. A cet égard l'article159 dispose que «Les instances en charge de la bonne gouvernance sont indépendantes ». Ainsi, cette mention ne couvre que la Haute autorité de la communication audiovisuelle, le Conseil de la Concurrence et l'instance nationale de probité et de lutte contre la corruption qui sont incorporés dans le sous-titre « Les instances de bonne gouvernance et de régulation ». Pour les autres autorités administratives indépendantes, les lois les instituant mentionnent dans des cas ledit adjectif qualificatif[14,] et se contente, dans d'autres cas, de préciser que l'instance est dotée de personnalité morale et de l'autonomie financière[15]. A notre sens, la Constitution aurait pu simplement prévoir que «Toutes les institutions et instances visées aux articles 161 à 170 de la présente Constitution sont indépendantes». Certes, en France, également, la constitution ne cite pas ce qualificatif, cependant, le Conseil constitutionnel s'est prononcé en faveur de

[12]*Le Conseil d'Etat retient cette exigence même en l'absence de texte. Il a ainsi jugé que le gouvernement ne pouvait légalement mettre fin avant terme au fonctionnement du président d'une AAI en raison de son accession à la limite d'âge dans son corps d'origine ; arrêt Ordonne au du 7 juillet 1989.*

[13]*Le Conseil d'Etat a ainsi jugé que le Médiateur de la République était une autorité administrative « notamment à raison de son mode de nomination » ; arrêt Retail du 10 juillet 1981.*

[14]Le cas de l'article 1 de la loi n° 79.14 relative à l'autorité autorité chargée de la parité et de la lutte contre toutes formes de discrimination. *BO* n° 6644 du 1 Février 2018.

[15]Le cas de l'article 1 de la loi n° 78.14 relative au Conseil consultatif de la famille et de l'enfance. *BO* n° 6498 du 1 Septembre 2016.

l'indépendance de l'Autorité de l'audiovisuel, comme condition préalable à la protection du pluralisme[16]. La décision du Conseil constitutionnel marocain, en date du 30 janvier 2014[17]affirme également cette vision qui fait de ces autorités administratives des entités indépendantes même si la constitution ne le reconnait expressément. Par ladite décision, le juge constitutionnel aboutit à ce que le paragraphe 1 de l'article 29 de la loi organique 128.12 relative au Conseil économique, social et environnemental disposant que la nomination du secrétaire général dudit conseil se fait par décret du chef de gouvernement est contraire à la constitution puisque le Conseil économique, social et environnemental jouit de l'indépendance même si la constitution ne le dispose pas expressément.

Ainsi, pour le juge constitutionnel, réserver tout un chapitre spécial pour ce conseil, qui est le chapitre onze, et confier la détermination des règles de sa composition, son organisation, ses attributions et ses modalités de fonctionnement à une loi organique, et disposer que le gouvernement, la Chambre des Représentants et celle des Conseillers peuvent le consulter sur toutes les questions à caractère économique, social et environnemental, et qu'il peut donner son avis sur les orientations générales de l'économie nationale et du développement durable conformément aux dispositions des chapitres 151 et 152 de la Constitution, font de ce Conseil une institution indépendante institutionnellement et jouit de l'indépendance administrative et financière qui en découle, soit une institution qui n'est soumise ni à l'autorité présidentielle du gouvernement ni à sa tutelle[18]. Dans le même sens, pour la Cour suprême de justice (CSJ) du Mexique, l'indépendance est le caractère principal de ces autorités. Elles doivent être dotées des garanties d'action et d'indépendance dans leurs structures organisationnelles pour atteindre les objectifs pour lesquels elles ont été créées, soit pouvoir remplir une fonction de l'État qui, en raison de sa spécialisation et de son importance sociale, exige) ce que ces structures administratives bénéficient d'une autonomie par rapport aux « branches classiques » du gouvernement[19]. En effet, la création de tels organes ne modifie ni détruit la théorie traditionnelle de la séparation des pouvoirs, car le fait que ces organes soient autonomes et indépendants des pouvoirs classiques ne signifie pas qu'ils ne font pas partie de l'État, leurs missions principales consistent à répondre aux besoins pertinents de l'État et de la société en général en collaboration avec les autres administrations.

En définitive, le recours à des autorités administratives indépendantes pour que les droits des citoyens soient protégés peut être expliqué comme une méfiance à l'égard des élus et le système judiciaire en place. En ce qui concerne la régulation économique, elle peut traduire aussi l'incapacité des élus à gérer certaines activités avec neutralité et compétence c'est à dire la technocratie peut servir la démocratie en faisant appel à l'expertise dans la gestion des affaires économiques d'une part et de la neutralité et de l'efficacité dans la protection des droits et libertés des citoyens d'autre part[20].

Il importe de reconnaître qu'en dépit des critiques adressées à ces instances, leur indépendance ne signifie absolument pas l'absence de contrôle ou de reddition des comptes, en ce qui concerne l'accomplissement de leur mission ainsi que la gestion de leur budget. À cet égard, il se peut que certaines décisions de ces instances donnent lieu à des contentieux devant les juridictions mais plusieurs voies de recours sont possibles. L'article 44 de la loi n° 104-12 relative à la liberté des prix et de la concurrence mentionne que « Les recours contre les décisions prises par le conseil de la concurrence en application des dispositions du cinquième alinéa de l'article 15[21] […] devant la chambre administrative de la Cour de cassation [...]. Les recours contre les autres décisions du conseil de la concurrence sont portés devant la Cour d'appel de Rabat»[22]. Somme toute, les principaux éléments identifiant ces autorités administratives peuvent être cités de la manière suivante:

[16]G. Eckert, J-P. Kovar, «L'indépendance des autorités de régulation économique et financière : une approche comparée *», Revue française d'administration publique* 2012/3 (n° 143), p. 286.

[17]Décision n° 932/2014du 30 janvier 2014.

[18]*Idem.*

[19]SCJ, Semanario Judicial de la Federación y su Gaceta (Ninth Epoch, Plenary session, Tomo XXV, 2007) 1647. ./J.20/2007. José M. Serna, « The Constitutional and legal configuration of IRAs in Mexico: the case of the Autonomous Constitutional Agencies ». In «Independent Regulatory Agencies & Administrative Governance in Arab Countries: Regional & International Perspectives», edited by A. El Maslouhi, *College of law*, UAE University. 2021. p.36.

[20]Autorités de régulation : quel rôle ? https://www.challenge.ma/autorites-de-regulation-quel-role-50894/ Site consulté en février 2022.

[21]L'article 14 relative à la liberté des prix et de la concurrence dispose que « *Le conseil de la concurrence se prononce sur l'opération de concentration dans un délai de soixante (60) jours à compter de la date de réception de la notification complète. Les parties à l'opération peuvent s'engager à prendre des mesures visant notamment à remédier, le cas échéant, aux effets anticoncurrentiels de l'opération soit à l'occasion de la notification de cette opération, soit à tout moment avant l'expiration du délai de soixante (60) jours à compter de la date de réception de la notification complète, tant que la décision prévue au premier alinéa ci-dessus n'est pas intervenue*».

[22]*Idem.*

- Les autorités administratives indépendantes sont créées par le pouvoir constituant. Ainsi, ces instances sont citées dans le corpus de la constitution. Cependant, ce pouvoir peut autoriser la loi à les créer si la nécessité l'oblige[23]
- Elles remplissent les fonctions pertinentes de l'État. Plus précisément, il est entendu qu'elles ont été créées pour remplir une fonction technique qui devrait être maintenue loin de la politique des partis politiques. Les AAI disposent d'un domaine de compétences défini directement par la Constitution qui ne peut être modifié par le législateur
- La loi prévoit des règles relatives à la composition, à l'organisation, aux attributions et au fonctionnement de ces institutions, et dans des cas la Constitution exige une majorité pour la désignation des personnes qui dirigent ces agences
- Le parlement a le devoir d'adopter les textes législatifs et les autorisations budgétaires nécessaires aux organes constitutionnels autonomes pour accomplir leurs tâches et responsabilités. Elles disposent d'un degré important d'autonomie financière dans la gestion de leur budget
- Elles ne sont subordonnées à aucun des trois pouvoirs traditionnels (l'exécutif, le législateur et le judiciaire), en outre, elles bénéficient de l'appui des organes de l'État

Arrivant à ce stade, on se demande comment ces instances administratives remplissent leurs missions, et quelle relation peut-on déduire entre le pouvoir exécutif jouissant de la compétence exclusive en matière réglementaire et ces autorités administrative qui exercent également une partie du pouvoir réglementaire. Autrement dit, peut-on aboutir à une délégation du pouvoir réglementaire ? Et sous quelles conditions ?

3 LA DÉLÉGATION DU POUVOIR RÉGLEMENTAIRE: UNE TÂCHE CONDITIONNÉE

Le législateur marocain accorde aux Autorités administratives indépendantes des moyens spécifiques afin de participer à la prise de décision administrative. Mais ces autorités ne peuvent pas mener leur travail adéquatement si ces moyens font défaut.

3.1 LA PARTICIPATION DES AAI À LA PRISE DE DÉCISION PUBLIQUE

Parmi les moyens dont dispose les autorités administratives indépendantes est d'effectuer des investigations et des enquêtes. Par exemple, l'article 167 de la constitution marocaine dispose que l'Instance nationale de probité, de la prévention et de lutte contre la corruption se donne pour objectif de « coordonner, de superviser et d'assurer le suivi de la mise en œuvre des politiques de préventions et de lutte contre la corruption, de recueillir et de diffuser les informations dans ce domaine, de contribuer à la moralisation de la vie publique et de consolider les principes de bonne gouvernance, la culture du service public et les valeurs de citoyenneté responsable»[24].

Dans ce sens, il se peut que certaines administrations refusent de rendre disponible certains documents du fait de l'obligation du secret professionnel. La loi relative au droit d'accès à l'information mentionne dans l'article 19 que « si le demandeur d'information n'a pas reçu de réponse à sa demande ou si il a reçu une réponse négative, il a le droit de déposer une plainte auprès du président de l'Institution»[25]. Toutefois, en France, certains textes législatifs octroient des pouvoirs considérables aux autorités administratives pour effectuer des enquêtes et se faire communiquer des documents, quel qu'en soit le support, mais cela a suscité des réticences, pace qu'il se peut que le travail mené par ces instances soit contraire aux dispositions de l'article 66 de la constitution française qui dispose que « *l'autorité judiciaire est gardienne de la liberté individuelle»*[26].

Dans cette optique, le Conseil constitutionnel en France a démontré dans une décision n° 87-240 DC du 19 janvier 1988 relative à la Commission des opérations de Bourse (COB) que le législateur, sans crier gare, a changé la loi N° 67-833 du 28 septembre 1967 pour que la Commission des Opérations de Bourse puisse être en mesure de « charger des agents habilités de procéder à des enquêtes et peuvent se faire communiquer tous documents, quel qu'en soit le support, et en obtenir la copie. Ils peuvent accéder à tous locaux à usage professionnel ».[27] Cependant, le Conseil constitutionnel a tranché ce litige en affirmant que la loi permet

[23]A titre d'exemple, l'article 159 de la constitution marocaine de 2011 dispose que : « […]. La loi pourra, si nécessaire, créer d'autres instances de régulation et de bonne gouvernance».

[24]Article 167 de la constitution marocaine de 2011.*Op. Cit.*

[25]Dahir n° 1-18-15 du 5 Joumada II 1439 (22 fevrier 2018) portant sur promulgation de la loi n° 31.13 relative au droit d'accès à l'information. *BO* n° 6670 du 03 Mai 2018, p. 1142

[26]La Constitution française du 04 Octobre 1958, *JORF* du 7 Octobre 1958, p. 9151et *sq*.

[27]Décision n° 87-240 DC du 19 janvier 1988. Loi sur les bourses de valeurs.
https://www.conseil-constitutionnel.fr/decision/1988/87240DC.htm (Site consulté en décembre 2022)

uniquement et principalement aux agents habilités de recueillir des informations utiles à l'exercice de leur mission et ne doivent pas procéder à une perquisition, une saisie, ou à effectuer un acte de contrainte matérielle[28].

Les Autorités Administratives Indépendantes, pour accéder à l'information, ne procèdent pas uniquement à se faire communiquer des documents, mais elles disposent d'autres modes d'action. Il s'agit des enquêtes et des investigations dans les lieux de travail. La loi n° 20-13 relative au Conseil de concurrence déclare que « le conseil dispose de services d'instruction et d'enquête dirigés par un rapporteur général assisté de rapporteurs généraux adjoints. Ces services procèdent aux enquêtes et investigations nécessaires à l'application des dispositions de la loi sur la liberté des prix et de la concurrence concernant les pratiques anticoncurrentielles et le contrôle des opérations de concentration économique dans les conditions relatives aux investigations prévue par ladite loi»[29].

Il est à souligner que les enquêtes et les investigations se concrétisent par la convocation des fonctionnaires et des agents publics et la visite des lieux. Ainsi, le Médiateur procède à toute médiation et conciliation en vue de parvenir à des solutions équitables entre les parties, permettant de remédier au préjudice subi par le requérant du fait de l'administration. L'article 26 de la loi n° 14-16 relative à l'Institution du Médiateur met en avant que « Le Médiateur peut, soumettre aux parties toutes les propositions qu'il juge appropriées en vue d'aboutir à des solutions équitables et équilibrées au différend dont il est saisi. Les solutions retenues d'un commun accord suite aux démarches de médiation et de conciliation entreprises par le Médiateur, sont consignées dans un procès-verbal officiel signé par les parties. Une copie en est délivrée à chacune d'elles»[30].

Dans la même perspective, la loi n° 76-15 relative à l'réorganisation du Conseil national des droits de l'homme permet à ce Conseil de mener des enquêtes et des investigations dans les lieux de travail. Selon l'article 11 de cette loi, le Conseil effectue, dans le cadre de l'exercice de ses missions des visites aux lieux de détention et aux établissements pénitentiaires en vue de surveiller les conditions des détenus. Il est à mentionner que les autorités en charge de l'administration des lieux ne doivent pas s'opposer aux visites que s'ils concernent la défense nationale ou la sécurité publique ou des cas de catastrophes naturelles ou de troubles graves dans les lieux à visiter. Les autorités se voient dans l'obligation de motiver la décision prise en présentant, par écrit, au président du Conseil les motifs de leur opposition. Enfin, une fois la situation est rétablie, les autorités en charge doivent informer le président du Conseil afin d'y rendre visite[31].

Il se déduit que les autorités administratives indépendantes peuvent mener des enquêtes et des investigations. Mais ces moyens dont elles disposent ne peuvent pas donner des résultats escomptés si elles ne participent à la prise de décisions. Ainsi, les autorités administratives indépendantes sont sollicitées à émettre des avis consultatifs ou de proposer des recommandations.

La loi n° 113-12 relative à l'instance nationale de la probité, de la prévention et de la lutte contre la corruption annonce dans son article 3 que l'instance « présente au gouvernement toute proposition ou recommandation concernant la simplification des procédures et des démarches administratives en vue de la prévention et la lutte contre la corruption »[32]. Et en vertu de la loi n° 79-14 relative à l'Autorité pour la parité et la lutte contre toutes formes de discrimination l'article 2 affirme que « l'Autorité exerce les attributions suivantes: Donner son avis, à son initiative ou à la demande du Roi ou du gouvernement ou de l'une des deux Chambres du parlement, selon le cas, sur les projets et propositions de loi et sur les projets de textes réglementaires»[33].

A cela il faut ajouter que les Autorités Administratives Indépendantes émettent des recommandations ou des propositions. La loi n° 11-15 portant réorganisation de la Haute autorité de la communication audiovisuelle avance dans l'article 5 que la Haute autorité de la communication audiovisuelle est en mesure d'effectuer toute proposition ou recommandation au gouvernement inhérentes aux modifications de nature législative ou réglementaire qui sont nécessaires que les technologique, économique, sociale et culturelle des activités du secteur de la communication audiovisuelle se développent[34].

---

[28]*Idem*.

[29]Dahir n° 1-14-117 du 2 du Ramadan 1435 portant promulgation de la loi n° 20-13 relative au Conseil de concurrence. *BO* 6280 n° du 07 Août 2014, p. 3746.

[30]Dahir n° 1-19-43 du 4 Rejeb 1440 (11 mars 2019) portant promulgation de la loi n° 14-16 relative à l'Institution du Médiateur. *BO* n° 6840 du 19 Décembre 2019, p. 2503.

[31]Le Dahir n° 1-18-17 di 5 Joumada II1439 (22 février 2018) portant promulgation de la loi n° 76-15 relative à la réorganisation du Conseil national des droits de l'Homme a été publié au *Bulletin officiel* n° 6662 du 05 Août 2018, p. 684.

[32]La loi n° 113.12 relative à l'instance nationale de la probité, de la prévention et de la lutte contre la corruption. *BO* n° 6388 du 20 Août 2015, p. 3357.

[33]La loi n° 79-14 relative à l'Autorité pour la parité et la lutte contre toutes formes de discriminations.

[34]La loi n° 11-15 portant réorganisation de la Haute autorité de la communication audiovisuelle. *BO* n° 6522 du 1 Décembre 2016, p. 1877.

De plus, la loi n° 105-12 relative au Conseil Supérieur de l'Education, de la Formation et de la Recherche Scientifique, telle qu'adoptée par la Chambre des représentants et la Chambre des conseillers. Parmi ses attributions selon l'article 2 du Conseil Supérieur de l'Education, de la Formation et de la Recherche Scientifique est de donner son avis sur des questions dont il est saisi par le gouvernement lié aux secteurs de l'éducation, de la formation et de la recherche scientifique[35].

D'ailleurs, la loi n° 89-15 relative au Conseil consultatif de la jeunesse et de l'action associative met en avant dans l'article 2 que parmi les attributions et les missions du Conseil est de « donner son avis, à la demande du gouvernement, sur toutes questions, projets de textes législatifs et réglementaires et programmes, intéressant la jeunesse et l'action associative »[36].

Ensuite, la loi n° 78-14 relative au Conseil consultatif de la famille et de l'enfance mentionne dans l'article 2 que le Conseil se donner pour but de « donner son avis à la demande du gouvernement ou l'une des deux chambres, selon les cas, sur les projets et propositions de lois et sur les projets de textes réglementaires, ainsi que les conventions et les pactes internationaux relevant de son domaine de compétence »[37].

De surcroit, la loi n° 113-12 relative à l'Instance nationale de la probité, de la prévention et de la lutte contre la corruption avance dans son article 11 que « émettre des avis sur les projets des textes législatifs et réglementaires relatifs au domaine de compétence de l'instance »[38]. Enfin, le Conseil de concurrence dans l'article 7 de la loi n° 20-13 relative au conseil de concurrence est « obligatoirement consulté par le gouvernement sur les projets de textes législatifs ou réglementaire instituant un régime nouveau ou modifiant un régime en vigueur »[39].

3.2 LE POUVOIR DES AUTORITÉS ADMINISTRATIVES INDÉPENDANTES

L'article 90 de la constitution marocaine déclare que « Le Chef du gouvernement exerce le pouvoir réglementaire et peut déléguer certains de ses pouvoirs aux ministres », et l'article 21 de la constitution française de 1958 met en avant que « Le Premier ministre dirige l'action du Gouvernement. Il est responsable de la défense nationale. Il assure l'exécution des lois. Sous réserve des dispositions de l'article 13, il exerce le pouvoir réglementaire». La question qui se pose avec une acuité spéciale est-ce que le pouvoir réglementaire peut être délégué ?

Dans une Décision du Conseil constitutionnel français n° 86-217 DC 18 septembre 1986 relative à la liberté de communication, le juge constitutionnel démontre que « les deux premiers alinéas de l'article 21 de la Constitution sont ainsi conçus: « Le Premier ministre dirige l'action du Gouvernement. Il est responsable de la Défense Nationale. Il assure l'exécution des lois. Sous réserve des dispositions de l'article 13, il exerce le pouvoir réglementaire»[40]. Le juge constitutionnel ajoute que « ces dispositions confèrent au Premier ministre, sous réserve des pouvoirs reconnus au Président de la République, l'exercice du pouvoir réglementaire à l'échelon national; qu'elles ne font cependant pas obstacle à ce que le législateur confie à une autorité de l'État autre que le Premier ministre, le soin de fixer, dans un domaine déterminé et dans le cadre défini par les lois et règlements, des normes permettant de mettre en œuvre une loi »[41].

Dans autre une Décision n° 88-248 DC du 17 janvier 1989. Le Conseil constitutionnel a mis en évidence que « Considérant que ces dispositions confèrent au Premier ministre, sous réserve des pouvoirs reconnus au Président de la République, l'exercice du pouvoir réglementaire à l'échelon national; que si elles ne font pas obstacle à ce que le législateur confie à une autorité de l'État autre que le Premier ministre le soin de fixer des normes permettant de mettre en œuvre une loi, c'est à la condition que cette habilitation ne concerne que des mesures de portée limitée tant par leur champ d'application que par leur contenu »[42].

[35]La loi n° 105.12 relative au Conseil Supérieur de l'Education, de la Formation et de la Recherche Scientifique. *BO* n° 6284 du 21 Août 2014, p. 3872.
[36]La loi n° 89-15 relative au Conseil consultatif de la jeunesse et de l'action associative. *BO* n° 6640 du 18 Janvier 2018. P 19.
[37]La loi n° 78-14 relative au Conseil consultatif de la famille et de l'enfance. *Op. Cit.*
[38]La loi n° 113-12 relative à l'instance nationale de la probité, de la prévention et de la lutte contre la corruption, *op. Cit*., p. 23.
[39]Dahir n° 1-14-117 du 2 du Ramadan 1435 portant promulgation de la loi n° 20-13 relative au conseil de concurrence. *Op. Cit.*
[40]Décision 86-217 DC-18 septembre 1986 - Loi relative à la liberté de communication-Non-conformité partielle. https://www.conseil-constitutionnel.fr/decision/1986/86217DC.htm Site en novembre 2022.
[41]Décision 86-217 D -18 septembre 1986-Loi relative à la liberté de communication - Non-conformité partielle. https://www.conseil-constitutionnel.fr/decision/1986/86217DC.htm Site consulté en décembre 2022.
[42]Décision n° 88-248 DC du 17 janvier 1989 - Loi modifiant la loi n° 86-1067 du 30 septembre 1986 relative à la liberté de communication. https://www.conseil-constitutionnel.fr/decision/1989/88248DC.htm Site consulté en décembre 2022.

Toutefois, le Conseil constitutionnel considère que les dispositions de l'article 27 du Conseil supérieur de l'audiovisuel ne sont pas conformes aux dispositions de l'article 21 de la constitution pour les motifs suivants: « la loi habilite le Conseil supérieur de l'audiovisuel à fixer seul par voie réglementaire non seulement les règles déontologiques concernant la publicité mais également l'ensemble des règles relatives à la communication institutionnelle, au parrainage et aux pratiques analogues à celui-ci; qu'en raison de sa portée trop étendue cette habilitation méconnaît les dispositions de l'article 21 de la Constitution; qu'il suit de là que doivent être déclarées contraires à celle-ci les dispositions du troisième alinéa de l'article 27 de la loi du 30 septembre 1986»[43].

A partir de 1994, le Conseil constitutionnel français exige du législateur chaque fois que le pouvoir réglementaire est délégué aux autorités administratives indépendantes de fixer les règles se rapportant aux garanties fondamentales accordées aux citoyens pour l'exercice des libertés publiques, de concilier, des techniques et de leur maîtrise, l'exercice de la liberté de communication[44]. Dans cette perspective, la Décision n° 93-333 DC du 21 janvier 1994 est manifeste. Elle mentionne que « Considérant qu'il appartient au législateur, compétent en vertu de l'article 34 de la Constitution pour fixer les règles concernant les garanties fondamentales accordées aux citoyens pour l'exercice des libertés publiques, de concilier, en l'état actuel des techniques et de leur maîtrise, l'exercice de la liberté de communication telle qu'elle résulte de l'article 11 de la Déclaration de 1789 avec d'une part, les contraintes inhérentes aux moyens de la communication audiovisuelle et de ses opérateurs et d'autre part, les objectifs de valeur constitutionnelle que sont la sauvegarde de l'ordre public, le respect de la liberté d'autrui et la préservation du caractère pluraliste des courants d'expression socioculturels auxquels ces modes de communication, par leur influence considérable, sont susceptibles de porter atteinte»[45].

La délégation du pouvoir du pouvoir réglementaire en France a suscité le même questionnement au Maroc. Le Conseil constitutionnel marocain a tranché ce litige. Selon l'article 34 paragraphe 2 de la loi organique relative au Conseil économique, social et environnemental « Les fonctionnaires du Conseil sont régis par un statut particulier qui sera publié dans le délai d'un an de la date publication de la présente loi organique »[46]. Cela démontre que le législateur marocain permet au Conseil économique, social et environnement de promulguer le statut des fonctionnaires au lieu du Chef du gouvernement qui détient le pouvoir réglementaire.

Dans ce sens, ce statut a été promulgué en affirmant dans son article 3 que «Le Président est chargé de la représentation et la gestion des affaires du Conseil et de son administration. Il prend toutes les mesures nécessaires au bon fonctionnement de ses organes. A cet effet, le président est chargé notamment de soumettre à l'assemblée générale, pour approbation, avant publication au Bulletin Officiel, le statut particulier régissant le personnel du Conseil conformément à l'alinéa 2 de l'article 34 de la loi organique susvisée, préparé en consultation avec l'autorité gouvernementale concernée »[47]. Cette dernière disposition a été maintenue par le Conseil constitutionnel en affirmant que « Considérant que, le législateur peut confier l'exercice du pouvoir réglementaire à un organisme public déterminé, pour autant que ce pouvoir soit limité dans son contenu et son étendue et ne porte pas atteinte à la compétence générale du Premier ministre dans l'exercice du pouvoir réglementaire, conformément à article 90 de la Constitution»[48]. Cela démontre que le Conseil économique, social et environnemental s'attribue le droit d'exercer un pouvoir réglementaire spécial c'est à dire un pouvoir dans son domaine de compétence.

Il se dégage des décisions prises par le Conseil constitutionnel marocain et français que le pouvoir réglementaire conféré à certaines instances administratives indépendantes est limité et spéciale. Il est limité parce qu'il ne peut intervenir dans son de champ de compétence et il est spéciale par rapport au pouvoir réglementaire général dont dispose le premier ministre français et le chef du gouvernement marocain.

Il est à noter que dans le contexte français, le premier ministre qui détient le pouvoir réglementaire conformément aux dispositions de l'article 21 de la constitution ne se voit pas dans l'obligation de se soumettre aux avis émis par les instances administratives indépendances. A cet égard, le Conseil constitutionnel a relevé que « ces dispositions ne font pas obstacle à ce que le législateur confie à une autorité de l'État autre que le Premier ministre le soin de fixer des normes permettant de mettre en œuvre une loi dès lors que cette habilitation ne concerne que des mesures de portée limitée tant par leur champ d'application que par leur

[43]Décision n° 88-248 DC du 17 janvier 1989-Loi modifiant la loi n° 86-1067 du 30 septembre 1986 relative à la liberté de communication. *Op. Cit.*

[44]Décision n° 93-333 DC du 21 janvier 1994- Loi modifiant la loi n° 86-1067 du 30 septembre 1986 relative à la liberté de communication**.** https://www.conseil-constitutionnel.fr/decision/1994/93333DC.htm Site consulté en décembre 2022.

[45]*Idem.*

[46]Règlement intérieur du Conseil Économique, Social et Environnemental. https://www.cese.ma/media/2020/12/Reglement-interieur-cese-VF.pdf Site consulté en octobre 2022.

[47]*Ibidem*, p. 17.

[48]Décision du Conseil constitutionnel n° 15/954 Mars 2015.

contenu; qu'elles ne l'autorisent cependant pas à subordonner à l'avis conforme d'une telle autorité l'exercice, par le Premier ministre, de son pouvoir réglementaire»[49].

Toutefois, nous devons signaler que les instances administratives indépendantes peuvent prendre des décisions non réglementaires**.** Ils concernent une ou des personnes nommément désignées (permis de construire, refus de titre de séjour, arrêté de nomination, par exemple). Selon l'article 24 de la loi n° 104-12 du Conseil de la concurrence « examine si les pratiques dont il est saisi constituent des violations des dispositions de la loi... Il prononce, le cas échéant, les mesures conservatoires, les astreintes, les injonctions et les sanctions prévues par la présente loi »[50]. En outre, en vertu de l'article 4 la loi 10-15 portant réorganisation de la Haute autorité de la communication audiovisuelle « Il sanctionne les infractions commises par les opérateurs de communication audiovisuelle ou propose aux Autorités compétentes, conformément à la législation en vigueur et aux cahiers des charges concernés, les sanctions encourues»[51].

Il est à souligner que certaines dispositions juridiques déterminent la nature des sanctions imposées par les Instances administratives indépendantes. Conformément à l'article 39 de la loi n° 104-12 relative à la liberté des prix et de la concurrence « Le conseil de la concurrence peut infliger une sanction pécuniaire applicable soit immédiatement, soit en cas d'inexécution des injonctions, soit en cas de non-respect des engagements qu'il a acceptés. Les sanctions pécuniaires sont proportionnées à la gravité des faits reprochés, à l'importance du dommage causé à l'économie, à la situation de l'organisme ou de l'entreprise sanctionné ou du groupe auquel l'entreprise appartient et à l'éventuelle réitération de pratiques prohibées par le présent titre. Elles sont déterminées individuellement pour chaque entreprise ou organisme sanctionné et de façon motivée pour chaque sanction »[52]. Et selon l'article 40 de la même loi dispose que « Le conseil de la concurrence peut infliger aux intéressés des astreintes dans la limite de 5 % du chiffre d'affaires journalier moyen hors taxes, par jour de retard à compter de la date qu'il fixe, pour les contraindre: 1- à exécuter une décision les ayant obligés à mettre fin aux pratiques anticoncurrentielles, à exécuter une décision ayant imposé des conditions particulières ou à respecter une décision ayant rendu un engagement obligatoire en vertu de l'article 36 ci- dessus; 2- à respecter les mesures prononcées en application de l'article 35 ci-dessus »[53].

Dans cette perspective, la Haute Autorité de la communication Audiovisuelle a prononcé une décision importante relative aux sanctions administratives en cas de non-respect des prescriptions du cahier de charge. A titre d'exemple, la Décision du Conseil Supérieur de la Communication Audiovisuelle n° 77-19 le 17 octobre 2019 relative aux deux journaux d'information diffusés en date du 8 août et du 9 septembre 2019 par le service radiophonique Radio Medi1[54]. Le Conseil Supérieur de la Communication Audiovisuelle déclare que la société « Radio Méditerrané Internationale éditrice du service radiophonique 'Radio Medi1' n'a pas respecté, à plusieurs reprises, les dispositions légales et règlementaires relatives à la publicité clandestine. Il prononce à l'encontre de la société la suspension de la diffusion du service ou d'une partie du programme du service pendant un mois au plus; et d'adresser un avertissement à la société: *Radio Méditerranéen Internationale*»[55].

Il ressort de l'analyse que les autorités administratives indépendantes disposent de larges pouvoirs en matière de décisions administratives. Elles peuvent participer à l'élaboration des décisions administratives unilatérales comme elles peuvent être la source de ces décisions. Le rôle de ces autorités ne se limite pas uniquement à leur pouvoir d'enquête, d'expertise et d'information, mais, il peut aller jusqu'à l'émission d'avis, des recommandations et peut aussi, dans certains cas, aller jusqu'à l'imposition des sanctions administratives. Enfin, la distinction entre les autorités administratives indépendantes et l'administration classique réside dans leur champ de compétence, et ces autorités ne peuvent intervenir que dans le domaine pour lequel elles ont été créées.

[49]Décision n° 2006-544 DC du 14 décembre 2006-Loi de financement de la sécurité sociale pour 2007. https://www.conseil-constitutionnel.fr/decision/2006/2006544DC.htm Site consulté en janvier 2022

[50]La loi 104.12 relative à la liberté des prix et de la concurrence. *BO* n° 6314 du 04 Décembre 2014, p. 4771.

[51]Dahir n° 1-16-123 du 21 Dol kaada 1437 (25 août 2016) portant promulgation de la loi n° 11-15 portant réorganisation de la Haute autorité de la communication audiovisuelle. *BO* n° 6522 du 01 Décembre 2016, p.1877.

[52]La loi n° 104-12 relative à la liberté des prix et de la concurrence. *Op. Cit*.

[53]*Idem.*

[54]Décision du CSCA N° 77-19 du 18 SAFAR 1441 (17 Octobre 2019). www.haca.ma Site consulté en décembre 2022.

[55] *Idem.*

REFERENCES

[1] A. El Maslouhi « Independent Regulatory Agencies & Administrative Governance in Arab Countries: Regional & International Perspectives», *College of law,* UAE University. 2021, p.12.

[2] Autorités de régulation: quel rôle ? Mise en ligne sur: https://www.challenge.ma/autorites-de-regulation-quel-role-50894/.

[3] Dahir n° 1-14-117 du 2 du Ramadan 1435 portant promulgation de la loi n° 20-13 relative au Conseil de concurrence. *BO* 6280 n° du 07 Août 2014. P 3746.

[4] Dahir n° 1-18-15 du 5 Joumada II 1439 (22 fevrier 2018) portant sur promulgation de la loi n° 31.13 relative au droit d'accès à l'information. BO n° 6670 du 03 Mai 2018. P 1142.

[5] Dahir n° 1-16-123 du 21 Dol kaada 1437 (25 août 2016) portant promulgation de la loi n° 11-15 portant réorganisation de la Haute autorité de la communication audiovisuelle. *BO* n° 6522 du 01 Décembre 2016. P 1877.

[6] Dahir n° 1-19-43 du 4 Rejeb 1440 (11 mars 2019) portant promulgation de la loi n° 14-16 relative à l'Institution du Médiateur. BO n° 6840 du 19 Décembre 2019. P 2503.

[7] Décision 86-217 DC - 18 septembre 1986 - Loi relative à la liberté de communication - Non-conformité partielle. https://www.conseil-constitutionnel.fr/decision/1986/86217DC.htm

[8] Décision 86-217 DC - 18 septembre 1986 - Loi relative à la liberté de communication - Non-conformité partielle. https://www.conseil-constitutionnel.fr/decision/1986/86217DC.htm

[9] Décision du Conseil constitutionnel n° 15/954 Mars 2015.

[10] Décision du CSCA N° 77-19 du 18 SAFAR 1441 (17 Octobre 2019). La HACA: www.haca.ma.

[11] Décision n° 2006-544 DC du 14 décembre 2006-Loi de financement de la sécurité sociale pour 2007. https://www.conseil-constitutionnel.fr/decision/2006/2006544DC.htm

[12] Décision n° 87-240 DC du 19 janvier 1988. Loi sur les bourses de valeurs. https://www.conseil-constitutionnel.fr/decision/1988/87240DC.htm consulté le 17 Décembre 2022.

[13] Décision n° 88-248 DC du 17 janvier 1989 - Loi modifiant la loi n° 86-1067 du 30 septembre 1986 relative à la liberté de communication. https://www.conseil-constitutionnel.fr/decision/1989/88248DC.htm

[14] Décision n° 88-248 DC du 17 janvier 1989-Loi modifiant la loi n° 86-1067 du 30 septembre 1986 relative à la liberté de communication. https://www.conseil-constitutionnel.fr/decision/1989/88248DC.htm

[15] Décision n° 93-333 DC du 21 janvier 1994- Loi modifiant la loi n° 86-1067 du 30 septembre 1986 relative à la liberté de communication. https://www.conseil-constitutionnel.fr/decision/1994/93333DC.htm

[16] Décision n° 93-333 DC du 21 janvier 1994- Loi modifiant la loi n° 86-1067 du 30 septembre 1986 relative à la liberté de communication. https://www.conseil-constitutionnel.fr/decision/1994/93333DC.htm

[17] G. Eckert, J-P. Kovar, « L'indépendance des autorités de régulation économique et financière: une approche comparée ». *Revue française d'administration publique* 2012/3 (n° 143), p. 286.

[18] Hans, Kelsen, Théorie pure du droit: Introduction à la science du droit, p. 162.

[19] Hibou, Béatrice, *La Force de l'Obéissance,* Paris, La Découverte, 2006.

[20] La Constitution française du 04 Octobre 1958, JORF du 7 Octobre 1958, p. 9151et *sq.*

[21] La Constitution marocaine de 2011, promulguée par dahir n° 1-11 -91 du 29 juillet 2011, *BO* n° 5964 bis le 30 juillet 2011, p. 3601.

[22] La loi 104.12 relative à la liberté des prix et de la concurrence. *BO* n° 6314 du 04 Décembre 2014. p. 4771.

[23] La loi n° 113.12 relative à l'instance nationale de la probité, de la prévention et de la lutte contre la corruption. *BO* n° 6388 du 20 Août 201, p. 3357.

[24] La loi n° 89-15 relative au Conseil consultatif de la jeunesse et de l'action associative. *BO* n° 6640 du 18 Janvier 2018. P 19.

[25] La loi n° 105.12 relative au Conseil Supérieur de l'Education, de la Formation et de la Recherche Scientifique. *BO* n° 6284 du 21 Août 2014, p. 3872.

[26] La loi n° 11-15 portant réorganisation de la Haute autorité de la communication audiovisuelle. *BO* n° 6522 du 1 Décembre 2016, p. 1877.

[27] La loi n° 79-14 relative à l'Autorité pour la parité et la lutte contre toutes formes de discriminations.

[28] La protection des Droits de l'Homme, Actes du Colloque, Varsovie, 9-15 Mai 1992, Presses Universitaires de France, Paris, 1993, p. 185.

[29] Le Dahir n° 1-18-17 di 5 Joumada II1439 (22 février 2018) portant promulgation de la loi n° 76-15 relative à la réorganisation du Conseil national des droits de l'Homme a été publié au Bulletin officiel n° 6662 du 05 Août 2018, p. 684.

[30] Nadia Bernoussi, « Independent Constitutional Authorities in Morocco: Regulation versus Protection: The APALD* Case*«,* In A. El MASLOUHI « Independent Regulatory Agencies& Administrative Governance in Arab Countries: Regional & International Perspectives», *College of law,* UAE University. 2021, p. 62*:* « Les frontières entre l'État régulateur et l'État providence deviennent encore plus floues » (Mabbett, 2011; Haber 2011).

[31] N, Bernoussi, A. El Maslouhi, « Les chantiers de la bonne justice: Contraintes et renouveau de la politique judiciaire au Maroc«, *Revue française de droit constitutionnel,* 2012/3 (n° 91), p. 496. www.cairn-int.info.

[32] Pierre Rosanvallon « la démocratie au 21ème siècle », *Conférence à la Bibliothèque Nationale du Royaume du Maroc* le13/04/2015.

[33] Règlement intérieur du Conseil Économique, Social et Environnemental. https://www.cese.ma/media/2020/12/Reglement-interieur-cese-VF.pdf

[34] SCJ, Semanario Judicial de la Federación y su Gaceta (Ninth Epoch, Plenary session, Tomo XXV, 2007) 1647./J.20/2007. José M. Serna, «The Constitutional and legal configuration of IRAs in Mexico: the case of the Autonomous Constitutional Agencies». In « Independent Regulatory Agencies & Administrative Governance in Arab Countries: Regional & International Perspectives», edited by A, El Maslouhi, *College of law,* UAE University, 2021, p.36.

International Journal of Innovation and Applied Studies
ISSN 2028-9324 Vol. 39 No. 2 Apr. 2023, pp. 878-886
© 2023 Innovative Space of Scientific Research Journals
http://www.ijias.issr-journals.org/

Potentiel de stockage du carbone organique dans des sols sous trois types de cultures pérennes (cacao, hévéa et palmier à huile) dans le département de Daloa (Centre-Ouest de la Côte d'Ivoire)

[Soil organic carbon storage potential under three types of perennial crops (Cocoa, hevea and oil palm) in the department of Daloa (Centre-West of Côte d'Ivoire)]

Toure Bessimory, Zro Bi Gohi Ferdinand, Abobi Akré Hebert Damien, and Youl Ery Hortense

Département d'Agropédologie, Unité de Formation et de Recherche en Agroforestérie, Université Jean Lorougnon Guédé de Daloa, BP 150 Daloa, Côte d'Ivoire

Copyright © 2023 ISSR Journals. This is an open access article distributed under the ***Creative Commons Attribution License***, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

ABSTRACT: In the department of Daloa, one of the main agricultural areas of Côte d'Ivoire, the change in land use is so enormous that it threatens the ecosystems and, with them, the services provided, in particular the stabilization of the climate via carbon storage in vegetation and soils. Thus, one of the major environmental challenges to be met in this department is to determine, among the crops grown, those that have a significant potential for reducing CO2 emissions into the atmosphere by conserving existing carbon reservoirs in the soil. This is the objective that was targeted in the present study. It consisted in choosing in three different villages, three same crops (cocoa tree, hevea and oil palm) among the most practiced. The physico-chemical properties of the soils were determined from three soil pits located on a useful plot of 10000 $m^{2,}$ by land use. The carbon stocks contained in the first 100 to 120 cm of the soils were calculated. It emerged that soils under cocoa trees store carbon better than soils under hevea. The latter have greater potential than soils under oil palms. However, the stocks measured remain low overall, which shows that the farming practices assessed should be improved.

KEYWORDS: Soil, organic carbon stock, climate change, land use, Daloa.

RESUME: Dans le département de Daloa, une des principales zones agricoles de la Côte d'Ivoire, le changement de l'utilisation des terres est si énorme qu'il menace les écosystèmes et, avec eux, les services fournis, notamment la stabilisation du climat *via* le stockage du carbone dans la végétation et les sols. Ainsi, l'un des défis environnementaux majeurs à relever dans ce département est de déterminer parmi les cultures pratiquées, celles qui ont un potentiel important de réduction des émissions de CO_2 dans l'atmosphère en conservant les réservoirs de carbone existants dans les sols. C'est cet objectif qui était visé dans la présente étude. Elle a consisté à choisir dans trois villages différents, trois mêmes cultures (cacaoyer, hévéa et palmier à huile) parmi les plus pratiquées. Les propriétés physico-physiques des sols ont été déterminées à partir de trois fosses pédologiques implantées sur une parcelle utile de 10000 $m^{2,}$ par usage de sol. Les stocks de carbone contenus dans les 100 à 120 premiers cm des sols ont été calculés. Il est ressorti que les sols sous cacaoyers stockent mieux le carbone que les sols sous hévéas. Ces derniers ont un potentiel plus important que les sols sous palmiers à huile. Toutefois, les stocks mesurés demeurent globalement faibles, ce qui montre que les pratiques culturales évaluées devraient être améliorées.

MOTS-CLEFS: Sol, stock de carbone organique, changement climatique, usages du sol, Daloa.

Corresponding Author: Toure Bessimory

1 INTRODUCTION

Depuis son accession à l'indépendance, la Côte d'Ivoire ayant basé son économie sur l'agriculture, a vu la destruction d'une grande partie de sa surface forestière au détriment des cultures pérennes. En effet, de 12 millions d'hectares en 1960 à 4 millions d'hectares en 2000, le couvert forestier ivoirien est réduit aujourd'hui à environ 2,5 millions d'hectares [1, 2]. La majorité de cette déforestation est réalisée au profit d'une agriculture de rente dominée par le couple café et cacao [3]; à cela, s'ajoute d'autres cultures d'exportation comme l'hévéa, l'anacardier et le palmier à huile. Ces différentes cultures sont cultivées tant au sud, à l'est, à l'ouest qu'au centre-ouest où est situé le département de Daloa, une des principales zones agricoles du pays.

Ces dernières années, la recherche sur le changement climatique a avancé de manière remarquable [4]. Certaines de ces recherches confirment que les émissions de gaz à effet de serre provenant des activités humaines telles que l'industrialisation, le changement d'utilisation de terres et l'exploitation démesurée des ressources naturelles sont responsables du réchauffement climatique que l'on observe actuellement sur Terre [5].

Ainsi, pour le département de Daloa, le défi environnemental majeur est de déterminer parmi les pratiques culturales adoptées par les paysans, celles qui ont un potentiel important de réduction ou de prévention des émissions de CO_2 dans l'atmosphère en conservant les réservoirs de carbone dans les sols. Ces pratiques pourraient être conseillées aux différents acteurs du secteur agricole. C'est dans ce cadre que la présente étude a été initiée. Elle vise globalement à évaluer les stocks de carbone organique emmagasinés dans les sols sous palmeraies, cacaoyères et plantations d'hévéa à l'effet de comparaison de l'efficience des pratiques culturales correspondantes dans la lutte contre le réchauffement climatique.

2 MATERIEL ET METHODES

2.1 PRESENTATION DE LA ZONE D'ETUDE

L'étude a été réalisée dans trois villages (Tapeguhé, Zepreguhé, Tahiraguhé) du département de Daloa, situé entre 6^0 et $6^045'$ de Longitude Ouest et $6^030'$ et $7^020'$ de Latitude Nord (Figure 1). Ce département est le Chef-lieu de la région du Haut-Sassandra en Côte d'Ivoire. Selon [6], ce département est très humide avec un climat à quatre saisons: la grande saison des pluies qui s'étend d'avril à mi-juillet est marquée par des intersaisons et des orages; elle est suivie par la petite saison sèche (mi-juillet à mi-septembre) et la petite saison des pluies (mi- septembre à novembre); la grande saison sèche couvre les mois de décembre à mars.

Annuellement, la température moyenne est de 25,6 °C. Les saisons sèches et humides alternent avec des températures variant de 24,65 °C à 27,75 °C en moyenne. Les pluies annuelles sont passées de 1868,5 mm en 1968 à 1120,4 mm en 2005, soit une baisse de 40 pc [7]. Au plan hydrographique, le département est arrosé par le fleuve Sassandra et par son affluent la Lobo dont les ramifications le Dé et le Goré inondent le département, donnant lieu à de nombreux bas-fonds cultivables.

La végétation est homogène et constituée de forêt dense et humide au sud et de savane arborée incluses au nord. Cette forêt connait une dégradation accélérée par l'intensification des cultures de rente (cacao, café, palmier à huile et hévéa). Le relief du département est constitué de plateaux de 200 à 400 m d'altitude coupés par endroits par des plaines et basfonds [8]. Au plan pédologique, les études réalisées par [9] ont monté que les sols du département de Daloa sont en général ferrallitiques moyennement lessivés (ou désaturés).

Les formations qui constituent le substratum de la région ont subi une altération et latérisation caractérisant les régions à climat chaud et humide. Du point de vue lithologique, le socle est constitué par des granitoïdes de composition minéralogique constante. Il s'agit de granites alcalins à subalcalins contenus dans les formations métamorphiques (gneiss et migmatites) de composition très voisine. Ces formations sont très rarement visibles à l'affleurement car masquées par une épaisse couverture d'altération argilo-sableuse.

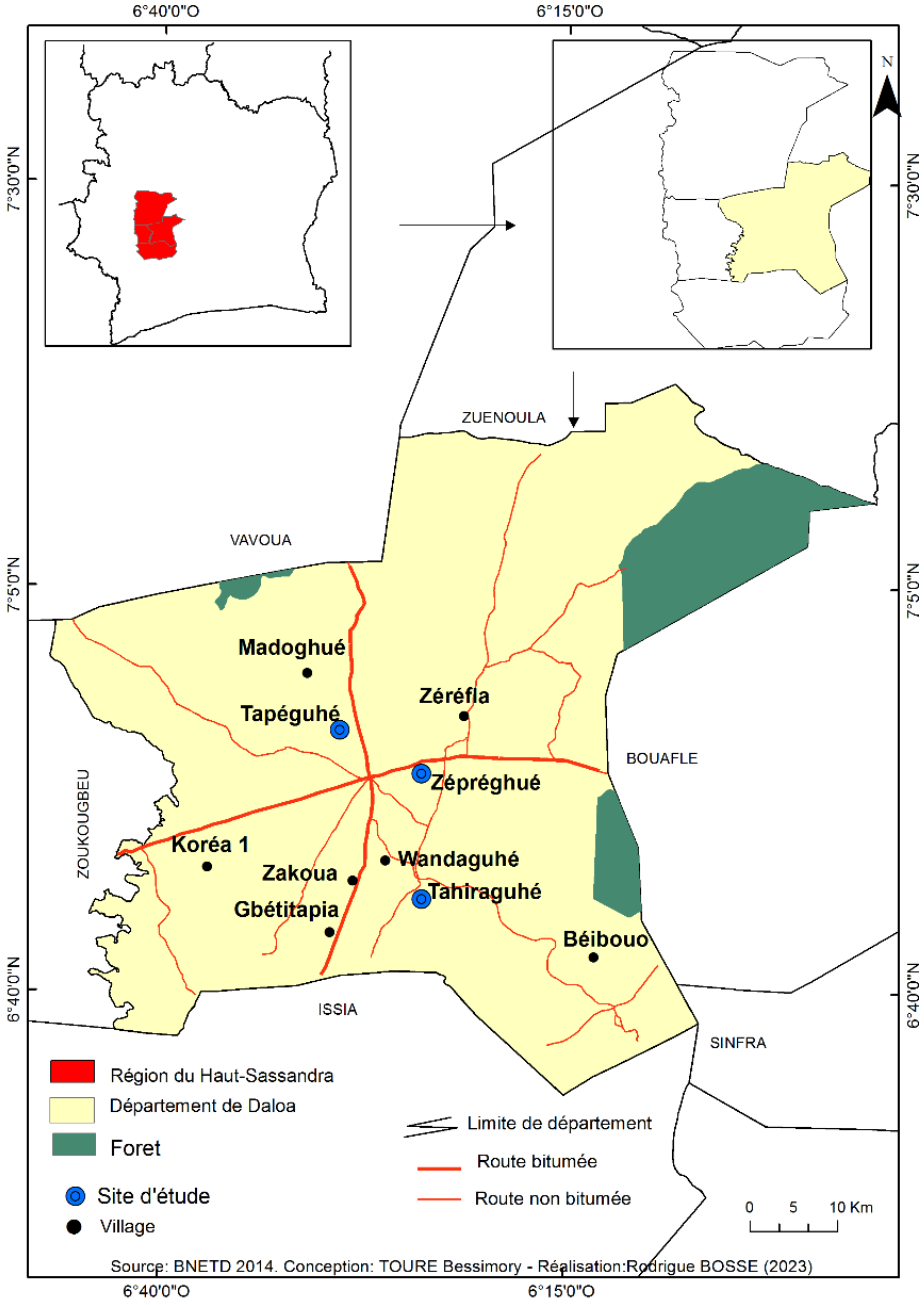


Fig. 1. Carte de localisation des sites de l'étude

2.2 COLLECTE DES DONNEES

2.2.1 CHOIX DES AGROSYSTEMES, MESURE DES EPAISSEURS DES COUCHES ET ECHANTILLONNAGE DES SOLS

Les cultures retenues ont été choisies suite à une enquête de terrain menée pour déterminer les principales cultures pérennes développées dans la zone. Pour la caractérisation physico-chimique des sols sous ces cultures, trois fosses pédologiques y ont été ouvertes dans une zone homogène de 10 000 m^2 caractérisée par le meilleur état de la végétation (bonne croissance et bon développement de la plante). Sur l'ensemble des trois sites, 27 fosses pédologiques de longueur 120 cm, largeur 80 cm et profondeur 150 cm ont été réalisées. Les épaisseurs des couches de sol ont été mesurées à l'aide d'un ruban-mètre. Des échantillons de ces sols ont été prélevés sur toute l'épaisseur des horizons A et B en vue des mesures en laboratoire.

2.2.2 MESURES EN LABORATOIRE

2.2.2.1 MESURE DES TAUX D'ELEMENTS GROSSIERS DU SOL

Après séchage à l'air libre durant trois jours, les échantillons de sol prélevés dans les parcelles sont pesés et passés à travers un tamis de maille 2 mm. Les refus constituent les éléments grossiers (EG). Leurs pourcentages sont déterminés selon la formule de l'équation 1:

$$EG\ (\%) = (M_{EG}/M_S) \times 100 \quad \text{(équation 1)}$$

Où: M_{EG} est la masse des éléments grossiers du sol et M_S celle du sol sec.

2.2.2.2 MESURE DES TAUX DE CARBONE ORGANIQUE SOL

La partie du sol passée à travers le tamis de maille 2 mm constitue la fraction fine du sol. Un aliquote de 5 g de cette fraction est prélevé pour le dosage du carbone organique du sol (COS) par la méthode [10].

2.2.2.3 MESURE DE LA DENSITE APPARENTE DU SOL

La densité apparente du sol a été déterminée par la méthode du cylindre (8,2 cm de diamètre et 9,25 cm de hauteur) en trois pseudo-réplicats par fosse pédologique [11, 12]. En pratique, l'on rase la végétation à la surface du sol sur la zone de prélèvement avant d'y enfoncer verticalement le cylindre à l'aide d'un marteau. Le cylindre est retiré avec son contenu de sol après qu'on ait creusé tout autour. La motte de terre est séchée à l'étuve à 105°C pendant 48 heures. La densité apparente est obtenue par le rapport de la masse de terre séchée sur le volume du cylindre [13] selon la formule suivante de l'équation 2:

$$Da\ (g.cm^{-3}) = M/V \quad \text{(équation 2)}$$

Où: M est la masse en g de l'échantillon de sol séché et V le volume du cylindre en cm^{-3}**.**

2.2.2.4 MESURE DU STOCK DE CARBONE DU SOL

Le stock de carbone organique d'une couche de sol a été calculé en utilisant la formule de l'équation 3 énoncée dans les travaux de [14]:

$$Scos = COS \times E \times Da \times (1–EG) \quad \text{(équation 3)}$$

Où:

- Scos est le stock de carbone organique du sol en $g.m^{-2}$,
- COS est le taux de carbone organique du sol exprimé en $g.kg^{-1}$,
- E est l'épaisseur de l'horizon du sol en cm,
- Da représente la densité apparente de l'horizon du sol en $g.cm^{-3}$,
- EG est le pourcentage d'éléments grossiers du sol

Le stock de carbone du sol est au niveau du profil de sol est la somme des stocks ressortis des deux horizons A et B.

2.3 TRAITEMENTS DES DONNEES

Les données collectées ont été codifiées et saisies sur le logiciel EXCEL 2019. Les moyennes ont été soumises à une analyse de variance à un facteur après la vérification de la normalité de la distribution (Test de Shapiro-Wilk) et de l'homogénéité des variances (test de Levene). Ensuite, lorsqu'il y a une différence significative entre les moyennes, le test post Anova LSD de Fischer est réalisé au seuil de 5 % pour faire la comparaison deux à deux et déduire les groupes homogènes. Ces analyses statistiques ont été réalisées à l'aide du logiciel R version 4.2.1.

3 RESULTATS ET DISCUSSION

3.1 RESULTATS

3.1.1 EPAISSEURS DES HORIZONS

Les différences observées entre les horizons A (35,78 ± 3,38 cm sous hévéas, 30,78 ± 3,02 cm sous cacaoyers et 24,39 ± 1,42 cm sous palmiers) sont significatives (*P = 0,02*), ce qui n'est pas le cas pour les horizons B (*P = 0,67*). Les valeurs mesurées à ce niveau sont: 62,00 ± 6,62 cm sous hévéas, 57,11 ± 6,30 cm sous cacaoyers et 64,06 ± 3,64 cm sous palmiers (Tableau 1).

Tableau 1. Epaisseurs moyennes des horizons des sols

Sites	Hz	Modes d'usage des sols			P-value
		Palmeraie	Cacaoyère	Champ d'hévéa	
Tapéguhé	A	29,00 ± 2,89a	31,00 ± 4,00a	38,33 ± 1,45a	0,143ns
	B	56,67 ± 3,48a	48,67 ± 2,33a	65,00 ± 11,14a	0,314ns
Tahiraguhé	A	19,33 ± 0,88a	23,33 ± 5,61a	42,67 ± 5,90a	0,02*
	B	64,00 ± 6,81a	46,33 ± 2,03a	66,67 ± 9,17a	0,144ns
Zépréguhé	A	24,83 ± 1,42a	38,00 ± 2,89a	26,33 ± 5,36a	0,079ns
	B	71,50 ± 6,76a	76,33 ± 13,72a	54,33 ± 16,51a	0,495ns
A l'échelle du paysage	A	24,39 ± 1,70a	30,78 ± 3,02ab	35,78 ± 3,38b	0,028*
	B	64,06 ± 3,64a	57,11 ± 6,30a	62,00 ± 6,62a	0,678ns

*Hz: Horions, P-value: probabilité; les moyennes affectées d'une même lettre (a, b et c) dans une même colonne ne sont pas significativement différentes au seuil α < 0,05; * = significative et ns: non significatif.*

3.1.2 ELEMENTS GROSSIERS

Les taux d'éléments grossiers des horizons A sont estimés à 0 % sous palmeraies, 4,33 ± 4,41 % sous hévéas et 7,77 ± 5,21 % sous cacaoyers. Ces taux sont ainsi statistiquement différents (*P = 0,03*). Au niveau des horizons B, les taux dans le même ordre que précédemment sont: 1,04 ± 0,80 %, 16,93 ± 11,04 % et 18,0 ± 11,07 %. Ces taux sont aussi statistiquement différents (*P = 0,01*) (Tableau 2).

Tableau 2. Taux moyens d'éléments grossiers des sols

Sites	Hz	Modes d'usage des sols			P-value
		Palmeraie	Cacaoyère	Champ d'hévéa	
Tapéguhé	A	0,00 ± 0,00a	5,55 ± 2,40a	7,09 ± 5,36a	$0,361^{ns}$
	B	1,67 ± 1,27a	9,58 ± 2,12a	28,70 ± 2,36a	$0,091^{ns}$
Tahiraguhé	A	0,00 ± 0,0	0,00 ± 0,0	0,00 ± 0,0	nd
	B	1,52 ± 0,40a	0,0 ± 0,0a	6,90 ± 0,70b	0,000***
Zépréguhé	A	0,0 ± 0,0a	17,76 ± 4.50a	5,88 ± 1,88a	0,064ns
	B	0,00 ± 0,0a	41,21 ± 4,26b	18,40 ± 4,75 ab	0,045*
A l'échelle du paysage	A	0,00 ± 0,0a	7,77 ± 5,21b	4,33 ± 4,41 ab	0,0307*
	B	1,04 ± 0,80a	16,93 ± 11,04b	18,0 ± 11,07b	0,015*

*Hz: Horions, P-value: probabilité; les moyennes affectées d'une même lettre (a, b et c) dans une même colonne ne sont pas significativement différentes au seuil α < 0,05; * = significative, *** = hautement significative; ns: non significatif, nd: non déterminé.*

3.1.3 DENSITES APPARENTES DES SOLS

La densité apparente des horizons A diffère significativement sur l'ensemble des sites (1,53 ± 0,02 g/cm^3 sous hévéas, 1,39 ± 0,02 g/cm^3 sous palmeraie et 1,39 ± 0,02 g/cm^3 sous cacaoyers (*P = 0,00*). Les horizons B montrent un résultat contraire avec 1,70 ± 0,06 g/cm^3 sous hévéas, 1,72 ± 0,03 g/cm^3 sous palmiers et 1,59 ± 0,05 g/cm^3 sous cacaoyers (*P = 0,007*) (Tableau 3).

Tableau 3. Densités apparentes moyennes des sols

Sites	Hz	Modes d'usage des sols			P-value
		Palmeraie	Cacaoyère	Champ d'hévéa	
Tapéguhé	A	1,46 ± 0,0a	1,42 ± 0,05a	1,52 ± 0,00a	0,070ns
	B	1,76 ± 0,02a	1,63 ± 0,03a	1,72 ± 0,07a	0,207ns
Tahiraguhé	A	1,36 ± 0,02b	1,20 ± 0,05a	1,58 ± 0,03c	0,000***
	B	1,72 ± 0,04b	1,49 ± 0,01a	1,76 ± 0,02b	0,000***
Zépréguhé	A	1,34 ± 0,04a	1,38 ± 0,07a	1,50 ± 0,02a	0,126ns
	B	1,68 ± 0,07a	1,65 ± 0,02a	1,62 ± 0,05a	0,642ns
A l'échelle du paysage	A	1,39 ± 0,02a	1,33 ± 0,03a	1,55 ± 0,02b	0,000***
	B	1,72 ± 0,03b	1,59 ± 0,05a	1,70 ± 0,06b	0.007**

*Hz: Horions, P-value: probabilité; les moyennes affectées d'une même lettre (a, b et c) dans une même colonne ne sont pas significativement différentes au seuil α < 0,05; *** = hautement significative; ns: non significatif.*

3.1.4 TENEURS EN CARBONE ORGANIQUE

Avec des teneurs en carbone organique de 10,00 ± 1,29 g.kg^{-1} sous palmiers, 14,00 ± 1,33 g.kg^{-1} sous cacaoyers et 10,00 ± 1,29 g.kg^{-1} sous hévéas, les horizons A des sols étudiés sont différents (*P = 0,16*). C'est le cas aussi avec les horizons B où les teneurs obtenues sous hévéas (6,33 ± 1,30b g.kg^{-1}) et cacaoyers (4,56 ± 0,29b g.kg^{-1}) sont du même ordre de grandeur supérieur à celui des sols sous palmiers (1,11 ± 0,11 g.kg^{-1}) (*P = 0,00*) (Tableau 4).

Tableau 4. Teneur en carbone des horions des sols (g.kg^{-1})

Sites	Hz	Modes d'usage des sols			P-value
		Palmeraie	Cacaoyère	Champ d'hévéa	
Tapeguhé	A	10,33 ± 3,28a	12,33 ± 1,86a	9,67 ± 0,88a	0,696^{ns}
	B	1,0 ± 0,0a	5,33 ± 0,33a	8,33 ±3,33a	0,092^{ns}
Tahiraguhé	A	11,0 ± 2,52ab	17,67 ± 0,88b	9,0 ± 1,73a	0,035*
	B	1,33 ± 0,33a	4,00 ± 0,58b	3,00 ± 0,0ab	0,007**
Zepreguhé	A	8,67 ± 1,20a	12,00 ± 2,65a	12,00 ± 0,58a	0,348^{ns}
	B	1,0 ± 0,0a	4,33 ± 0,33b	7,67 ± 0,88c	0,000***
A l'échelle du paysage	A	10,00 ± 1,29a	14,00 ± 1,33b	10,22 ± 0,74a	0,037*
	B	1,11 ± 0,11a	4,56 ± 0,29b	6,33 ± 1,30b	0,000***

*Hz: Horions, P-value: probabilité; les moyennes affectées d'une même lettre (a et b) dans une même colonne ne sont pas significativement différentes au seuil α < 0,05; * = significative, ** = très significative et *** = hautement significative; ns: non significatif.*

3.1.5 STOCK DE CARBONE ORGANIQUE DANS LES SOLS

Au total, en renfermant un stock de carbone organique moyen de 7916,60 ± 1424,68 g.m^{-2} dans son sol de culture, les sols sous cacaoyères apparaissent comme ceux ayant un potentiel plus important de réduction des émissions de CO_2 dans l'atmosphère en conservant les réservoirs de carbone existants dans les sols. Les sols occupés en hévéaculture et palmeraies suivent dans cet ordre avec des stocks moyens de 7626,96 ± 973,13 et 7477,72 ± 1288,48 g.m^{-2}. Toutefois, au plan statistique, les stocks mesurés ne sont pas différents de manière significative (Tableau 5 et 6).

Tableau 5. Stock de carbone organique des horions des sols

Sites	Hz	Modes d'usage des sols			P-value
		Palmeraie	Cacaoyère	Champ d'hévéa	
Tapeguhé	A	9261,67 ± 731,68a	8060,39 ± 1275,32a	6879,48 ± 829,10a	0,324^{ns}
	B	84,44 ± 1,29a	385,02 ±31,85b	297,38 ± 47,19b	0,004**
Tahiraguhé	A	7266,39 ± 1573,43a	8351,67 ± 1876,66a	6940,0 ± 1369,23a	0,818ns
	B	111,27 ±30,12a	120,75 ± 47,63a	239,9 ± 4,4a	0,056ns
Zepreguhé	A	5627,22 ± 597,03a	6628,13 ± 1398,39a	8039,72 ± 730,16a	0,287^{ns}
	B	82,17 ± 3,28a	203,85 ±14,04a	484,40 ± 77,19b	0,002**
A l'échelle du paysage	A	7385,09 ± 1292,32a	7680,06 ± 1410,22a	7286,40 ± 938,33a	0,92 ns
	B	92,62 ± 17,19a	236,54 ± 73,72b	340,56 ± 78,34b	0,000***

*Hz: Horions, P-value: probabilité; les moyennes affectées d'une même lettre (a, b et c) dans une même colonne ne sont pas significativement différentes au seuil α < 0,05; ** = très significative; *** = hautement significative et ns: non significatif.*

Tableau 6. Stock de carbone organique moyen par de sol

Sites	Modes d'usage des sols			P-value
	Palmeraie	Cacaoyère	Champ d'hévéa	
Tapeguhé	9346,1 ± 732,97a	8445,41 ± 1259,26a	7176,86 ± 874,63a	0,365^{ns}
Tahiraguhé	7377,66 ± 1560,35a	8472,42 ± 1910,26a	7179 ± 1367,29a	0,837ns
Zepreguhé	5709,39 ± 595,64	6831,98 ± 1412,35	8524,12 ± 741,45	0,206^{ns}
A l'échelle du paysage	7477,72 ± 1288,48a	7916,60 ± 1424,68a	7626,96 ± 973,13a	0,908^{ns}

Hz: Horions, P-value: probabilité; les moyennes affectées d'une même lettre (a, b et c) dans une même colonne ne sont pas significativement différentes au seuil α < 0,05; ns: non significatif.

4 DISCUSSION

Les stocks de carbone moyens ressortis des 100 à 120 premiers centimètres des sols en fonction des types d'usage sont, dans l'ordre décroissant : 7916,60 ± 1424,68 g.m^{-2} mesurés sous les cacaoyers (sols ferrallitiques de plateaux), 7626,96 ± 973,13 g.m^{-2} mesurés sous les hévéas (sols ferrallitiques de plateaux) et 7477,72 ± 1288,48 g.m^{-2} mesurés sous les palmiers à huile (sols hydromorphes de bas-fonds). Ce résultat montre que certaines classes de sols stockent mieux le carbone organique que d'autres indépendamment de leurs couvertures végétales. En effet, les stocks mesurés dans les sols ferralitiques sous hévéas et cacaoyers sont du même ordre de grandeur, qui est différent du stock mesuré dans les sols hydromorphes sous palmiers à huile. [15] qui ont utilisé la carte FAO/Unesco des sols du monde aux 1/5 000 000 et environ 400 profils de sols regroupés selon des unités FAO étaient parvenus à déterminer des fourchettes et des moyennes de teneurs en carbone et de densité pour plusieurs unités de sol. Par la même occasion, ils ont été capables, comme [16], d'estimer les stocks de carbone organique par classe de sol et même le stock au niveau mondial.

Ainsi, [16] situe la capacité moyenne de séquestration des sols des zones tropicales chaudes et humides, à l'image des sols étudiés ici, entre 5200 et 5400 g.m^{-2} vers 30 cm de profondeur et entre 10000 et 10400 g.m^{-2} vers 100 cm de profondeur. Pour cette profondeur, les moyennes observées sont plus faibles à Daloa. On ne saurait expliquer ce résultat sans évoquer des facteurs extrinsèques au sol, notamment les changements d'utilisation du sol, dans la mesure où les sols sous hévéas et cacaoyers étaient à précédents caféiers. C'est en cela que [17], [18] et [19] insistent sur l'importance de la prise en compte des changements d'utilisation du sol ou la gestion du sol dans l'estimation du stock de carbone des sols cultivés. Toutefois, pour eux, les principaux facteurs qui influencent globalement le stockage du carbone par les sols concernent la végétation (apport de résidus, composition de la plante), les facteurs climatiques (température, conditions d'humidité) et les propriétés des sols (texture, teneur en argile, minéralogie, acidité).

En plus, cette décroissance rapide des stocks de carbone dans les sols mis en culture est liée à des entrées de carbone souvent moins élevées [19, 20]. On comprend alors pourquoi dans cette étude, les sols ferralitiques de plateaux qui ont certaines propriétés similaires, notamment des apports de résidus de plantes relativement importants grâce à leurs couvertures végétales arbustives abondantes, une texture limono-sablo-argileuse en surface et argilo-sableuse en profondeur,

de bonne conditions d'humidité (sols frais et bien drainé en général), sont avérés plus fournis en stock de carbone que les sols hydromorphes qui ont une texture sablo-argileuse et qui sont non seulement recouverts par peu de litières, mais aussi, noyés vers 80 centimètres de profondeur. En d'autres termes, la présence de peu de litières sur le sol, une pauvreté du sol en argile et une hydromorphie du sol de plus en plus importante seraient défavorables à la constitution des stocks de carbone dans le sol. Par ailleurs, la litière provenant des plants d'hévéas serait de meilleure qualité que celle issue des cacaoyers, ce qui expliquerait leur décomposition rapide par la microfaune du sol, suivie par leur absorption par les plants et rejets dans l'atmosphère. Aussi, les stocks de carbone plus élevés ressortis des sols des cacaoyères sont-ils les résultats des apports des divers arbres associés aux cacaoyers, ce qui dénote des bienfaits de l'agroforesterie sur le processus de stockage du carbone dans le sol.

5 CONCLUSION ET PERSPECTIVES

Les stocks de carbone moyens ressortis des 100 à 120 premiers centimètres des sols étudiés sont plus importants dans les sols de plateaux que dans les sols de bas-fonds humides. On en déduit que certaines classes de sols conservent mieux le carbone que d'autres. Par ailleurs, cultivés sur une même classe de sol (sol ferralitique), les cacaoyères, grâce aux arbres qui leurs sont associés, conservent plus de carbone organique dans le sol que les plants d'hévéa. La pratique de l'agroforesterie peut donc être conseillée aux agriculteurs pour sa capacité à atténuer le réchauffement climatique en séquestrant le carbone dans le sol. Par ailleurs, les stocks ressortis des sols étudiés étant nettement plus bas que les seuils existants, amène à penser que la question de l'épuisement des stocks de carbone organique dans les sols et le réchauffement climatique qui en découle pourrait constituer un problème environnemental crucial dans la zone d'étude. C'est ainsi que nos prochaines recherches seront orientées non seulement vers l'identification d'autres techniques culturales bénéfiques pour le sol, mais aussi, vers la préservation des milieux naturels dans le Haut-Sassandra.

REFERENCES

[1] K. Traoré, «Couverture forestier de la Côte d'Ivoire: une analyse critique de la situation de gestion des forêts (classée, parc et réserve)», *The International Journal of Social Sciences and Humanities Invention,* vol. 5, no. 2, pp 4387 - 4397, 2018.

[2] Y. T. Brou, J. Oszwald, S. Bigot & E. Servat, «Risques de déforestation dans le domaine permanent de l'état en Côte d'Ivoire : quel avenir pour ces derniers massifs forestiers». *Télédétection,* vol. 5 no. 1,2,3, pp 263 - 275, 2005.

[3] Ruf F. Les cycles du cacao en Côte d'Ivoire: la mise en cause d'un modèle. In le modèle ivoirien en questions. Crises, ajustements, recompositions. *Karthala-ORSTOM,* Paris, France, pp 249-264, 2009.

[4] C. Durot, Evaluation et comparaison des stocks de carbone des systèmes agroforestiers à base de cacaoyers du Centre Cameroun: Cas de l'arrondissement de Bokito. Mémoire d'Ingénieur agricole, Institut Supérieur d'Agriculture de Lille, pp 83, 2013.

[5] A. Saïdou, A. F. E. Dossa, P. C. Gnanglè, I Balogoun, N. Aho, Evaluation du stock de carbone dans les systèmes agroforestiers à karité (*Vitellaria paradoxa* C.F. Gaertn.) et à néré (*Parkia biglobosa* Jacq. G. Don) en zone Soudanienne du Bénin. Bulletin de la Recherche Agronomique du Bénin (BRAB), p 9, 2012.

[6] ICEF et ENSEA (2002). L'économie locale du département de Daloa. Rapport d'étude, Programme ECOLOC, Vol. 1, p 144, 2002.

[7] R. Ligban, D Goné, B. Kamagaté, M. B. Saley & J. Biémi, «Processus hydrogéochimiques et origine des sources naturelles dans le degré carré de Daloa». *Journal of Biology and Chemical Science,* vol. 3, no. 1, pp 38 - 47, 2009.

[8] J. M. Avenard & A. Deluz, «Milieu naturel de Côte d'Ivoire». *Etudes rurales,* no 48, pp. 185-186, 1972.

[9] B. Dabin, N. Leneuf, G. Riou, Carte pédologique de la Côte d'Ivoire au 1/2.000.000. Notice explicative. ORSTOM, p 39, 1960.

[10] A. Walkley & I. A. Black, «An examination of the Degtjareff method for determining soil organic matter. and a proposed modification of the chromic acid titration method». *Soil Science,* vol. 34, pp 29 - 38, 1934.

[11] WRB, Systèmes Internationale de classification des sols pour nommer les sols et élaborer des légendes, cartes pédologiques mise à jour 2015, 2014.

[12] D. Baize, Guide des analyses en pédologie, 2ème édition revue et augmenté, Paris, pp 6 - 100, 2000.

[13] D. Boa, Caractérisation des propriétés hydrodynamiques, contraintes et potentialités des sols gravillonnaires: cas de Boro-Borotou. Thèse de Doctorat-Ingénieur, Université Nationale de Côte d'Ivoire, 131 p, 1989.

[14] M. Henry, M. Belem, R. D'Annuzio, M. Bernoux, Les stocks de carbone des sols d'Afrique de l'Ouest. *In*: Carbone des sols en Afrique. Impacts des usages des sols et des pratiques agricoles. Rome/Marseille. 35 - 41, 2020.

[15] W.G. Sombroek, F. O. Nachtergaele & A. Hebel, «Amounts, dynamics and sequestering of carbon in tropical and subtropical soils», Ambio, vol. 22, 417 - 426, 1993.
[16] N.H. Batjes. Management options for reducing CO_2-concentrations in the atmosphere by increasing carbon sequestration in the soil. ISRIC. Wageningen, *The Netherlands,* pp 114, 1999.
[17] M. Robert, La séquestration du carbone dans le sol pour une meilleure gestion des terres. Rapport sur les ressources en sols du monde, Organisation des Nations Unies pour l'Alimentation et l'Agriculture, Rome, Italie, p 76, 2002.
[18] X. Wei, M. Shao, W. Gale & L. Li, «Global pattern of soil carbon losses due to the conversion of forests to agricultural land», *Scientific Reports,* vol. 4, 40 - 62, 2014.
[19] I. E. Mbagou mwe-zue ona, N Endamane, F. Eba, D. Mendoume minko, «Impacts de l'heveaculture (hévéa brasiliensis) sur les caracteristiques physico-chimiques des sols dans la region de kango (N-W, Gabon)», *Agronomie Africaine* vol. 33, no. 2, 133 - 148, 2021.
[20] R. Lal, «Soil Conservation and Ecosystem Services», *International Soil and Water Conservation Research,* vol. 2, 36 - 47, 2014.

International Journal of Innovation and Applied Studies
ISSN 2028-9324 Vol. 39 No. 2 Apr. 2023, pp. 887-897
© 2023 Innovative Space of Scientific Research Journals
http://www.ijias.issr-journals.org/

Le rôle des IDE dans la réduction des flux migratoires en Tunisie

[The role of FDI in reducing migratory flows in Tunisia]

Leila Nasri

Enseignante chercheuse, Docteur en Sciences Economiques, Institut Supérieur de Gestion de Gabes, Tunisia

Copyright © 2023 ISSR Journals. This is an open access article distributed under the ***Creative Commons Attribution License***, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

ABSTRACT: Since the 1970s, Tunisia has made FDI one of the pillars of its economic and social development policy. To do this, it has pursued an increasingly welcoming policy of attractiveness which has made it possible to increase the flow of FDI received by the country. FDI is expected to contribute to the country's industrial development, technology transfer, increased exports and above all, job creation. Indeed, the country suffers during these last years from a relatively high rate of unemployment which makes the social situation more and more difficult and which pushes the inhabitants to leave the country in a legal or illegal way in order to improve their levels of life. It is precisely in this context that we endeavor to analyze and take stock of the contribution of FDI to job creation and subsequently to the reduction of migratory flows.

KEYWORDS: FDI, attractiveness policy, employment, migration.

RESUME: Depuis les années 1970, la Tunisie a fait de l'IDE un des piliers de sa politique de développement économique et sociale. Pour cela, elle a mené une politique d'attractivité de plus en plus accueillante qui a permis d'augmenter les flux d'IDE reçus par le pays. On s'attend de l'IDE à ce qu'il contribue au développement industriel du pays, au transfert technologique, à l'augmentation des exportations et surtout à la création d'emplois. En effet, le pays souffre pendant ces dernières années d'un taux de chômage relativement élevé qui rend la situation sociale de plus en plus difficile et qui pousse les habitants à quitter le pays d'une manière légale ou illégale afin d'améliorer leur niveaux de vie. C'est justement, dans ce contexte que nous attachons d'analyser et de faire un état de lieu de la contribution des IDE à la création d'emplois et par la suite à la réduction des flux migratoires.

MOTS-CLEFS: IDE, politique d'attractivité, emploi, migration.

1 INTRODUCTION

Les pays en développement se trouvent souvent confrontés au problème de financement de leur économie avec des ressources relativement insuffisantes qui les obligent à recourir à la dette extérieure. Toutefois, non seulement le recours aux crédits est limité pour certains d'entre eux par le niveau de leur endettement, mais ne présentent pas en plus les mêmes intérêts que les IDE. En effet, les IDE constituent un mode de financement relativement stable et sans contrepartie de remboursement. Ils jouent aussi un rôle important dans la stimulation de la restructuration des secteurs peu performants en plus de leur insertion dans l'économie internationale. La Tunisie, comme d'ailleurs, la majorité des pays du Sud, considère l'IDE comme l'une des solutions miracle pour accélérer sa croissance économique. Elle compte beaucoup sur eux pour permettre la création et la génération de nouveaux postes d'emploi et par la suite l'arrêt des flux migratoires qui ne cessent d'augmenter. En effet, devant la situation sociale difficile suite au problème du chômage qui s'aggrave d'une année à l'autre, les jeunes tunisiens et même les adultes ont choisi de quitter le pays et de chercher de meilleures conditions ailleurs à travers l'émigration d'une manière légale, sinon illégale, souvent nommée de clandestine. Ainsi, dans un contexte d'économie libérale, la Tunisie, comme d'ailleurs les pays du Sud de la Méditerranée, a remplacé les politiques restrictives par des politiques d'attractivité de

Corresponding Author: Leila Nasri

plus en plus accueillantes aux IDE. En effet, la méfiance et la suspicion aux quelles les multinationales avaient à faire face jusqu' à les années 1970 paraissent laisser leurs places aux stratégies d'attraction des IDE. Le débat s'est donc déplacé de la considération des droits des pays et obligations des firmes à celle des droits des firmes et obligations des pays (Brewer et Yong (2000)). C'est ainsi qu'on a assisté, surtout pour les deux dernières décennies, à une trame très dense de réformes afin de susciter l'intérêt des multinationales qui est devenue une priorité fondamentale pour le pays encouragé par la banque mondiale. En effet, depuis près d'une vingtaine d'années, les IDE passent pour être l'une des plus importantes, sinon la principale clé de développement pour le pays. Dans ce contexte, la Tunisie a commencé par un plan d'ajustement structurel au milieu des années 1980, sous l'œil vigilant du Fond Monétaire International (FMI), qui a participé dans la stabilisation de son environnement macroéconomique. Puis au début des années 1990, dans un environnement international de plus en plus libéral, la Tunisie a adopté une politique d'ouverture encore plus audacieuse qui s'est traduite par la signature d'un accord de libre-échange avec l'union Européenne en 1995 suivie par l'adhésion à l'OMC dans la même année. Ceci a permis l'augmentation des flux d'IDE reçus par le pays, notamment à partir du milieu des années 1990. On se demande alors si les IDE reçus par la Tunisie ont permis réellement de créer des emplois et s'ils ont permis de réduire les flux migratoires. C'est justement dans ce contexte et en se basant sur des statistiques relatives à des institutions tunisiennes spécialisées (pour les IDE ou l'émigration) que nous attachons de montrer l'impact des IDE sur la contribution à l'emploi ainsi qu'à la réduction des flux migratoires. Pour ce faire, nous avons choisi d'organiser notre travail en trois petites parties. Nous commençons par une présentation descriptive et quantitative des IDE ainsi que de la politique d'attractivité suivie par le pays. Nous présentons par la suite l'effet des IDE sur la création d'emploi. Enfin, nous nous intéressons à la description de l'importance et de l'évolution de l'émigration en rapport avec l'effet des IDE sur la diminution de ses flux.

2 PANORAMA DES IDE EN TUNISIE ET IMPORTANCE DE LA POLITIQUE D'ATTRACTIVITÉ

Conscients des problèmes qui pèsent sur leurs économies tels que surtout le chômage, le manque d'épargne, le déficit budgétaire, les pays en développement ont adopté, à partir des années 1990, des politiques importantes d'attractivité aux IDE. En ce qui concerne la Tunisie, il est à signaler que depuis le début des années 1970, le pays a donné une importance majeure aux IDE comme moyen de financement exterieur privilégié. Ce qui a permis d'augmenter les flux d'IDE reçus par ce pays qui ont doublé entre 1997 et 2005 en passant de 365 à 783 millions de dollars avec un taux de croissance de 152% (Agence de Promotion de l'Investissement Etranger en Tunisie (APIET) 2015). En 2010, les IDE ont atteint un montant de 1513 millions de dollars en devançant le Maroc et même l'Egypte, principaux concurrents de la région. Après une chute importante, suite à la révolution sociopolitique, les IDE ont repris leur croissance à partir de 2013. En 2018, leur montant était de l'ordre de 1035 millions de dollars enregistrant une progression de 27,5 % par rapport à 2017. Il s'agit du montant le plus élevé depuis 2014. Mais, grosso modo, à partir de 2011, ils se sont marqués par un fléchissement clair. En effet, selon le classement de Doing Business de 2014, le pays a reculé de cinq places, de la 45éme à la 50éme place. Ce classement est accompagné aussi, d'un recul dans tous les indicateurs. En effet, en 2017, la Tunisie se place à la 103 éme position sur un ensemble de 190 pays, quand on prend en compte l'ensemble des procédures, du coût et du temps nécessaires pour commencer un business et à la position 106 éme en termes de facilité de payer les taxes. Les chiffres de l'APIET ainsi que d'autres institutions nationales telles que la banque centrale indiquent que la Tunisie n'est plus un site aussi attractif que par le passé. D'une manière générale, la part des IDE entrant en Afrique du Nord est tombée à 6,5% pour les deux dernières années, contre une moyenne de 21,6% pendant les années 1990. En 2018, les IDE ne représentent que 2% du PIB de la Tunisie. Selon une étude publiée par la banque centrale tunisienne en 2018, les IDE ont été négativement affectés, entre autres, par la dégradation de la situation géopolitique en relation avec la crise libyenne et le ralentissement de l'économie de la zone euro.

Si l'on se réfère aux flux d'IDE annuels qui représentent de bons indicateurs de l'évolution des avantages de localisation d'un pays, nous avons remarqué une évolution en dents de scie. La lecture des données statistiques révèle l'insuffisance de l'apport des investissements étrangers. Certes, le nombre d'entreprises à participation étrangère ne cesse de croître d'une année à une autre mais de point de vue valeur, ils restent relativement modestes. En fait, cette augmentation demeure jusqu' à maintenant tirée par des opérations de privatisation et d'acquisition engendrant des pics exceptionnels. De même, elle cache des différences énormes en termes d'importance d'ampleur, mesurée par le stock d'IDE par habitant qui est de l'ordre uniquement de 3076 dollars en 2015 (United Nations Public Administration Country Studies (2015)).

En ce qui concerne la répartition sectorielle des IDE pour l'année 2018, elle révèle que le secteur des industries manufacturières se taille la part du lion avec un montant de 426,7 millions de dollars enregistrant une évolution de 16% par rapport à 2017 (Banque Centrale (2018)). Le secteur d'énergie a drainé un montant de 343 millions de dollars. Celui des services a reçu un montant de 236 millions de dollars. Cependant, les IDE dans le secteur agricole demeurent modestes en mobilisant un montant d'uniquement 28,8 millions de dollars. Au niveau de la répartition régionale des IDE, à l'intérieur du pays, les statistiques de l'APIET (2018) ont montré de grandes disparités. En effet, près de 58% du volume des IDE se concentrent dans

le district du Grand Tunis en mobilisant un montant de l'ordre de 400 millions de dollars alors que le district du Nord-Est a drainé 177 millions de dollars.

Pour ce qui est des pays d'origine des investisseurs étrangers, ce sont les pays européens qui maintiennent la majorité des IDE à destination de la Tunisie. Depuis plusieurs années, l'Europe contribue tous secteurs cumulés pour 70 % à 85 % des flux de capitaux investis (APIET (2016)). Les premiers investisseurs sont les Français, talonnés par les Italiens et les Allemands. La France est présente principalement dans les secteurs manufacturiers. À titre d'exemple, les secteurs du textile-habillement et celui du cuir et de la chaussure représentent la moitié du nombre d'entreprises à participation française. Pendant ces dernières années, les IDE français et italiens se concentrent de plus en plus dans les centres d'appels. La même période a connu, cependant, l'entrée du Qatar comme un des principaux investisseurs. En 2018, la France a maintenu sa première position en injectant des investissements d'une valeur de 236,3 millions de dollars. Le Qatar se place en deuxième rang avec un volume d'investissement de 180,8 (BCT (2018)). L'Italie vient en troisième rang avec un montant de 58 millions de dollar puis l'Allemagne avec des investissements de 51,4. Au niveau du nombre d'emplois, la France, l'Allemagne et l'Italie occupent les trois premières places. Cependant, au niveau des projets créés, les trois premiers pays sont respectivement la France, l'Italie et l'Allemagne.

En ce qui concerne la politique d'attractivité, le pays avait toujours une politique basée sur une volonté de libéralisation de son économie et son insertion dans l'économie internationale à travers la porte de l'UE. De sa part, l'Europe a eu depuis longtemps une approche globale méditerranéenne. Conçue dès la fin des années 1960, cette approche avait aboutie à la signature d'une panoplie d'accords commerciaux dans lesquels, la Tunisie a d'abord bénéficié d'une manière non réciproque, d'un accès libre de ses produits industriels et d'un accès préférentiel de ses produits agricoles. Puis, en 1995, la signature de l'accord de partenariat Euro-méditerranéen a représenté pour la Tunisie l'évènement le plus important de politique extérieure et a couronné sa politique d'ouverture accrue envers le vieux continent. En effet, pour la première fois, depuis sa création, l'UE a défini un projet global d'intégration vis à vis de son Sud. Aujourd'hui, ces accords se situent dans un nouveau contexte de mondialisation, de globalisation financière et de multilatéralisme au sein de l'OMC mais aussi au sein de la montée d'un nouveau régionalisme Nord-Sud. La nouvelle dynamique d'insertion de la Tunisie à l'économie internationale, initiée par la signature de l'accord de libre-échange et l'adhésion à l'OMC, s'est traduite par une ouverture accrue sur le capital international. En fait, un des objectifs des plus importants visés par l'accord de Barcelone était le drainage des IDE qui vont permettre au pays de remédier aux problèmes relatifs à l'insuffisance de l'épargne, à la création d'emplois ainsi qu'au transfert technologique.

Outre sa politique d'ouverture accrue, la Tunisie a déployé beaucoup d'efforts afin d'améliorer l'attractivité de son site. Cette politique d'incitation a commencé, d'ailleurs, dès 1972. Puis, depuis le début des années 1990, nous avons remarqué que la perception de la Tunisie vis-à-vis des IDE ne cesse de se renforcer. Le pays n'a pas manqué, donc, de mettre en place un ensemble de politiques économiques stabilisatrices qui ont permis de réaliser une stabilité macro-économique se renforçant par un soutien étranger sous forme de rééchelonnement de la dette.

Sur le plan institutionnel, l'effort du pays en matière d'attractivité, s'est traduit par la naissance d'une agence de promotion des IDE qui se concentre sur la présentation et l'énumération des atouts du pays. Ces atouts ne cessent de s'améliorer, depuis déjà les années 1970, lorsque la Tunisie a donné des privilèges fiscaux à l'investisseur étranger, qui restent jusqu' aux nos jours une référence pour la région du Nord, de l'Afrique et du Moyen Orient. La mise en œuvre d'un code d'incitations aux investissements en 1993 a joué aussi un rôle important dans l'augmentation des flux d'IDE vers le pays. Il s'agit surtout du secteur manufacturier qui a été nettement ciblé dans ce code. En effet, parmi les incitations qui ont représenté des facteurs d'attractivité importants sont les exonérations fiscales ainsi que la prise en charge des cotisations sociales et des frais d'infrastructure. En plus, le pays a construit des zones franches constituant pour l'investisseur des pôles de compétitivité importants. Elle a pu, aussi, réduire d'une manière remarquable, les formalités administratives. Aujourd'hui, il est possible de créer une entreprise en 11 jours. De point de vue protection des investissements, la Tunisie est signataire des accords de garantie et de protection des investissements avec plusieurs pays. A ce niveau, il était remarqué qu'aucun cas de controverse n'a été enregistré auprès de la CNUCED (CNUCED (2018)). Elle a aussi réalisé des chiffres importants, d'après Doing Business (2015), de point de vue transparence des transactions ou notamment responsabilité des managers.

3 L'IDE COMME FACTEUR DE CRÉATION D'EMPLOIS: UN EFFET LIMITÉ

L'IDE a été toujours considéré comme un élément de développement important pour les différents pays. Il est associé au transfert technologique, à l'augmentation des salaires, au financement de l'économie ainsi qu'aux liens avec les entreprises locales. Toutefois, on n'arrive pas à connaitre si l'IDE crée plus d'emplois qu'il n'en détruit. En réalité, les investissements étrangers peuvent créer moins d'emplois puisqu' ils ont tendances à être plus productifs et plus exigeants en termes de compétences. D'un point de vue pratique, plusieurs études ont conclu à peu ou pas d'effets de l'IDE sur l'emploi pour les pays

européens, les Etats-Unis ou quelques pays de l'Amérique Latine. En effet, pour un pays comme le Mexique, aucun effet de l'IDE n'était détecté sur la moyenne d'emplois au niveau des collectivités. D'autres études ont montré, cependant, que l'importance de l'emploi direct généré par les entreprises étrangères dépend des secteurs (Chudnovsky et Lopez (1999)). Dans le même ordre d'idées, Velde et Morrissey (2003) voient que les multinationales paient mieux les salariés les plus qualifiés. Elles créent moins d'emplois non qualifiés, exception faite du secteur du textile.

D'autres études trouvent, cependant, un impact positif de l'IDE sur l'emploi dans les pays en développement (Gries et Jungblut (2004)) mais montrent quand même que ce sont les travailleurs qualifiés qui bénéficient mieux des emplois offerts par les multinationales. Celles-ci privilégient les salariés bien formés en leur offrant des salaires supérieurs par rapport à ceux offerts par les firmes locales (Hunya et Geisheker (2005)). A ce niveau, l'OCDE (2018) a montré dans une étude concernant les effets de l'IDE sur les filiales étrangères des firmes multinationales en comparaison avec celles locales que les premières tendent à employer des effectifs plus nombreux et à offrir des emplois meilleurs que les entreprises locales des pays où elles investissent. En effet, l'étude trouve qu'en moyenne, une multinationale emploie près de deux fois plus de salariés qu'une entreprise locale. Au même temps, les salaires moyens versés par les entreprises étrangères sont supérieurs de près de 50% à ceux des entreprises locales. Ces écarts de salaires sont plus importants en Asie et en Amérique latine.

Les emplois créés par l'IDE peuvent avoir aussi un effet multiplicateur via deux canaux différents (Vézina (2014)). Premièrement, les nouveaux emplois créés peuvent engendrer des salaires plus élevés, augmenter les revenus locaux et stimuler la demande de biens et services. L'augmentation de la demande serait couverte en ajustant la production à travers la création davantage de postes d'emplois et le renforcement de l'augmentation initiale de la demande. Deuxièmement, les relations bidirectionnelles entre les multinationales et les entreprises locales peuvent produire une augmentation de la demande locale de biens et de services.

Pour ce qui est des pays du sud de la Méditerranée, une étude faite par ANIMA dès 2012 a montré, cependant, que les IDE créent peu d'emplois, notamment ceux directs. Selon cette recherche, l'élasticité de la création d'emploi par rapport au niveau d'IDE est très faible. Pour qu'elles soient efficaces, les mesures pro-IDE doivent être accompagnées de mesures de stimulation de l'emploi. En effet, les statistiques disponibles ont montré une grande dispersion des montants unitaires investis par emploi. En moyenne, il faut investir environ 725000 dollars dans ces pays pour créer un emploi direct, ce qui est relativement considérable. Cette constatation rend essentiel le rôle que devrait être joué par les pays hôtes afin de maximiser les effets indirects des IDE, notamment en terme d'employabilité. En particulier, chez les fournisseurs, les clients ainsi que les différents partenaires de l'investisseur. Dans le même contexte d'idées, la CNUCED (2015) a présenté trois façons possibles permettant de tirer profit des opportunités d'emplois créés par les IDE. La première consiste à employer directement dans des opérations situées au sein de l'économie nationale. La deuxième se fait à travers des relations en amont et en aval en relation avec les entreprises domestiques servant comme fournisseurs, sous-traitants ou prestataires de services. La troisième passe, cependant, par la croissance économique qui entraine obligatoirement la création de nouveaux postes. Asiedu (2014) et Norbert (2019) ont montré, de leurs parts, que les IDE peuvent stimuler la croissance et réduire la pauvreté des pays d'accueil de plusieurs manières. D'abord, les IDE créent des emplois directs et indirects. En plus, comme pour la CNUCED, ils créent de nouvelles opportunités d'emploi en relation avec les entreprises nationales. Ce constat n'est nouveau. En effet, d'après des estimations faites par Aaron depuis 1999, l'IDE réalisé dans les pays en développement a créé environ 26 millions d'emplois directs et 41,6 millions d'emplois indirects en 1997. Iyanda (1999) trouve un nombre d'emplois créé plus élevé pour la Namibie de 2 à 4 postes créés pour chaque salarié employé par des sociétés étrangères. Récemment, en 2019, Vezina, Louis, Toews et Gerhard (2019) trouvent, cependant, que pour chaque nouvel emploi créé au Mozambique dans le cadre de l'IDE, 6,2 emplois supplémentaires sont créés dans le même secteur dans le même district. Ainsi, puisque 131 486 emplois ont été directement associés aux entreprises créées dans le cadre de l'IDE, autour d'un million d'emplois, sur presque 9,5 millions d'emplois au total découlent de l'effet multiplicateur de l'IDE.

En plus de leur rôle dans la création d'emplois, les multinationales se distinguent par le versement de salaires plus élevés que ceux versés par les entreprises locales. Ceci améliore le pouvoir d'achat et le niveau de vie des salariés et par la suite la dynamisation de la consommation interne dans les pays hôtes. Asiedu (2014), dans une étude concernant les pays africains, a montré que les entreprises étrangères versent des salaires plus élevés avec des primes relativement importantes allant de 10% en Côte d'Ivoire à 130% au Maroc.

Pour la Tunisie, nous constatons que malgré l'augmentation des flux d'IDE reçus, ils ont consisté souvent en une simple prise de participation dans des sociétés privatisées. Ceci ne peut pas favoriser l'emploi tel que les IDE greenfield se distinguant par la création de nouveaux postes. Au contraire, les opérations de privatisation ont souvent un effet de réduction d'emplois au profit d'employés relativement plus qualifiés. En effet, pour plusieurs ((OCDE (2008), Almedia (2013), Balsvik (2016) et Halegua (2017)), le degré de création d'emploi par les IDE dépend énormément de la forme que prend l'IDE, s'agit-il d'investissements entièrement nouveaux ou de fusions-acquisitions. Ils montrent que ce sont les investissements entièrement

nouveaux qui ont plus de chances à créer des emplois. Dans ce contexte, ils évoquent que l'écart entre les salaires versés par les multinationales et ceux versés par les entreprises locales est important lorsqu' il s'agit d'un investissement nouveau. Cependant, il est amoindri lorsque la filiale est le résultat d'une fusion-acquisition. Ce phénomène est plus marqué pour les pays développés tels que la Suède et le Royaume Uni (Girma, Gorg et Lancheros (2015)). En effet, dans une étude concernant l'impact social de l'IDE sur les pays d'accueil et comprenant deux pays émergents (Brésil et Indonésie) et trois pays de l'OCDE (Allemagne, Portugal et Royaume-Uni) en 2016, Girma et Gorg (2017) ont montré que l'augmentation des salaires moyens par les acquisitions par l'étranger d'entreprises locales est plus marquée dans les économies émergentes (11% au Brésil et 11 % en Indonésie) que dans les pays développés où cette augmentation est comprise entre 3% et 8%. En outre, les résultats montrent que l'effet positif de l'IDE consiste davantage à offrir de meilleures possibilités d'emploi aux nouveaux recrutées qu' à offrir un meilleur salaire aux travailleurs restant en place. Ils ont montré, aussi, que les IDE, notamment dans les pays en développement, sont à l'origine de l'augmentation des inégalités de rémunération des travailleurs qualifiés en poussant à la hausse leurs salaires relatifs. Les écarts de salaire sont de plus en plus faibles lorsqu' il s'agit de personnes ayant le même niveau de qualification. Dans ce cas, il a été montré que les fusions-acquisitions dans les pays développés ont au mieux un effet faiblement positif sur l'écart des salaires, voire même négatif.

En Tunisie, la création d'emplois par les IDE est presque constante durant les cinq dernières années. En 2018, les IDE ont permis de réaliser 565 opérations d'investissement créant 11 469 nouveaux postes dont 9 538 dans les secteurs de l'industrie manufacturière soit 83,2% du total des emplois créés. Il s'agit de 110 opérations d'investissement relatives à la création de projets moyennant une enveloppe de 37,5 millions de dollars d'une capacité d'emplois de 1 458 postes directes. Pour ce qui est des projets d'extension, il s'agit de 455 opérations d'investissement mobilisant 653 millions de dollars pour une capacité d'emploi d'autour de 10 011 postes. Le nombre d'emplois créés par les IDE rapporté au nombre de chômeurs qui est de l'ordre de 640 900 donne une contribution à l'emploi d'environ 1,78%. Ce taux demeure faible en comparaison avec les montants des IDE réalisés et avec le taux de chômage élevé enregistré par le pays qui est de 15,5 % pour la même année. Cet effet relativement faible en termes de création d'emploi peut s'expliquer, entre autre, par le poids relativement faible de l'IDE dans le stock total d'investissement et non pas par leur caractères intensifs en capital. En effet, les implantations étrangères en Tunisie semblent privilégier les modes de production plus intensifs en travail et moins intensifs en capital, qui, accompagnés d'un faible coût du travail, a eu temporairement un effet positif sur la création d'emploi. Ceci a permis la résorption d'une catégorie bien déterminée de main d'œuvre, celle à niveau d'instruction faible. Toutefois, cet effet positif n'a pas cessé de baisser au fil des années. En effet, d'une part, ceci n'est plus possible avec la mutation du marché du travail et l'augmentation du nombre des diplômés du supérieur. D'autres parts, dès la fin des années 1990 et le début de ce millénaire, le pays n'a pas cessé de perdre son avantage coût du travail relatif par rapport aux pays asiatiques. L'adhésion des pays de l'Europe Centrale et Orientale à l'Union Européenne en 2004 ont rendu la tâche de plus en plus difficile. Le changement de la structure des IDE reçus par le pays pendant ces dernières années peut donner, par ailleurs, une explication dans la baisse du taux d'employabilité des IDE. Aujourd'hui, ce n'est plus le secteur du textile habillement qui accapare la part du lion des IDE, mais il y a de nouveaux secteurs qui ont apparu comme surtout celui d'électrique et électronique recevant en 2016, 91 millions de dollars (MD) suivi par le secteur mécanique, métallique et métallurgique avec 36 MD, le secteur agroalimentaire avec 31 MD et le secteur textile-habillement qui se place en quatrième position avec un montant de 16,5 MD. De point de vue emploi, ce secteur demeure en première position en assurant 33% de l'ensemble des emplois assurés par la totalité des IDE reçus par le pays mais ce pourcentage est en baisse continue. En effet, en 2011, ce secteur emploie 54% de la totalité des employés avec 149 175 postes contre un nombre d'uniquement 123 362 en 2018.

Ce qui a été remarquable pour la Tunisie pendant ces dernières années, précisément la période allant de 2008 à 2014, est de distinguer les IDE productifs des IDE spéculatifs et les véritables investissements des simples placements de portefeuille qui ont marqué cette dernière période. Malheureusement, ces flux apportent un afflux de devises immédiat mais ont d'autres conséquences désagréables. En effet, non seulement ils provoquent, à terme, une sortie nette de devises relatives au rapatriement du capital et des intérêts et à court terme un surenchérissement de la monnaie locale faisant baisser la compétitivité internationale du pays mais, notamment, n'ont aucun effet sur l'emploi. En effet, en se référant aux statistiques de l'Agence de Promotion de l'Investissement Etranger pour la période (2008-2014), nous remarquons que les IDE hors énergie n'ont créé que 58 026 emplois nets qui sont très peu pour les besoins d'un pays souffrant énormément d'un sous-emploi important. En effet, en 2014, alors que les quatre principaux investisseurs étaient le Qatar avec 48% de la totalité des IDE, la France avec 24%, l'Italie avec 8% et l'Allemagne avec 6%, les quatre premiers investisseurs portant le plus d'emplois étaient la France avec 36% des emplois générés, l'Italie avec 18%, l'Allemagne avec 16% et la Belgique avec 5%. Il ne s'agit, donc, pas d'un lien direct et systématique entre le volume d'IDE et le nombre d'emplois créés. Il s'agit, plutôt, de l'importance de l'IDE productif pour un pays. A ce niveau, nous avons remarqué, en ce qui concerne les sociétés leur appartenant en tout ou partie pour la même période, que la France détient 41% des entreprises à capitaux étrangers suivie par l'Italie avec 24%, l'Allemagne avec 7%, la Belgique avec 6% et le Royaume-Uni avec 2%. Ainsi, en termes productifs, l'Allemagne, la Belgique ou même le Royaume-Uni sont, pour la Tunisie, nettement plus efficaces que le Qatar qui est à l'origine de presque la moitié des

investissements étrangers pour cette période. Toutefois, si on considère les pays qui ont proportionnellement créé le plus d'emplois par millier de dinar tunisien, nous remarquons que c'est la Belgique qui se place en tête de liste avec 0,36 emplois suivis par le Luxembourg avec 0,26 puis l'Allemagne avec 0,18. La France et l'Italie ne participent qu'avec respectivement 0,06 et 0,08. Nous ne remarquons, ainsi, qu'aucun des pays des trois plus importants investisseurs en montant n'est présent dans les premiers rangs en termes d'employabilité. Cependant, c'est l'Allemagne qui est toujours présente et c'est la Belgique qui est potentiellement le plus créateur d'emplois. Cette disconcordance entre le montant des IDE et leurs effets sur l'emploi peut trouver réponse, en grande partie, dans les orientations qui ont été suivies, par la Tunisie, dans le cadre des politiques méditerranéennes, depuis le protocole de Barcelone. Il s'agit, surtout, de ce que Guillaume Almeras (2014) appelle *le mythe des centres d'appels* qui ont marqué les investissements européens des dernières années non seulement pour la Tunisie mais aussi pour tous les pays du Maghreb. En effet, l'adhésion des pays de l'Europe centrale et orientale à l'Union Européenne a fini par convaincre ces pays dont la Tunisie fait partie qu'ils ne peuvent pas, malheureusement, être de réelles plates-formes d'exportation de produits manufacturiers pour les pays de l'Europe de Sud. C'est justement pour cette raison relative à l'investissement dans les centres d'appels que malgré leurs poids lourds pour les IDE, deux pays comme la France et l'Italie ne sont pas les plus pourvoyeuses d'emplois pour cette période. La situation en termes de création d'emplois est relativement plus médiocre pour les investisseurs originaires du Golfe dont les fonds investis ne représentent que des instruments de gestion de richesse nationale à la recherche de placements relativement sécurisés plutôt que des investissements dans le secteur industriel. En fait, les fonds qataris énormes en 2012 ont été consacrés essentiellement à l'acquisition de 15% de Tunisiana. Ainsi, la conception d'une solution triangulaire UE-pays méditerranéens-pays du Golfe n'est qu'un leurre (Almeras (2014)) du fait que les pays du Golf n'ont pas pu remplacer les pays européens en ce qui concerne l'investissement pour le développement de la Tunisie, comme d'ailleurs pour les autres pays de la rive Sud de la Méditerranée.

Dans tous les cas, nous pouvons dire que le rôle de l'IDE dans la création d'emplois reste limité. Même, ceux créés sont liés aux secteurs intensifs en main d'œuvre faiblement qualifiée tel que le secteur du textile habillement. L'employabilité des cadres supérieurs reste, cependant, très limitée. Au contraire, leur demande demeure relativement élevée dans les pays du Nord. C'est justement pour cette raison qu'on assiste à un mouvement d'émigration de plus en plus important. En effet, les IDE reçus par le pays n'ont pas permis la diminution des flux migratoires des tunisiens vers l'étranger. Au contraire, ils les ont nourrit.

4 LA TUNISIE: UNE MIGRATION TOUJOURS IMPORTANTE

La Tunisie a connu, depuis son indépendance, de grandes vagues de départ à l'étranger. En effet, pendant les années 60 et les années 70, ces flux ont servi pour répondre à un besoin en main d'œuvre pour une Europe en pleine croissance. Il s'agit surtout de personnes illettrées qui travaillent dans le bâtiment et les mines. Puis, dès le milieu des années 80, la crise économique et sociale aiguie qu'a connu le pays a amplifié ces flux. Enfin, la dérèglementation du marché d'emploi ainsi que la baisse considérable de l'emploi dans le secteur public sans une réelle réforme du système productif a fini par augmenter le chômage et par stimuler non seulement la migration organisée mais aussi celle irrégulière ou qualifiée de clandestine. Aujourd'hui, l'Union Européenne représentant le principal espace d'accueil des migrants tunisiens connait une récession économique qui s'est traduit par des opportunités d'emploi moindres, notamment dans les pays qui accueillent traditionnellement ces migrants tels que la France, l'Italie et l'Allemagne. Récemment, les conventions de la migration de travail qui ont été ratifiées par la Tunisie avec la France, l'Italie et la Suisse en 2010 ne permettent que le départ de 3000 travailleurs tunisiens par an, un nombre qui est nettement au-dessous des attentes des autorités tunisiennes. Toutefois, conscients de leurs besoins en main d'œuvre qualifiée, certains pays de l'Europe ont ratifié des accords bilatéraux ou de nouvelles conventions permettant la migration de travailleurs qualifiés provenant des pays tiers tels que la Tunisie.

Dès le début de ce millénaire, la Tunisie a répondu à la pression des pays du Nord, notamment la France, l'Italie et l'Espagne, pour coordonner leurs actions afin de lutter contre la migration irrégulière à travers l'échange de données, la formation des personnels de sécurité et de contrôle au sol ou en mer, la fourniture de matériels de surveillance, etc. Le pays a adopté, aussi, une législation interne qui a exigé des amendes aussi bien contre les trafiquants assurant le passage d'une rive à l'autre de la Méditerranée que contre les migrants eux-mêmes. Ces mesures ont eu pour conséquences la diminution du nombre des débarquements sur les rives méridionales de l'Europe, en particulier, pour les iles italiennes de Sicile et de Lampedusa. Par la suite, le nombre des migrants a passé de 39 800 migrants en 2008 à 11 000 migrants en 2009 pour descendre en 2010 à uniquement 4 500 (Frontex (2010)).

Toutefois, quand les responsables politiques de part et d'autre de la Méditerranée se félicitent du fait que les efforts conjugués et la coopération retrouvée portaient enfin leurs fruits, le déclenchement de la révolution tunisienne suivis par l'éclatement du conflit libyen ont incontestablement brouillé les cartes et ont surtout révélé l'ampleur des crises et des frustrations sociales, notamment en Tunisie (Boubakri (2013)). Ainsi, nous avons compté pendant les trois premiers mois de 2011 des dizaines de milliers de jeunes tunisiens sur l'ile italienne de Lampedusa.

En plus des conditions économiques et sociales difficiles, ces départs massifs peuvent être expliqués par l'existence d'une réserve importante de main d'œuvre composée essentiellement de jeunes, diplômés ou non, au chômage ou aux sous employés. En effet, si le taux officiel de chômage déclaré par les autorités est de 15,5% en 2018, le travail précaire et le sous-emploi touchaient des milliers d'autres tunisiens dans plusieurs domaines, notamment ceux du bâtiment, du tourisme, de l'industrie manufacturière, de l'agriculture ainsi que celui de l'économie informelle.

Toutes ces catégories demeurent des réserves potentielles importantes de migration irrégulière.

La situation est de plus en plus difficile avec le problème des réfugiés provenant de la Libye qui est en guerre depuis 2011.

Aujourd'hui, la situation est plus compliquée avec le problème de terrorisme transmis vers les pays européens à cause de migration irrégulière. En effet, la dernière décennie a connu, malheureusement, des actes dramatiques terribles de terrorisme relatifs à des clandestins qui sont partis à partir des côtes de la Tunisie.

Bien que la majorité des migrants tunisiens sont non qualifiés, dès le début de ce troisième millénaire, nous avons assisté à une modification importante dans le profil des émigrants vers l'Union Européenne (Mrini (2003)) suite à la mise en place de politiques d'immigrations sélectives suivies par les pays d'accueil. En effet, on comptait en 2018, 1,2 millions d'émigrants, soit environ 10% de la population totale dont 83% en Europe et plus de la moitié en France (54%). Les migrants sont en majorité en âge de travailler (74%) dont 18% sont diplômés de l'enseignement supérieur (au moins premier cycle). Le taux d'émigration des diplômés du supérieur est de 12,6% pour la même année atteignant près du double de ceux des migrants peu instruits qui est de l'ordre de 6,4% (Secrétariat d'Etat à l'Immigration et aux Tunisiens à l'Etranger (SEMTE) (2018)). Il est à noter que depuis 2000, la migration a augmenté avec un taux annuel moyen de 4% contre un taux de croissance démographique moyen de l'ordre de 1%.

Ainsi, un pays comme la France qui représente la destination privilégiée des tunisiens a choisi le rapprochement familial qui s'est traduit par l'augmentation du nombre des femmes et des jeunes tunisiens émigrants. Nous avons remarqué également l'augmentation de nombre d'émigrants qualifiés durant la même période. Ce courant s'est de plus en plus amplifié avec le vieillissement des populations des pays de l'OCDE ainsi que par la pénurie du capital humain dans ces pays. Dans ce contexte, l'OCDE n'a pas manqué d'indiquer dès 2005 que « le nombre de diplômés des disciplines scientifiques et techniques est en baisse, alors même que la demande de progrès scientifique et d'innovation technologique est en hausse. Ainsi, pour que l'Union européenne atteigne l'objectif qu'elle s'est fixée, qui consiste à porter ses dépenses de R&D à 3 % du PIB d'ici à 2010, on estime qu'elle aura besoin de 700 000 nouveaux chercheurs. Mais d'où viendront- ils?» (OCDE, 2005). Ce qui s'est traduit, en réponse à l'insuffisance croissante de travailleurs qualifiés, par une forte augmentation du nombre d'étudiants étrangers dans plusieurs pays tel que la France qui a cherché selon l'OCDE à attirer des étudiants puis de les retenir après avoir terminé leurs études. D'autres pays comme le Canada ou les Etats Unis ont cherché, cependant, à attirer à partir des pays du Sud des cadres ayant au moins un bac plus quatre en plus d'une expérience professionnelle d'au moins six mois. On parle, ainsi pendant ces dernières années, de l'accentuation du phénomène de la fuite des cerveaux. Ce genre d'émigration a un effet important sur les pays du Nord en leur permettant de combler un besoin considérable en travail qualifié. En contrepartie, les pays du Sud tirent un avantage de ce courant mais qui reste relativement limité à cause de l'action sélective pratiquée par les pays du Nord qui ont réorienté les priorités de leurs politiques d'immigration afin de favoriser le recrutement de travailleurs qualifiés. Ces politiques restrictives qui représentent une source d'inquiétude des pays d'origine des émigrants peuvent représenter une explication majeure du rôle relativement marginal joué par les flux internationaux de population et du travail dans l'actuel épisode de mondialisation (Faini (2014)). Cette orientation politique contraste nettement, selon le même auteur, avec celle plus libérale qui a joué un rôle clé dans l'ouverture de l'économie mondiale au commerce et aux IDE.

La migration est souvent considérée comme un facteur important de croissance et de convergence des pays d'origine des migrants. Dans ce contexte, Williamson et Taylor (1994) ont montré que les migrations intercontinentales ont été à l' origine de la convergence entre les deux rives de l'Atlantique. Cette convergence peut être expliquée, selon Faini (2014), par la convergence des revenus entre le Nord et le Sud. En effet, non seulement les revenus convergeraient relativement plus vite mais en plus, le large fossé entre les salaires du Nord et ceux du Sud indiquent que les gains du bien être pourraient être importants même en tenant compte des différences de qualité entre les deux types de main d'œuvre.

Cependant, plusieurs études (Docquier et Marfouk (2004), Docquier et Logigiani (2006) et Docquier (2006)) ont montré que les migrations ne profitent pas certainement aux pays d'origine quand les migrants n'apportent que peu ou pas du tout de revenus. En plus, les migrations peuvent priver les pays d'origine de leurs travailleurs les plus qualifiés et les plus talentueux. Il s'agit du phénomène de la fuite des cerveaux. En effet, la littérature (Beine, Docquier et Rapoport (2001), Faini (2004) et Docquier (2006)) a montré que la fuite des cerveaux nuit aux pays d'émigration même quand les travailleurs qualifiés sont en chômage du fait que leur productivité marginale sociale n'est pas nécessairement nulle et donc ils peuvent se déplacer à l'intérieur du pays au lieu d'émigrer. Toutefois, il y a plusieurs raisons qui laissent penser que la fuite des cerveaux n'est qu'un

fléau (Faini (2004)). D'abord, une probabilité d'émigration positive des individus éduqués devrait augmenter les rendements de l'éducation et pourrai même augmenter le nombre de travailleurs qualifiés qui restent dans leurs pays d'origine (Stark et Lucas (1998)). Deuxièmement, les migrants qualifiés sont mieux rémunérés et peuvent par la suite envoyer davantage de fonds, ce qui favorise la croissance dans ces pays (Banque mondiale (2008)). Troisièmement, ils peuvent retourner à leurs pays d'origine avec plus de compétences acquises à l'étranger. Enfin, ils peuvent nouer des liens commerciaux importants avec leurs pays d'origine, ce qui favorise et augmente son attrait aux IDE. Ces IDE peuvent être de plus en plus renforcés par non seulement les informations concernant les opportunités d'investissement qui sont véhiculés par les migrants mais aussi leur présence et leurs compétences peuvent montrer que le pays d'origine offre des possibilités d'investissement rentables. Dans ce cas, les émigrés qualifiés sont les plus à même de générer ce type « d'externalités de diaspora » (Faini (2014)). En effet, même s'ils n'y retournent pas, ils peuvent promouvoir des relations commerciales et financières importantes entre leur pays d'origine et celui d'accueil. A ce niveau, Docquier et Lodigiani (2006) ont montré que les réseaux commerciaux sont généralement dirigés par l'émigration qualifiée.

Pour la Tunisie, nous avons remarqué que l'apparition des nouvelles générations issues de l'immigration a généré la constitution de nouvelles catégories composées d'élites tels que les ingénieurs, les médecins, hommes d'affaires, commerçants, investisseurs, etc.

Nous avons remarqué, aussi, que le niveau d'instruction et d'information des nouveaux migrants tunisiens ne cesse de s'améliorer. Ils sont composés essentiellement des étudiants et des jeunes diplômés.

Parallèlement, nous avons assisté à une évolution importante de la population active (15-59 ans) comptant en 2014 près de 7,5 millions de personnes, soit 69 % de la totalité de la population. Au même temps, nous avons assisté à l'allongement de l'espérance de vie à plus de 75 ans en 2015 qui a été accompagné par l'allongement de la durée de l'activité professionnelle à plus de 60 et même à plus de 65 ans. Ceci a participé à l'augmentation de la population active qui est autour de 8 millions en 2018 et par la suite le nombre des chômeurs qui est autour de 644 900 pour la même année. Ainsi, devant les faibles performances de l'économie nationale, l'émigration se présente comme un substitut relativement important. En effet, la Tunisie est un pays qui souffre d'un taux de chômage élevé qui est autour de 15,5% en 2018 (Institut National de Statistiques (INS (2018))). En particulier des jeunes (de plus de 40% des jeunes ayant un âge de 15 à 24 ans), les femmes (plus de 27%) et surtout les diplômés avec un taux supérieur à 40% (INS (2018)). Malheureusement, face à la faible évolution du PIB, notamment après la révolution de 2011 (le PIB en 2018 est de 2,5%), les créations d'emplois sont loin de répondre à la demande additionnelle qui est en perpétuelle évolution dès le début de ce nouveau millénaire. La part des demandeurs de niveau universitaire dans le volume total des demandes n'a pas cessé d'augmenter passant de 23% en 2001 à 55% en 2007 à 62,9 % en 2018 (INS). La tendance d'ensemble fait apparaitre une évolution permanente du nombre des demandeurs additionnels de niveau universitaire dont le nombre a augmenté entre 2017 et 2018 de 30%. Toutefois, la création d'emplois au profit des diplômés du supérieur demeure faible. En effet, en 2007, sa part a été de 40% de l'ensemble des demandes additionnelles totales (32 000 sur 80 200). En 2018, elle est de 32% (INS (2018)). Cette situation difficile a poussé 28% de la population adulte et notamment, 44% des 15-24 ans à exprimer leur désir d'émigrer si l'occasion se présente dont 22% prévoit de le faire au cours des 12 prochains mois (OCDE (2016)).

D'un point de vue économique, les apports de l'émigration jouent un rôle relativement important dans la préservation d'un équilibre minimum au niveau des paiements extérieurs du pays. En effet, pour la dernière décennie, les transferts des tunisiens résidents à l'étranger couvraient à eux seuls 2 /3 du déficit des transactions courantes du pays (hors revenu du travail) alors que jusqu' au milieu des années 90, ce taux dépasse rarement 50% (Boubakri (2010). Il s'agit également d'une source importante de devises. En 2008, nous avons assisté à un niveau de transferts important représentant 5% du PIB et 77,7% des recettes touristiques, 21,8% de l'épargne nationale (Secrétariat d'Etat à l'Immigration et aux Tunisiens à l'Etranger (SEMTE) ((2008))). Il est aussi à remarquer que ces transferts ont été de 106,1% des IDE c'est à dire qu'ils ont été plus importants que les IDE en les dépassant de 6,1%. Ce qui montre que la Tunisie gagne en termes d'emplois à l'exterieur qu' en termes d'investissements directs étrangers à l'intérieur du pays. En 2016, les transferts de fonds s'élèvent à 4,2% du PIB (SEMTE (2016)). Toutefois, en termes d'emplois, ni l'émigration ni notamment les IDE n'arrivent à créer suffisamment d'emplois par rapport au besoin du pays. En effet, le niveau de chômage reste important, surtout pour les diplômés du supérieur.

Afin de réduire le chômage et les flux d'émigration, notamment celle clandestine qui est devenue souvent une source de terrorisme pour les pays européens, la Tunisie est invitée à réviser sa politique d'attractivité aux IDE. En effet, pour séduire les investisseurs étrangers, le pays est appelé à améliorer sa compétitivité. A ce niveau, il est important de développer la relation entre les IDE et la croissance afin d'évoluer vers une causalité à double sens témoignant de la maturation de l'économie. Ce qui peut permettre une transformation importante dans les stratégies des multinationales d'une stratégie de l'efficiency-seeking fondée sur le différentiel de coûts de production à une stratégie de market-seeking caractérisée par des perspectives de marchés dépassant largement les avantages relatifs aux faibles coûts de la main d'œuvre. Malheureusement, la Tunisie

reste encore, depuis déjà les années 1970, l'esclave de sa politique d'attractivité basée sur la faiblesse des coûts de la main d'œuvre et n'a pas pu évoluer dans la chaine de valeur internationale. En effet, dès 1972, le début de l'entrée des IDE vers ce pays, les motivations restent les mêmes, exploiter un bas salaire pour effectuer des opérations de sous traitance sans contenu technologique important afin de produire des biens qui seront tournés par la suite vers l'exportation. Actuellement, le système offshore sur lequel, le pays a basé sa politique d'attractivité est épuisé à un point où le pays est inscrit sur la liste noire des juridictions fiscalement non-coopératives en décembre 2017. Les mesures relatives à ce système avaient également pour but d'introduire le pays dans la "chaîne de valeur mondiale". Malheureusement, la Tunisie n'a pas réussi à mettre en avant ses compétences et est restée piégée en bas de cette chaîne. Ce constat reste correct tant que les flux d'IDE reçus par le pays sont loin d'être comparés de point de vue quantité ou qualité avec les grands pays attractifs d'IDE. En effet, il ne suffit pas d'énumérer les avantages offerts par un site mais il faut que ce site intéresse, d'abord, une multinationale. Désormais, ces multinationales cherchent toujours à maintenir, voire, renforcer un niveau de compétitivité, déjà élevé. Or ceci ne peut se réaliser qu'à travers un marché dynamique à pleine croissance quantitativement et qualitativement. Le secteur privé doit jouer son rôle dans la dynamisation de l'économie et doit participer à sa mutation d'une économie tirée par le faible coût des facteurs de production à une économie dynamique d'efficience au sens de Porter tirée par l'innovation et les services qui devraient être les sources principales de l'avantage comparatif. Tant que cet objectif n'est pas atteint, on voit mal comment peut-on parler, encore, d'une politique d'attractivité réussie adoptée par la Tunisie. Le passage à une économie d'efficience nécessite une modernisation du système productif à travers des efforts considérables dans la recherche et développement. En effet, pour profiter au maximum des externalités positives des IDE notamment celle relative au transfert technologique, il faut avoir une main d'œuvre bien formée pour pouvoir assimiler ces connaissances. Ainsi, dans cette ère de concurrence énorme des sites, la Tunisie, si elle veut rester dans la course doit cesser de jouer le rôle de pourvoyeurs de main d'œuvre non qualifiée et doit développer un savoir-faire capable de rendre disponible une main d'œuvre qualifiée dans un environnement productif et efficace.

5 CONCLUSION

Le problème de chômage représente aujourd'hui une grande source d'inquiétude dans les pays du Sud. L'absence de solutions internes poussent ces pays à les chercher ailleurs, dans les pays du Nord à travers les IDE ou notamment l'émigration. En ce qui concerne les IDE, nous avons remarqué, souvent, que lorsqu' ils sont de montants importants, ils concernent des opérations de privatisation. Sinon, ils se limitent à des opérations de sous-traitance sans valeur ajoutée ou contenu technologique importants. Ceci limite l'effet de l'IDE sur l'emploi des diplômés du supérieur qui représentent pour la Tunisie un fardeau et qui rendent la situation sociale de plus en plus difficile pour un pays qui voit tous ses indicateurs en décroissance depuis la révolution. Les problèmes sociaux ont accentué les mouvements migratoires, notamment celle clandestine. Ce genre d'émigration a soulevé beaucoup de critiques de la part de l'Union Européenne, principale partenaire économique du pays. En contrepartie, de l'autre côté, les pays du Nord essaient, d'une part, de stopper les flux migratoires provenant des pays du Sud. De l'autre part, leur pénurie de main d'œuvre liée à leur dynamique démographique les oblige à adopter des politiques sélectives encourageant les étudiants, les chercheurs ainsi que les cadres qualifiés à s'installer sur leur territoire. Toutefois, cette stratégie n'a pas empêché un certain arbitrage concernant des domaines particuliers, pour lesquels ces pays choisissent de garder ces cadres dans leur pays d'origine en déplaçant du Nord vers le Sud quelques activités pour lesquelles la main d'œuvre qualifiée est moins couteuse à employer localement plutôt que dans les pays d'accueil. C'est justement, cet état des faits qui a expliqué les tendances de délocalisation récentes dans le secteur de télécommunication, surtout les centres d'appel, vers les pays du Sud tels que la Tunisie. Malheureusement, ce secteur ne rassure pas des créations d'emploi stables pour le pays dans la mesure où, contrairement, à l'industrie, le capital fixe dans le secteur des services est minime rendant ainsi les emplois potentiellement plus mobiles (Wazzani et Souaf (2006)).

La Tunisie est un pays qui confronte un taux de chômage relativement élevé, surtout pour les diplômés de l'université. Nous ne pouvons, à notre avis, qu'appeler à plus d'analyses face aux flux d'IDE, ainsi qu'à plus de circonspection face à des politiques de développement qui font d'eux le levier primordial de la création d'emploi et de la croissance économique. Toutefois, les IDE peuvent participer à la diminution de ce taux si le pays adopte une nouvelle politique d'attractivité qui prend en considération le développement de la structure des emplois offerts par le pays pendant les deux dernières décennies avec l'arrivée d'un grand nombre de diplômés du supérieur. Il s'agit, tout court, de passer d'une politique basée sur le faible coût d'une main d'œuvre non qualifiée comme l'unique avantage comparatif à une politique d'économie d'efficience où l'innovation et la qualification de la main d'œuvre représentent les sources principales de l'avantage comparatif.

Ceci va permettre la diminution des flux migratoires, notamment celle irrégulière vers les pays du Nord sans pour autant empêcher les flux relatifs à ceux qualifiés, à condition qu'ils soient organisés et bien étudiés par l'avance et non pas d'une manière au hasard. En effet, ces flux peuvent aider le pays à travers le transfert de revenu ou notamment l'échange de connaissances et de compétences.

REFERENCES

[1] Almeida, R. (2007), «The Effects of Foreign Owned Firms on the Labor Market», Journal of International Economics, Vol. 72, n° 1, p. 75-96.
[2] Almeras. G: « Quel apport des IDE en termes de création d'emplois en Tunisie ? », Econostrum. Info.
[3] ANIMA Investment Network (2012): « L'impact des IDE sur le développement économique des pays. Etat de l'art et application a la région MED. ».
[4] ANIMA (2016): « 10 ans d'investissements étrangers et partenariats d'affaires en Méditerranée (2006-2015). ».
[5] Agence de Promotion de l'Investissement Etranger (2014, 2015, 2016, 2017, 2018): « Rapport sur l'investissement direct international en Tunisie. ».
[6] Asiedu. E (2014): «Does foreign aid in education promote economic growth? Evidence from Sub-Saharan Africa », Department of Economics, the university of Kansas.
[7] Balsvik, R (2006): «Is Mobility of labour a channel for spillovers from multinationals to local domestic firms?» Norwegian School of Economics, document interne.
[8] Banque centrale de Tunisie (2016, 2017, 2018), https://www.bct.gov.tn/
[9] Beine. M, Docquier. F et Rapoport. H (2001): « Brain drain and LDCs growth: Winners and losers», IZA Discussion Paper n. 819, IZA, Bonn.
[10] Boubakri. H (2010): « Migration pour le travail décent, la croissance économique et le développement: le cas de la Tunisie. », Cahiers des migrations internationales Numéro 102.
[11] Boubakri. H (2013): « Les migrations en Tunisie après la révolution. », Confluences Méditerranée.
[12] Boubakri. H (2015): « Migrations et asile en Tunisie depuis 2011: vers de nouvelles figures migratoires ? », Revue européenne des migrations internationales, vol. 31- n 3 et 4 2015.
[13] Boubakri. H et Potot. S (2016): « Migrations et révolution en Tunisie. », HAL archives-ouvertes.fr.
[14] Brewer. T. L et Yong. L (2000): « The multilateral investment system and multinational enterprises » Oxford University Press.
[15] CNUCED (2005): « Le développement économique en Afrique: repenser le rôle de l'IDE. » Genève, Nations Unies.
[16] Docquier. F (2006): « Fuite des cerveaux et inégalités entre pays. », Revue d'Economie du Développement.
[17] Docquier. F et Lodigiani. E (2006): «Skilled migration and business networks » mimio, universities catholique de Louvain.
[18] Docquier. F et Marfouk. A (2004): « Measuring the international mobility of skilled workers (1999-2000) » Policy Research Working Paper n. 3381, the World Bank, Washington.
[19] Faini. R (2006): « Remittances and the brain drain », CEPR Discussion Paper n. 4031, CEPR London.
[20] Faini. R (2014)): « Migrations et Transferts de fonds: Impact sur les pays d'origine«, Revue d'économie de développement vol 15, pp 153 à 182.
[21] Frontex (2011): «The annuel Risk Analysis», Extract, p36.
[22] Girma. S et Gorg. H (2017): «Evaluating the foreign ownership wage premium using a difference-in-differences matching approach», SSRN Electrnic Journal 72, pp 97-112.
[23] Girma. S, Gorg. H et Lancheros. S (2015): «Estimating direct and indirect effects of foreign direct investmen on firm productivity in the presence of interactions between firms», Journal of International Economics, Elseiver, vol. 95 (1), pp. 157-169.
[24] Halegua. A (2017): «The Debate Over Raising Chinese labor standards goes international», Havard Law Policy Review.
[25] Institut National de la statistique tunisien (2016, 2017, 2018), www.ins.nat.tn/
[26] Iyanda (1999): «The impact of multinational entreprises on employment, training and regional development in Namibia and Zimbabwe: A preliminary assessment», International Labour Office Geneva.
[27] Mainguy. C (2004): « L'impact des IDE sur les économies en développement. », Revue Région et Développement n 20, 2004.
[28] Morrisey. Q et Velde Te. D. W (2003): «Do Workers in Africa get a wage premium if employed in firms owned by foreigners?», Journal of Africain Economies, pp 41-73.
[29] Mrini. Z (2003): « Migrations et Développement: cas du Maroc. », Journée Itinérante Arc Latin, Barcelone 25 Novembre, p 7.
[30] Norbert. P. V (2019): « Impact des IDE sur la productivité en république démocratique du Congo: une analyse empirique », IOSR Journal of Economics and Finance, volume 10, pp 84-92.
[31] OCDE (2005): « Tendances des migrations internationales. ».
[32] OCDE (2008a): «Les entreprises multinationales favorisent-elles l'amélioration des rémunérations et des conditions de travail ?», Perspectives de l'emploi de l'OCDE, Paris: OCDE.
[33] OCDE (2012): « L'investissement direct étranger au service du développement. ».
[34] OCDE (2016): «Connecting with emigrants. » A global profile of diasporas. Paris.

[35] Secrétariat d'Etat à l'Immigration et aux Tunisiens à l'Etranger (SEMTE) ((2013)): « Vers une stratégie nationale en matière de migration et des tunisiens à l'étranger. ».
[36] SEMTE (2016): « Répartition de la communauté tunisienne à l'étranger. ».
[37] Stark. O et Lucas R. E. B (1998): «Migration, remittances, and the family », Economic, Development and Cultural Change, 36, pp 465-481.
[38] Wazzani. Y et Souaf. M (2006): « La création d'emplois par les IDE au Maroc: un apport limité à la réduction du chômage et des flux migratoires. », Autrepart n 37, pp 19-35.
[39] World Bank (2008): «In migration and development » Development Prospects Group.
[40] World Bank Group (2016): «Doing Business Economy Profile 2017: Tunisia » World Bank, Washington.

International Journal of Innovation and Applied Studies
ISSN 2028-9324 Vol. 39 No. 2 Apr. 2023, pp. 898-904
© 2023 Innovative Space of Scientific Research Journals
http://www.ijias.issr-journals.org/

De « *l'esthétique médiatique appliquée* » à une esthétique générale du discours télévisuel d'information

[From « *applied media aesthetics* » to a general aesthetics of television news discourse]

Manal El Akhdari

Laboratoire: Cultures, Représentations, Education, Didactique et Ingénierie de Formation, Faculté des Lettres et des Sciences Humaines Dhar El Mahraz, Université Sidi Mohammed Ben Abdellah, Fès, Morocco

Copyright © 2023 ISSR Journals. This is an open access article distributed under the ***Creative Commons Attribution License***, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

ABSTRACT: News discourse, especially in television, is more relevant than ever in light of Information and Communication Technologies (ICT) evolutions. News television channels broadcast almost the same main information across the world. Thus, the challenge is no longer exclusively the content, but also, above all, the form of the content presented on TV screens. The information process depends both on what is said and shown and on what carries this content. In this regard, we should attempt to identify the general aesthetics of news media. To reach this goal, we should answer these questions: which discourse components appeal to the public's sensitivity? What is the difference between « Applied Media Aesthetics » and general aesthetics of television news discourse? Throughout this article, we tried to answer the above mentioned questions in an attempt to identify the aesthetics of television news discourse.

KEYWORDS: Discourse's aesthetics, media, television, form, content, texts, sounds, images.

RESUME: Le discours d'information, télévisuel en particulier, est plus que jamais d'actualité compte tenu des évolutions que connaissent les Technologies de l'Information et de la Communication (TIC). Les chaines de télévision d'information diffusent pratiquement les mêmes grandes nouvelles imposées par l'actualité qui se produit un peu partout dans le monde. Ainsi, le défi n'est plus exclusivement le contenu, mais aussi, et surtout, la forme de ce qui est diffusé sur les écrans. Dans ce sens, le processus d'information dépend à la fois de ce qui est dit et montré et de ce qui porte ce contenu. C'est dans ce sens que nous nous interrogeons sur l'esthétique générale du discours d'information télévisuel. Pour pouvoir identifier cette esthétique, quelques questions s'imposent: Quels sont les composantes du discours qui interpellent la sensibilité des téléspectateurs ? Quelle est la différence entre « l'esthétique médiatique appliquée » et l'esthétique générale du discours télévisuel d'information? Nous avons tenté de répondre à ces questions à travers cet article dans le but d'identifier l'esthétique du discours télévisuel d'information.

MOTS-CLEFS: L'esthétique du discours, médias, télévision, forme, contenu, textes, sons, images.

1 INTRODUCTION

Le discours médiatique est le discours « par lequel se constituent les normes du dévoilement et de l'exposition des discours sociaux, ce qu'une société donne à voir d'elle-même en octroyant aux médias la mission de spctacularisation» [1]. Le discours médiatique et celui journalistique se chevauchent et se superposent parfois, en particulier au niveau de la visée communicationnelle, des supports et de l'intentionnalité. Le discours journalistique est plus rare, mais il dispose en même temps d'une certaine autorité tirée de sa crédibilité auprès du public. Le discours journalistique est crédible car il est construit par des professionnels des médias censés respecter les règles journalistiques de bases et les principes déontologiques.

Corresponding Author: Manal El Akhdari

Le discours télévisuel d'information, propre notamment au journal télévisé et à ses composantes dont les reportages, les commentaires sur images, les portraits et les interviews ainsi qu'aux magazines d'information, vise à accomplir une mission d'information vis-à-vis du public. Cette mission ne peut être réussie dans un contexte de concurrence entre les médias à l'échelle internationale, notamment avec les médias en ligne, sans la prise en considération du jugement porté par le téléspectateur sur le texte, les images et les sons diffués par la télévision.

Cette exigence qui s'impose aujourd'hui dans toutes les rédactions du monde nous pousse à nous interroger sur ce qui séduit les téléspectateurs au-delà des contenus des programmes d'information dont une bonne partie est diffusée par toutes les chaines d'information. Il est question de savoir ce qui pousse un téléspectateur à opter pour une chaine au détriment d'une autre ou pour un programme précis.

Nous nous intéressons ainsi à la visée pathémique ou expressive qui consiste à susciter un état émotionnel agréable ou désagréable chez le récepteur. Dans ce sens, nous nous intéressons à l'esthétique comme étant une expression personnelle [2] ou un concept normatif [3] à l'origine d'un jugement de goût général formé à travers une perception des objets médiatiques en mesure de provoquer ou d'intensifier des émotions. Ce jugement peut être porté sur les textes communiqués par la chaine, sur les images, sur les sons ou sur ces trois éléments à la fois du moment que la télévision est un média qui fait appel à tous les sens.

En effet, le jugement porté sur l'objet télévisuel dépend d'une spectacularisation générale. «Aucun genre informatif n'échappe à la spectacularisation, du magazine au débat en passant par le journal télévisé, qu'il soit diffusé en direct ou en différé, enregistré en extérieur ou en plateau. Les nombreux procédés de mise en scène du réel, institués, développés au cours des années, coucourent donc tant à renforcer l'authenticité, le sérieux de l'information qu'à en assurer son attrait, son succès » [4].

A travers cet article, nous tenterons de définir où réside l'esthétique générale du discours télévisuel d'information en prenant en considération non seulement le contenu, mais aussi la forme des objets médiatiques. Il est question d'identifier les éléments qui suscitent l'émotion et qui s'adressent à la sensibilité des publics des chaînes de télévision. Afin de définir ces éléments, il est nécessaire de répondre à deux questions centrales:

- Qu'est ce qu'une esthétique générale du discours télévisuel d'information ?
- Quels sont les éléments du discours en question qui sont en mesure de s'adresser à la sensibilité du public ?

2 MÉTHODOLOGIE

Ce travail de recherche s'inscrit dans l'analyse documentaire [5] dont les principales étapes sont la préparation de la recherche, la sélection des sources d'information, la recherche des documents, l'évaluation de la pertinence des sources et la mise en place de la veille documentaire. Cette analyse nous permettra de nous arrêter dans un premier sur les concepts de « l'esthétique appliquée », de « l'esthétique générale", de « la forme » et du « contenu ». Dans un second temps, il sera question d'interroger « l'esthétique textuelle», « l'esthétique du son » et « l'esthétique de l'image ». D'autres concepts, puisés dans des domaines de recherche divers dont la psychologie, la sociologie, l'anthropologie et la philosophie, seront mobilisés afin de répondre aux principales questions posées dans l'introduction.

Nous nous inscrivons ainsi dans une approche interdisciplinaire caractérisant la recherche en Sciences de l'Information et de la Communication (SIC). Cette approche s'impose par la nature même du domaine de recherche, car le discours télévisuel est récent avec seulement quelques dizaines d'années d'études [6] par rapport à d'autres disciplines qui le traversent et qui s'invitent dans son traitement.

Si la pluridisciplinarité consiste à mettre en convergence plusieurs disciplines pour traiter une question donnée sous plusieurs aspects et désigne le transfert des concepts d'une discipline à l'autre [7], l'interdisciplinarité renvoie à l'échange [8] de concepts entre ces disciplines. C'est le cas dans ce travail avec le concept de l'esthétique longtemps employé comme adjectif renvoyant à la perception du beau [9] ou à l'expression de l'artistique ou du littéraire et qui sera étudié dans le cadre du discours télévisuel d'information.

3 LA RELATION ENTRE LA FORME ET LE CONTENU DANS LE DISCOURS TÉLÉVISUEL D'INFORMATION

La distinction entre la forme et le sens réside dans la fugacité de l'un et la durée de l'autre; « les formes ne sont pas alors le réceptacle ou le support du sens, mais plutôt ses contours, et son miroitement » [10]. Dans le cas de l'Interview, c'est sa forme et son organisation en questions/réponses qui reflètent le genre qu'elle représente et lui donne sens en même temps. Or, ce sens se construit et se spécifie au fur et à mesure que le temps de l'interview passe et le dialogue entre le journaliste et l'invité s'approfondit.

Il est à noter ici que même en cas de changement de la forme, une interview en portrait par exemple, le même sens peut être préservé témoignant, ainsi, de la fugacité de la forme et de la durabilité du sens.

Si la forme dans la psychologie sociale est la manière dont s'opère la relation entre les individus en interaction, dans la télévision, elle constitue la manière dont s'établit la relation entre les éléments en interaction dans un même genre et entre les genres qui s'interposent dans un même média. De ce fait, la forme est déterminante dans la construction du contenu qui ne peut exister sans qu'il ne prenne forme. Autrement dit, la forme est ce qui rend le contenu social identifiable chez ses récepteurs alors que le contenu est ce qui lui confère un sens. Par ailleurs, comme l'explique Célestin Bouglé, « pour qu'une idée pénètre une société, il faut qu'il y ait, entre la nature de celle-là et la structure de celle-ci, une sorte d'harmonie préétablie» [11]. Bouglé souligne ainsi le concept de «compatibilité » entre le contenu et la forme qui le porte. Toutes les idées ne peuvent être présentées sous toutes les formes, car des considérations d'ordre professionnelles, sociales, culturelles, économiques ou politiques doivent être prises en compte.

Les éléments déterminants de la forme aussi bien temporels, spatiaux que techniques suivent le choix éditorial du média. Sur le plan temporel, l'identité de la chaîne s'exprime à travers le moment de production et de diffusion d'un genre journalistique. Les indicateurs temporels sur lesquels se basent le média sont déterminants; une chaîne étatique dont la ligne éditoriale est fortement imprégnée des versions officielles favorise la couverture des événements mettant en exergue les initiatives du gouvernement. Cela explique le choix par le média des périodes riches en événements et en informations qui sont en faveur des actions étatiques pour se déployer en force et programmer plus que d'habitude des reportages, des interviews, des sujets d'analyse. Sur le plan technique, les médias dédient de grands moyens aux événements et informations qui sont en phase avec leur ligne éditoriale qui n'est pas à confondre avec la charte interne [12] qui désigne les règles de bonne conduite adoptées par les équipes du média et qui font partie de la déontologie des métiers médiatiques.

Par ailleurs, la forme des genres journalistiques doit être en harmonie avec la ligne éditoriale qui représente « toute proposition ou tout ensemble de propositions, plus ou moins cohérentes et systématisées, permettant de porter des jugements de valeur sur un ordre social (ou secteur quelconque de l'ordre social), de guider l'action et de définir les amis et les ennemis » [13].

La ligne éditoriale est ainsi une composition complexe d'idées et de discours exprimés à la fois par le contenu et la forme. Dans ce sens, la forme médiatique est plus qu'une enveloppe du message télévisuel. Elle est une partie de ce message qui raccourcit le chemin pour le téléspectateur aspirant à identifier l'orientation de la chaîne. Ainsi, l'esthétique générale du discours télévisuel d'information que nous essayerons de définir ne peut être pensée en dehors d'une prise en compte de la forme et du contenu en tant qu'ensemble, un tout.

4 L'ESTHÉTIQUE MÉDIATIQUE APPLIQUÉE

Un bon sens de jugement esthétique est nécessaire dans l'appréciation des programmes télévisés qui suscitent du plaisir ou du déplaisir. L'esthétique concerne ainsi les vidéos, les séries, les films, les journaux, la téléréalité… Dans le respect du « *contrat d'information médiatique* » [14] auquel sont soumises toutes les chaines et dans le but de susciter l'appréciation esthétique des téléspectateurs, les objets médiatiques sont censés être présentés de manière à ce que l'expérience télévisuelle du public soit « intensifiée » [15]. « Ce qui est «beau» engendre le plaisir et le plaisir engendre la satisfaction » [15], mais ce qui n'est pas jugé beau par les téléspectateurs peut constituer aussi un objet esthétique du moment qu'il suscite de l'émotion.

L'esthétique médiatique appliquée (« Applied media aesthetics ») n'analyse pas uniquement les formes de production des médias mais aussi leur synthèse. Elle s'intéresse spécifiquement à l'efficacité communicationnelle des différents facteurs artistiques de production (éclairage, mouvements, images, sons…) et accorde une attention particulière à l'interaction synergique entre les éléments de production [17]. De ce fait, l'esthétique médiatique appliquée est un processus qui permet d'examiner, d'analyser, d'évaluer et de scruter un certain nombre d'éléments multimédias tels que l'éclairage et la composition des images, leur interaction et la réaction du public à ces éléments médiatiques. L'intensification, la clarification et l'interprétation des expériences des producteurs de télévision relèvent du domaine de l'esthétique médiatique appliquée; « quand on regarde à travers l'objectif de l'appareil pour composer une photo pour l'écran, pour organiser des images sur un écran d"ordinateur, ou pour éditer un film ou une séquence vidéo, on est engagé dans l'acte créatif de clarification, d'intensification et d'interprétation de quelques éléments et expériences pour une audience particulière » [17].

5 UNE ESTHÉTIQUE GÉNÉRALE DU DISCOURS TÉLÉVISUEL D'INFORMATION

Au-delà de l'esthétique médiatique appliquée, nous nous intéressons à l'esthétique des médias au sens large. Cette expression sonne la discordance vu le rapprochement de concepts modernes et anciens qu'elle affiche; elle est associée d'une part à la société de masse et à la théorie de l'information, et de l'autre, au monde du goût longtemps associé aux beaux-arts. La difficulté du traitement de l'esthétique dans les médias relève des complications auxquelles font face les études des médias de manière générale, divisées entre des spécialités académiques différentes et dispersées. Pour Liv Hausken, l'esthétique des médias produit une convergence entre la problématique de la singularité et de la multiplicité. D'ailleurs, on considère que les médias constituent une sorte de corps collectif (sponsors, hiérarchies administratives et éditoriales, intérêts hétérogènes…), mais chaque média est en même temps unique dans sa

technique et sa pratique [18]. La notion de singularité est une caractéristique majeure de l'esthétique moderne de Clement Greenberg à Michal Fried. Elle est propre à cette époque où l'esthétique médiatique était en quête d'une sorte de pureté loin de l'hybridité et des interactions. Plus tard, le postmodernisme s'est imposé en renonçant aux médias en tant que formation singulière au profit de pratiques se situant entre les images, les mots et les sons, entre les concepts et les performances et entre les corps et les espaces [19]. Cela explique l'émergence actuelle des relations entre différentes disciplines alors que l'étude des médias, d'information en particulier, entretenait des liens relativement pauvres avec l'art et la technologie.

Nous distinguons trois catégories de l'esthétique dans le discours télévisuel d'information: l'esthétique textuelle, l'esthétique de l'image et l'esthétique du son.

5.1 L'ESTHÉTIQUE TEXTUELLE

Les formes traditionnelles du journalisme constituées de la presse écrite, de la radio et de la télévision ainsi que les formes nouvelles ou électroniques partagent les concepts, les règles professionnelles, les grandes fonctions d'information, d'éducation et de divertissement, mais aussi le recours au texte écrit pour véhiculer une partie considérable de leurs messages. Les récentes études de l'esthétique des médias audiovisuels penchent majoritairement vers les aspects non textuels du concept de l'esthétique; elles favorisent les aspects généraux de mise en page, de planification et de conception de la production des médias. Qu'il s'agisse d'un média imprimé ou audiovisuel, «l'esthétique textuelle est considérée comme le style ou la manière dont certains éléments d'une langue écrite sont arrangés pour susciter à la fois satisfaction et plaisir chez le lecteur » [20]. La communication doit être assurée à travers des mots efficaces [20] qui forment des phrases puis des paragraphes appelés à transmettre le message de manière claire.

Dans l'esthétique textuelle des médias, plusieurs règles doivent être prises en compte. Ces règles rejoignent celles du journalisme qui déterminent le niveau du professionnalisme du média et qui influencent la relation qu'il entretien avec son public.

5.1.1 LA COHÉRENCE

Liée au niveau sémantique et informationnel du produit médiatique, la cohérence incarne les liaisons qui nous permettent en tant que récepteurs de comprendre ce que l'on nous dit à travers un enchainement logique des idées développées tout au long de l'article, du sujet radiophonique, du reportage télévisé ou de tout autre objet d'analyse. Ce que les médias nous disent doit être logique, et de ce fait, compris comme un tout. La cohérence du texte médiatique se dégage des composantes de chaque phrase, étant l'une des parties majeures de l'écriture journalistique. «Une phrase qui manque de cohérence n'est pas esthétique » [21] car elle entrave la réception de l'idée développée qui est censée entraînée un jugement. La cohérence est censée ainsi apparaître dans chaque phrase, entre les phrases, dans chaque séquence et entre les séquences composant le commentaire sur images et ainsi de suite. Elle est indispensable à l'esthétique textuelle puisqu'elle vise à susciter la satisfaction perceptuelle chez le public via les canaux verbaux et lexicaux qui ne peuvent prendre sens sans unité et sans logique.

5.1.2 LA CONCISION

Le lecteur, auditeur ou téléspectateur a de moins en moins le temps de chercher l'information principale dans un long texte. Il cherche la concision en tant que preuve de professionnalisme. L'idée est d'aller droit au but en évitant tout équivoque, d'une part, pour permettre au récepteur de bien saisir le sens de l'information partagée, et de l'autre, pour gagner du temps.

Dans la télévision, en particulier dans les émissions d'information, la rédaction des synthés[1] et des titres met à l'épreuve cette capacité de précision qui nécessite d'éviter les pièges [22] dans la rédaction des textes. Dans l'écriture journalistique, il est important d'accorder une attention particulière à la syntaxe et à l'orthographe, de bannir les formules passe-partout, les répétitions et les tics, de recourir prudemment à l'humour, au second degré, au pléonasme, aux métaphores et aux périphrases qui peuvent être mal compris.

Il faut également éviter l'usage excessif des adverbes et des superlatifs qui pourraient influencer l'interprétation des textes. Nous soulignons particulièrement la métaphore, car elle fait partie des figures de styles les plus utilisées dans le style journalistique.

[1] Des sous-titres informatifs et lisibles qui s'affichent sur l'écran.

5.1.3 LA CLARTÉ

Pour qu'il soit lu, écouté, regardé et compris, le journaliste doit adopter un style clair quel que soit le type du support. Les messages du média, notamment ceux du journal télévisé, doivent être formulés dans une langue privilégiant un vocabulaire accessible [23] au plus grand nombre possible de récepteurs. Quand le média fait appel à un mot savant ou à une expression recherchée imposée par un contexte particulier, il est appelé à vulgariser et à expliquer le contenu pour qu'il soit bien compris. Toutefois, dans certains cas, le média recourt sciemment à des messages ambigus quand leur objectif n'est pas d'informer, mais de susciter le débat sur un sujet donné ou d'avoir une idée sur l'orientation de l'opinion publique vis-à-vis d'une information en amont d'une décision majeure, par exemple.

5.1.4 LA SIMPLICITÉ

Quand le message est écrit d'une manière permettant au récepteur de saisir facilement son sens [24], la mission d'information du journaliste est remplie. Le message simple est celui qui atteint la cible de manière fluide sans que le public ne recourt à un dictionnaire ou à d'autres sources pour expliquer des mots ou des idées complexes qui peuvent lui échapper, notamment dans les supports audiovisuels traditionnels où le retour à l'objet d'analyse s'avère difficile, voire impossible parfois. En présence de complexités sur le plan linguistique, le texte journalistique s'éloigne de l'esthétique puisque la transmission du message est freinée ou retardée entrainant un retard du jugement esthétique du récepteur.

5.1.5 L'EXACTITUDE ET L'EXHAUSTIVITÉ

L'information est esthétique quand le journaliste respecte les règles de la langue dans laquelle il écrit et restitue les faits de la manière la plus fidèle possible [25]. Le respect des règles conventionnelles qui déterminent l'emploi correct de la langue est exigé; les fautes sont donc à éviter au niveau de la construction des phrases, des paragraphes et des séquences. Pour ce qui est de l'inexactitude des faits, elle porte atteinte aussi bien à la crédibilité du média qu'à l'esthétique textuelle. Les erreurs liées aux chiffres, aux dates, aux noms, aux déclarations ainsi que toutes les autres dérives qui remettent en question le professionnalisme du média sont à bannir. Il est ici question de décence; un texte journalistique qui manque d'exactitude et qui ne donne pas la vraie version des faits diffusés par le média n'est pas esthétique. Il ne l'est pas non plus un texte journalistique qui n'est pas exhaustif. Le journaliste est appelé à présenter toutes les informations essentielles liées à un événement ou à un fait afin de permettre au récepteur de juger correctement l'objet médiatique.

5.2 L'ESTHÉTIQUE DE L'IMAGE TÉLÉVISUELLE

L'image est un ensemble de signes organisés en dispositifs complexes constituant des trajets de lecture permettant de construire des sens multiples à travers un système hiérarchisé [26]. Toute lecture ou interprétation d'images tire sa légitimité d'une histoire, d'une culture, d'expériences individuelles ou collectives élargissant ainsi la distance avec ce qu'on voit par rapport à ce qu'on lit.

En effet, l'image est un discours, voire des discours à la fois. Puisque tout discours vise un effet ou une multitude d'effets, l'image en a plusieurs dont deux principaux: la transparence et l'évocation [27]. La transparence est recherchée notamment via les directs qui promettent la réalité et qui font la promesse de la fidélité et de l'authenticité. Quant à l'évocation, elle réside dans le déclenchement des souvenirs que nous gardons de nos expériences antérieures sous formes d'autres images. Cependant, l'effet d'évocation peut perturber l'effet de transparence, car il est lié d'une part à la façon dont ce que nous regardons nous est présenté, et d'autre part, à nos propres expériences individuelles ou collectives. Ces deux effets soulignés participent à l'esthétique de l'image télévisuelle: le premier lié à la transparence rempli l'une des clauses du contrat de l'information dont dépend la satisfaction du public alors que le second renvoie à des images qui ont marqué dans le passé le téléspectateur par leur force esthétique au point qu'il les évoque à nouveau pour reproduire le même effet esthétique ou pour bien assimiler les nouvelles images. Pour que les images soient évoquées, elles doivent d'abord susciter un sentiment esthétique au moment de leur réception; il peut être question de rupture de l'ordre ordinaire, d'étonnement [28], de surprise ou de toute autre émotion. Les exemples cités le plus souvent dans ce sens sont principalement liées aux attentats, aux guerres, aux manifestations, aux cérémonies d'intronisation, d'investitures ou funèbres, aux grandes manifestations culturelles et artistiques, aux émissions de retrouvailles et celles à caractère émotionnel de manière générale. Pour saisir le sens des images télévisuelles, ces dernières doivent être considérées dans leur intégralité, comme un tout.

Par ailleurs, les images télévisuelles ne sont pas uniquement ce que nos yeux arrivent à voir sur l'écran: formes, couleurs, écritures…elles sont doublement dépendantes [29] comme le pense Jean-Claude Soulages. Elles dépendent d'abord d'un réseau de diffusion, de réception et de stratégies de programmation qui conditionne leur existence concrète, puis, des univers qu'elles exhibent et qui reposent sur des cadres participatifs éphémères et contextuels ciblant des publics définis. En effet, l'esthétique des images télévisuelles dépend « d'un processus de sédimentation » qui accorde la possibilité d'évocation et d'empilement des données visuelles, émotionnelles et informationnelles que dégagent les images diffusées à la télévision.

5.3 L'ESTHÉTIQUE DU SON

L'image occupe une place prépondérante dans les nouveaux médias, mais l'écoute reste une manière toujours intéressante de penser notre relation avec les supports audiovisuels. Si les caractéristiques journalistiques textuelles sont imposantes, les usages contemporains des médias et leurs interactions avec le public peuvent être considérés sous l'angle auditif [30]. Le son dans les médias accompagne aujourd'hui plusieurs domaines, à la fois dans les espaces publics et privés, en ligne ou hors ligne. Il peut être diffusé dans un grand espace ou canalisé dans un cadre intime à travers des écouteurs. Cette tendance connait désormais un essor remarquable avec la mode du Podcast. L'étude des sons, dont les voix, se complique davantage compte tenu de la multiplicité de leurs sources dans un même objet médiatique, voire dans une même séquence télévisuelle. Le fait d'écouter les voix dans les médias permet de se rendre compte de la relation complexe qui existe entre la cognition incarnée (l'embodiment), l'altérité et la signification [31] et d'avoir également une idée sur les habitudes quotidiennes des humains écoutés. Les voix amplifiées ou déformées dégagent du doute, des tensions ou de l'ambigüité qui portent atteinte à la cohérence de la voix, et ainsi, au sens global de l'objet médiatique.

Dans les médias audiovisuels, on parle dans les milieux professionnels de « belle voix » [32] ou de voix radiophonique ou télévisuelle. Une belle voix n'est pas exclusivement celle qui suscite du plaisir chez l'auditeur, mais aussi celle porteuse d'un message: la voix des pauvres, des étudiants, des femmes victimes de violences, des médecins en grève, des enfants qui chantent la tolérance, des victimes de guerre…Ainsi, la beauté ou l'esthétique de la voix se situe aussi bien au niveau de la forme (intonation et timbre) qu'au niveau du contenu (le message qu'elle porte de manière claire et émotive). La combinaison des voix et des sons fait aujourd'hui de la télévision un puissant moyen de communication.

Sans le son, la meilleure image télévisuelle sera muette et moins significative d'un point de vue esthétique [33]. Les effets sonores contribuent à l'embellissement de la production télévisuelle, textuelle et iconographique qu'ils complètent. Pour M.Egbucha et K.Oduh [34], les effets sonores ajoutent de l'énergie et une fantaisie supplémentaire à la scène télévisuelle et suscitent le désir du public. La combinaison des voix et des sons est esthétique quand elle permet aussi bien au niveau de la forme que du contenu de susciter la satisfaction du public, son plaisir ou déplaisir, son intérêt vis-à-vis de ce qu'on lui propose d'écouter et de reconnaitre dans l'immédiat la singularité d'un moment, d'un événement ou d'une personne écoutée.

6 CONCLUSION ET PERSPECTIVES

A partir de ce qui a été développé dans cet article, nous pouvons dire que l'esthétique générale du discours télévisuel d'information ne porte pas sur des éléments séparés, mais sur un cadre général. En effet, l'esthétique des médias, qui va au-delà de l'esthétique médiatique appliquée centrée sur le volet technique des supports, est un catalyseur de la conversation entre plusieurs disciplines. Elle couvre aussi bien les formes que les contenus pour concevoir la meilleure version possible d'un objet médiatique à même de susciter et d'intensifier l'émotion chez le public.

L'esthétique générale du discours télévisuel d'information réside dans la combinaison des textes, des images et des sons suscitant l'émotion des récepteurs avec le résultat des processus de sédimentation et d'empilement des formes médiatiques que les publics ont menés durant tous les moments de réception des programmes médiatiques. L'esthétique générale du discours télévisuel d'information est aussi l'hybridation des mondes factuels et l'intrusion d'un registre dans un autre: le ludique dans le pernicieux, le dramatique dans le ludique, le traditionnel dans l'émancipé…Elle est ce qu'il y a de sensible dans l'information et dans sa mise en scène. Toutefois, pour définir les emplacements de l'esthétique des médias avec précision, il est primordial de s'interroger sur les deux éléments qui déterminent l'objet médiatique; la forme et le contenu, comme expliqué supra. Ce qui a été dit sur l'esthétique générale du discours d'information télévisuel constitue les principes de base de la définition des éléments suscitant l'émotion et l'intérêt des téléspectateurs. Cependant, toute production télévisuelle d'information représente un objet singulier même si elle partage les trois catégories générales de l'esthétique du discours télévisuel d'information avec d'autres objets médiatiques.

L'esthétique générale du discours d'information télévisuel pourrait ainsi varier selon les genres journalistiques (reportages, portraits, interviews, enquêtes…). L'analyse de larges corpus issus de différents genres journalistiques pourrait, à terme, permettre d'identifier une esthétique générale propre à chaque genre journalistique télévisuel.

REFERENCES

[1] Ringoot, Roselyne. Analyser le discours de presse. Armand Colin, 2014, p.35.
[2] M.Egbucha et K.Oduh. « Film Production and Aesthetics ». Port Harcourt: Kelv-Tech Press. 2004. p.127.
[3] Lexique de la vie culturelle. Jurisprudence Générale Dalloz, 1987.
[4] Hanot, Muriel. Télévision, réalité ou réalisme ?. De Boeck, 2002, p.6.
[5] Méthodologie de la recherche documentaire: principes clés, service formation des publics, université d'Avignon, 2013.

[6] Coulomb-Gully, Marlène. « Propositions pour une méthode d'analyse du discours télévisuel ». *Mots. Les langages du politique* [En ligne]. 70 | 2002. URL: http://journals.openedition.org/mots/9683.
[7] Resweber, Jean-Paul. « Les enjeux de l'interdisciplinarité ». In: *Questions de communication* [En ligne], p.176, 19 | 2011. URL: http://journals.openedition.org/questionsdecommunication/2661.
[8] Resweber, Jean-Paul. « Les enjeux de l'interdisciplinarité ». In: *Questions de communication* [En ligne], p.177, 19 | 2011. URL: http://journals.openedition.org/questionsdecommunication/2661.
[9] Larousse en ligne, Disponible sur: https://www.larousse.fr/dictionnaires/francais/esth%C3%A9tique/31173.
[10] Casati, Roberto, dir. « Présences de la Gestalt ». In: Intellectica. Revue de l'Association pour la Recherche Cognitive, n° 28, 1999/ 1, p. 214.
[11] Bouglé, Célestin. Les idées égalitaires: Etudes sociologique. Paris: Félix Alcan, 1899, p. 84.
[12] Cognat, Christine et Viailly, Francis. Le journalisme en pratique: Les bases du métier. Presses Universitaires de Grenoble, 2012, p.48.
[13] Baechler, Jean. « De l'idéologie ». In: Annales. Economies, sociétés, civilisations, 27e année, n°3, 1972. pp. 641-664.
[14] Charaudeau, Patrick. Les médias et l'information: L'impossible transparence du discours. De Boeck, 2011. p.49.
[15] U. Etuk. « Aesthetics, The New Media and National Development ».1st Professor Emmanuel Akpan Memorial Lecture Delivered at the CBN Auditorium. University of Uyo. Cité par Bassey-Duke, Veronica, J. Brown, Ndoma et Andem Obong, Ubong., op.cit., 2017, p.2.
[16] Lestocart, Louis-José. « Théories de la « prédiction »: L'intelligible connaissance esthétique ». In: *Esthétique et complexité*. CNRS Editions, 2011. p.23.
[17] U. Etuk. « Aesthetics, The New Media and National Development ».1st Professor Emmanuel Akpan Memorial Lecture Delivered at the CBN Auditorium. University of Uyo. Cité par Bassey-Duke, Veronica, J. Brown, Ndoma et Andem Obong, Ubong., op.cit., 2017, p.5.
[18] Hausken, Liv. Thinking Media aesthetics: Media studies, film studies and the Art. Berlin: Peter Lang, 2013, p.20.
[19] Hausken, Liv. Thinking Media aesthetics: Media studies, film studies and the Art. Berlin: Peter Lang, 2013, p.21.
[20] Udoh, Godspower et Obot, Charles. « Textual Aesthetics: A Look at NigerianPrint Media News and Features ». In: Global Journal of Human Social Science, Arts, Humanities and Psychology, Vol.13, Issue 3, Version 1.0, 2013, p.12.
[21] Udoh, Godspower et Obot, Charles. « Textual Aesthetics: A Look at NigerianPrint Media News and Features ». In: Global Journal of Human Social Science, Arts, Humanities and Psychology, Vol.13, Issue 3, Version 1.0, 2013, p.13.
[22] Cognat, Christine et Viailly, Francis., *op.cit.,* 2012, p.77.
[23] Cognat, Christine et Viailly, Francis., *op.cit.,* 2012, p.76.
[24] Udoh, Godspower et Obot, Charles., *op.cit*., 2013, p.15.
[25] Udoh, Godspower et Obot, Charles., *op.cit*., 2013, p.15.
[26] Derivery, François, Dupré, Michel et Perrot, Raymond., op.cit., 1985, p. 58.
[27] Charaudeau, Patrick. Les médias et l'information: L'impossible transparence du discours. De Boeck, 2011, p.211.
[28] Lits, Marc et Desterbecq, Jöelle. Du récit au récit médiatique. De Boeck, 2008, p.169.
[29] Soulages, Jean-Claude. Les rhétoriques télévisuelles: Le formatage du regard. De boeck, 2007, p.27.
[30] Lacey, Kate. Listening publics: the Politics and experience of listening in the media Age. Cambridge: Polity Press, 2013
Disponible sur: https://www.google.com/search?tbm=bks&q=Listening+publics+%3A+the+Politics+and+exp erience+of+listening +in+the+media+Age.
[31] Neulark, Norie, Gibson, Ross et Van Leeuwen, Theo. Vocal Aesthetics in Digital Arts and Media. Masaschusetts Institute of Technology, 2010, p.29.
[32] De Biasi, Pierre Marc. « Rythme, intensité, accent: comment les médias formatent la voix ». In: La revue des médias INA, décembre 2017. Disponible sur: https://larevuedesmedias.ina.fr/rythme-intensite-accent-comment-les-medias-formatentla-voix.
[33] Bassey-Duke, Veronica, J. Brown, Ndoma et Andem Obong, Ubong., op.cit., 2017, p.6.
[34] M. Egbucha et K.Oduh. « Film Production and Aesthetics ». Port Harcourt: Kelv-Tech Press. 2004.
[35] Bassey-Duke, Veronica, Ndoma J. Brown et Ubong Andem Obong. « Aesthetic Analysis of NTA-UYO 7: 00 PM Newscasts ». In: International Journal of International Relations, Media and Mass Communication Studies, 2017, Vol.3, n°4, pp.1-15.

International Journal of Innovation and Applied Studies
ISSN 2028-9324 Vol. 39 No. 2 Apr. 2023, pp. 905-916
© 2023 Innovative Space of Scientific Research Journals
http://www.ijias.issr-journals.org/

Déterminants de la mise en place d'une mutuelle de santé dans la cité de Lubero (Province du Nord-Kivu en République démocratique du Congo)

[Determinants based on a setting health mutual in Lubero town (Province of North Kivu in Democratic Republic of the Congo)]

Kakule Sivihwa Amos[1], Kambale Karafuli Léopold[2], and Kabuyaya Mwanamulere Osée[3]

[1]Institut Supérieur d'Etudes Agronomiques, Vétérinaires et Forestières de Kirumba (ISEAVF-Kirumba), RD Congo

[2]Université Libre des Pays des Grands Lacs (ULPGL Goma), RD Congo

[3]Université Libre des Pays des Grands Lacs (ULPGL Butembo), RD Congo

Copyright © 2023 ISSR Journals. This is an open access article distributed under the ***Creative Commons Attribution License***, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

ABSTRACT: The goal of this study is to identify factors promoting a community mutual health insurance creation in Lubero town. This is a descriptive and cross-sectional study that was conducted among 384 household's chiefs. To collect data, we used questionnaire technique and group discussion with the key informants of Lubero Town. The results of this study show that: the quality health care offered to the population by the existing health structures, the population awareness of community mutual health insurance guidelines are social factors of its formation in Lubero town. Then, economic development dynamics, real and priority need, household income, joining will, contribution intentions and members' willingness to fund are economic factors promoting creation of a community mutual health insurance in Lubero town. Finally, democratically elected association managers, regular meetings, administrative documents, proper finances management, layout of health accommodations to receive mutual members are institutional factors that promote its creation in Lubero town.

KEYWORDS: social factors, economic factors, institutional factors, membership.

RESUME: L'objectif de cette étude est de déterminer les facteurs favorisant la mise en place d'une mutuelle de santé communautaire dans la cité de Lubero. Il s'agit d'une étude descriptive et transversale qui a été menée auprès de 384 chefs de ménages. Pour récolter les données, nous avons recouru à la technique du questionnaire et de guide de discussion avec les informateurs clés de la cité de Lubero. Les résultats ont montré que : le service de santé de qualité offert à la population par les structures sanitaires existantes, la connaissance des principes d'une mutuelle de santé par la population sont des facteurs sociaux favorables à la mise en place d'une mutuelle de santé communautaire en cité de Lubero. Ensuite, la dynamique de développement économique, le besoin réel et prioritaire, le revenu des ménages, la volonté d'adhérer, les intentions de cotisation et la disposition à payer des adhérents sont des facteurs économiques favorables à la mise en place d'une mutuelle de santé dans la cité de Lubero. En fin, l'existence des gestionnaires des associations élus démocratiquement, les tenues régulières de la réunion, la présence des documents administratifs, la bonne gestion des finances, la disposition des structures à recevoir les mutualistes sont des facteurs institutionnels qui favorisent la mise en place d'une mutuelle de santé communautaire en cité de Lubero.

MOTS-CLEFS: facteurs sociaux, facteurs économiques, facteurs institutionnelles, adhésion.

Corresponding Author: Kakule Sivihwa Amos

1 INTRODUCTION

Dans la conférence tenue à Alma-Ata en 1978, les organisations internationales dont l'OMS ont affiché les objectifs de « Santé pour Tous » visant l'accès universel de la population mondiale aux soins de santé primaires. « Toute personne a droit à un niveau de vie suffisant pour assurer sa santé, son bien-être et ceux de sa famille,…» (ONU, 1948 art25). Bien que le droit à la sécurité sociale et à la santé soit bien établi dans le droit international, les gouvernements et les donateurs internationaux échappent toujours à leur responsabilité de garantir ces droits à des millions de personnes. Les disparités énormes entre les personnes riches et pauvres demeurent évidentes entre et au sein des pays (D. CARR, 2004 cité par NGOUANA R., 2009). Dans son ouvrage les fondements de l'économie de la santé, Charles E. PHELPS note quant à lui que, comme pour tout autre bien économique, la demande des soins médicaux, dépend des revenus (E. PHELPS Charles, 1995). Le raisonnement économique affirme que les personnes vivant dans les limites des contraintes budgétaires achètent moins un certain type de biens lorsque leur prix augmente. En sens inverse, elles achètent davantage quand leur prix baisse (MINISANTE RDC, 2001). La santé dépend pour une part des décisions prises par les individus, les familles, les groupes et les organisations qui tous contribuent à son amélioration (NYAMWAKA, J, 2013). La société africaine est très connue pour son sens des valeurs, son sens de la solidarité et de l'entraide, que d'aucun nomme « solidarité africaine », aussi bien au sein des sociétés traditionnelles ou des sociétés évoluées, il se développe très souvent des groupes, regroupements et organisations portant différentes appellations, tontines, associations, réunions, mutuelles (Haubert Maxime et Rey Pierre-Philippe, 2000), et donc le souci principal est de faire face à certains risques sociaux. La maladie est imprévisible. Son caractère brutal et aléatoire fait d'elle un phénomène non programmable. La maladie a toujours un coût lourd. Elle immobilise le travailleur, et de ce fait, constitue un manque à gagner pour la famille ainsi que la communauté toute entière (VUSARA.K., 2013). Les coûts des soins sont par ailleurs trop élevés pour être supportés par le bénéficiaire, il faut le plus souvent un financement collectif. (KARAFULI, K., 2011).

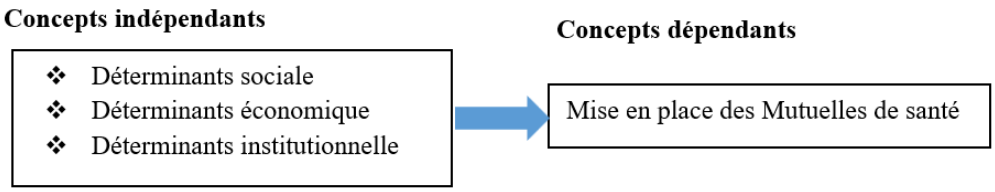


Fig. 1. Cadre conceptuel

2 MATÉRIEL ET MÉTHODES

2.1 LOCALISATION GÉOGRAPHIQUE

La cité de Lubero est située à l'Est de la RDC, en Province du Nord-Kivu, en Territoire de Lubero. Elle est située à 25Km de la ligne de l'Equateur, sur l'axe routier national N°4 dans l'hémisphère sud. Suite à sa position et son altitude, la Cité de Lubero jouit d'un climat tempéré de montagne du type colombien (MICHEL RAYMOND, 1982). Elle est traversée par la rivière Luviru, alimentée par ses deux affluents: Katolu et Kakwao.

2.2 MÉTHODE DE COLLECTE DES DONNÉES

La population de cette étude est constituée de 9091 chefs des ménages répartis dans 4quartiers de la cité de Lubero. La formule de SOLVIN a servi pour l'obtention de la taille de l'échantillon :

$$n = \frac{N}{1 + N(\ e\ )^2}$$

Dont n= Taille minimum de l'échantillon; N= taille de la population donc 9091 Chefs de ménages; e = le degré de précision souhaitée (0,05); 1= est une constante.

Ainsi, l'échantillon de cette étude est constitué de 384 chefs des ménages stratifié proportionnellement dans les quatre quartiers de la cité de Lubero, selon la formule

$$n_1 = \frac{n\,x\,N_1}{N}, n_2 = \frac{n\,x\,N_2}{N}, ...n_4 = \frac{n\,x\,N_4}{N}$$

Avec $n_1, n_2, ...n_4$ = taille de l'échantillon de chaque strate; $N_1, N_2 ... N_4$ = Nombre de chefs de ménages dans chaque strate; N= nombre total de chefs de ménages de quatre quartiers de la cité de Lubero= 9091; n=échantillon de cette étude= 384 chefs des ménages.

Ainsi, les échantillons des chefs de ménages par quartier sont répartis de la manière suivante : quartier du 30 Juin: 64; quartier Lubero: 137; quartier Vukano: 63; quartier Mulo: 120. Nous avons utilisé deux outils de récolte des données entre autres : le questionnaire d'enquête adressé aux chefs des ménages de la cité de Lubero d'une manière directe pour certains et indirecte pour d'autres ne sachant pas lire et écrire. Le guide d'entretien de groupe de discussion focalisé a été organisé autour des informateurs clés tels que le Médecin Chef de Zone, les Infirmiers titulaires de 3 centres de santé de la cité de Lubero en savoir le CS Lubero cité, le CS Kasalala, le CS de Mulo, les chefs de quartier et les responsables des associations locales de la cité de Lubero. Le logiciel IBM SPSS Statistics20 nous a servi pour le traitement et l'analyse des données et nous avons utilisé le test de Khi-carré (x^2) pour l'interprétation des résultats faisant allusion à la formule suivante :

$$x^2 = \sum \frac{(fo - ft)^2}{ft}$$

Avec, *fo* = fréquence observée (des données récoltées), *Ft* = fréquence théorique.

3 RÉSULTATS

3.1 DÉTERMINANTS SOCIALE

Tableau 1. De l'appartenance à une association de la cité de Lubero

Réponses	Effectifs	Pourcentage
Oui	332	86,5
Non	52	13,5
Total	384	100,0

86,5% d'enquêtés appartiennent à une des associations dans la cité de lubero.

Tableau 2. De l'existence d'une solidarité dans les associations de la cité de Lubero

Réponses	Effectifs	Pourcentage
Oui	320	95,2
Non	16	4,8
Total	332	100,0

Parmi les enquêtés membre d'associations; 95,2 % perçoivent un esprit de solidarité.

Tableau 3. Raison de fréquentation des structures de soins par la population

Raison de fréquentation	Effectifs	Pourcentage
Situation approximative	104	27,1
Compétence du personnel	140	36,5
Médicaments disponibles	8	2,1
Personnel accueillent	112	29,2
Bon équipement	20	5,2
Total	384	100,0

36,5% des chefs des ménages de Lubero fréquentent les structures de soins de Lubero car ils jugent son personnel est compétent. Les autres sont attirés par l'accueille du personnel, la situation approximative, la qualité de l'équipement et la disponibilité des médicaments.

Tableau 4. Appréciation de la qualité des soins dans les structures

Appréciation	Effectifs	Pourcentage
Bonne	272	70,8
Assez bonne	86	22,4
Médiocre	26	6,8
Total	384	100,0

70,8% des chefs de ménages de Lubero jugent de bonne qualité les soins de santé dans les structures qu'ils fréquentent.

Tableau 5. Connaissance en rapport avec les principes d'une Mutuelle de santé

Appréciation du niveau de connaissance	Effectifs	Pourcentage
Bonne	161	70,6
Assez- bonne	55	24,1
Mauvaise	12	5,3
Total	228	100,0

70,6% ont parlé de la solidarité et la participation qui est le Principe clés d'une mutuelle de santé et sont donc considéré comme ayant une bonne connaissance des principes d'une mutuelle de santé.

3.2 DÉTERMINANTS ÉCONOMIQUE

Tableau 6. Revenu moyen mensuel par chef de ménage

Revenu moyen	Effectifs	Pourcentage
Inférieur à 30$	173	45,1
De 30 à 50$	117	30,5
De 51 à 99$	74	19,3
De 100$ et plus	20	5,2
Total	384	100,0

45,1% d'enquêtés a mensuellement un revenu inférieur à 30$ et 5,2% gagne 100$ et plus.

Tableau 7. Dépense moyenne par ménage pour les soins de santé l'année dernière

Dépenses pour les soins de santé	Effectifs	Pourcentage
Inférieur ou égal à 50$	244	63,5
Entre 50 et 100$	84	21,9
Supérieur à 100$	56	14,6
Total	384	100,0

L'année dernière, 63,5% d'enquêtés avaient engagé en moyenne les dépenses pour les soins de santé inférieur ou égal à 50$ et les 14,6% étaient au-delà de 100$.

Tableau 8. Retard d'une consultation ou hospitalisation par manque d'argent

Réponses	Effectifs	Pourcentage
Oui	288	75,0
Non	96	25,0
Total	384	100,0

75,0% des répondants ont déjà connu un retard de consultations par manque d'argent.

Tableau 9. Des solutions prises en cas de manque d'argent nécessaire pour les soins

Solutions en cas de manque d'argent des soins	Effectifs	Pourcentage
S'emprunter chez un ami	144	50,0
Vendre ou mettre en gage un bien matériel	92	31,9
Renoncer aux soins	52	18,1
Total	288	100,0

Les enquêtés qui affirment avoir connus un retard de consultation par manque d'argent, 50% s'empruntent chez un familier soit un ami, les autres vendent ou mettent en gage un bien matériel soit renoncent aux soins.

Tableau 10. De la volonté d'adhérer à une mutuelle de santé

Réponses	Effectifs	Pourcentage
Oui	316	82,3
Non	68	17,7
Total	384	100,0

82,3% des répondants présentent la volonté de d'adhérer à une mutuelle de santé.

Tableau 11. De l'adhésion individuelle ou de toute la famille

Adhésion	Effectifs	Pourcentage
Individuelle	40	12,7
De la famille	276	87,3
Total	316	100,0

87,3% préfèrent une adhésion de toute la famille et 12,7% individuellement.

Tableau 12. Fréquence des cotisations

Fréquence	Effectifs	Pourcentage
Mensuellement	196	62,0
Semestriellement	76	24,1
Annuellement	44	13,9
Total	316	100,0

Parmi enquêtés qui manifestent leur volonté d'adhérer, 62,0% proposent la cotisation mensuelle.

Tableau 13. Causes de manque de volonté d'adhérer à une mutuelle de santé

Causes	Effectifs	Pourcentage
Incapacité de payer une cotisation	40	58,8
Incapacité de payer une cotisation pour la famille	24	35,3
Pas disposé à payer quand on n'est pas malade	4	5,9
Total	68	100,0

Les enquêtés qui se réservent de manifester leur volonté d'adhérer, se déclarent dans l'incapacité de payer la cotisation individuel (58,8%) ou assurer toute la famille (35,3%).

Tableau 14. De la somme prêt à payer si on devenait membre d'une mutuelle de santé

Montant	Effectifs	Pourcentage
1$	236	61,5
1,5$	36	9,3
2$	60	15,6
0,5	52	13,5
Total	384	100,0

Ce tableau montre que si les enquêtés adhéraient à une mutuelle de santé 61,5% seraient prêt payer 1$ par individu mensuellement.

Tableau 15. Taux de prise en charge des cas de maladies par la mutuelle de santé

Prise en charge des malades	Effectifs	Pourcentage
En 50%	260	67,7
En 75%	92	23,9
En 100%	32	8,3
Total	384	100,0

67,7% des répondants souhaitent la prise en charge d'un malade en 50%.

3.3 DÉTERMINANTS INSTITUTIONNELLE

Tableau 16. Sélection des gestionnaires des associations

Sélection	Effectifs	Pourcentage
Par élection	252	75,9
Par nomination	80	24,1
Total	332	100,0

75,9 % d'enquêtés membres d'associations sélectionnent leurs gestionnaires par élection.

Tableau 17. Confiance aux gestionnaires des associations

Réponses	Effectifs	Pourcentage
Oui	176	53,0
Non	16	4,8
Pas totalement	140	42,2
Total	332	100,0

53% d'enquêtés membres d'associations ont confiance à leurs gestionnaires.

Tableau 18. Documents utilisés dans des associations

Documents utilisés	Effectifs	Pourcentage
Registre de présence, carnet de cotisation, ROI, Statut,...	32	9,6
Registre de présence, carnet de cotisation, ROI	92	27,7
Registre de présence, carnet de cotisation	192	57,8
Registre de présence	16	4,8
Total	332	100,0

Parmi les membres d'associations, 57,8 % utilisent le registre de présence et le carnet de cotisation; ils sont dépourvus de statut et règlement d'ordre intérieur.

Tableau 19. Fréquence des réunions

Fréquence de la tenue des réunions	Effectifs	Pourcentage
Une fois la semaine	256	77,1
Une fois le mois	72	21,7
Une fois par semestre	4	1,2
Total	332	100,0

77,1 % d'enquêtés membres d'associations, font leurs assises une fois la semaine.

Tableau 20. Volonté d'accueil des mutualistes par les prestataires des soins

Réponses	Effectifs	Pourcentage
Oui	24	100,0
Non	0	0,0
Total	24	100,0

Tous prestataires des soins enquêtés à Lubero sont prêts à accueillir les mutualistes.

Tableau 21. Prestations exigées à la mutuelle de santé par les agents de santé

Prestations	Effectifs	Pourcentage
Maladies infectieuses et parasitaires, interventions chirurgicales, accouchements sauf les maladies chroniques	**15**	**62,5**
Toutes les prestations selon les conventions avec la mutuelle	**9**	**37,5**
Total	**24**	**100,0**

Les prestataires des soins enquêtés optent pour toutes les prestations selon les conventions avec la mutuelle à l'exception des maladies chroniques.

Tableau 22. De l'appartenance à une association et désir d'adhérer

Appartenir à l'association et Désir d'adhérer	Désir d'adhérer	Manque de désir d'adhérer	Total
Membre	272	60	332
Non-membre	44	8	52
Total	316	68	384

X^2cal = 0; X^2tab = 3,84 dl = 1 ∞=0,05

X^2Cal <X^2tab Ho est acceptée, H_1 est rejetée

Tableau 23. De la fréquentation et qualité des soins dans les structures

Qualité des soins/ fréquentation	Bonne	Assez-bonne	Médiocre	Total
HGR Lubero	131	11	2	144
CS Lubero Cité	43	38	11	92
CS Kasalala	54	13	5	72
CS Mulo	36	9	3	48
PS Kavetya	8	15	5	28
Total	272	86	26	384

X^2cal=85,8; X^2tab = 15,51 dl =8 ∞=0,05

X^2Cal > X^2 tab Ho est rejetée, H_1 est acceptée.

Tableau 24. Connaissance des principes d'une mutuelle de santé et désir d'adhérer

Connaissance des principes d'une mutuelle de santé et Désir d'adhérer	Désir d'adhérer	Manque de Désir d'adhérer	Total
Bonne	99	32	131
Assez-bonne	77	0	77
Mauvaise	12	0	12
Total	188	32	220

X^2cal = 21,9; X^2tab = 5,99; dl= 2 ∞ =0,05;

X^2Cal > X^2 tab Ho est rejetée, H_1 est acceptée.

Tableau 25. Dynamisme de développement économique et désir d'adhérer

Profession et Désir d'adhérer	Désir d'adhérer	Manque de désir d'adhérer	Total
Agriculture	116	52	168
Commerce	44	4	48
Agent de l'état	72	4	76
Enseignant	64	8	72
Infirmier	20	0	20
Total	316	68	384

X^2cal = 25,7 X^2tab =9,4 dl=4 α =0,05

X^2Cal > X^2 tab Ho est rejetée, H_1 est acceptée.

Tableau 26. Du besoin réelle et prioritaire et désir d'adhérer

Dépenses liées aux soins et Désir d'adhérer	Désir d'adhérer	Pas de désir d'adhérer	Total
Inférieur ou égal à 50$	204	40	244
Entre 50 et 100$	60	24	84
Supérieur à 1OO$	52	4	56
Total	316	68	384

X^2cal=11,84; X^2tab= 5,99 dl=2 ∞=0,05

X^2Cal > X^2 tab Ho est rejetée, H_1 est acceptée.

Tableau 27. Du revenu moyen mensuel par ménage et désir d'adhérer

Revenu moyen mensuel et Désir d'adhérer	Désir d'adhérer	Pas de désir d'adhérer	Total
Inférieur à 30$	133	40	173
De 30 à50$	97	20	117
De 51 à 99$	66	8	74
De 100$ et Plus	20	0	20
Total	316	68	384

X^2cal=10,9; X^2tab=7,81; dl=3 ∞=0,05

X^2Cal > X^2 tab Ho est rejetée, H_1 est acceptée.

Tableau 28. Intention de cotisation et désir d'adhérer à la mutuelle de santé

Intention de cotisation et Désir d'adhérer	Désir d'adhérer	Manque de désir d'adhérer	Total
1$	208	28	236
1,5$	28	8	36
2$	40	20	60
0,5	40	12	52
Total	316	68	384

X^2cal=16,44; X^2 tab= 7,81; dl=3 α =0,05

X^2Cal > X^2 tab Ho est rejetée, H_1 est acceptée.

Tableau 29. Sélection des gestionnaires des associations et leurs crédibilités

Sélection des gestionnaires et Crédibilité	Crédible	Moins crédible	Non-crédible	Total
Par élection	144	12	96	252
Par nomination	32	4	44	80
Total	16	16	140	332

X^2cal = 6,2; X^2tab = 5,99 dl = 2; α =0,05

X^2Cal > X^2 tab Ho est rejetée, H_1 est acceptée.

Tableau 30. Des opérations financières à la banque dans des associations et confiance aux gestionnaires

Confiance aux gestionnaires/ opérations financières à la banque	Confiance	Pas de confiance	Pas totalement confiance	Total
Opérations financières à la banque	52	0	48	100
Pas d'opérations financières à la banque	124	16	88	228
Total	176	16	136	328

X^2cal = 9; X^2 tab = 5,99; dl = 2; α =0,05

X^2Cal > X^2 tab Ho est rejetée, H_1 est acceptée.

Tableau 31. Fréquence des ténues des réunions dans les associations et confiance aux gestionnaires

Fréquence des réunions et confiance aux gestionnaires	Confiance totale	Pas de confiance	Confiance partielle	Total
1 fois/semaine	140	4	112	256
1fois le mois	32	12	28	72
1 fois/semestre	4	0	0	4
Total	176	16	140	332

X^2cal = 37; X^2tab = 9,49; dl = 4; α =0,05

X^2Cal > X^2 tab Ho est rejetée, H_1 est acceptée.

4 DISCUSSION DES RÉSULTATS

4.1 DÉTERMINANTS SOCIALE

Tous les chefs des ménages enquêtés dans la cité de Lubero reconnaissent l'existence des associations dans leur milieu et 86,5% en font membres, perçoivent un esprit de solidarité, qui se fait sentir pendant les funérailles, lors d'une maladie, pendant les travaux communautaires et pendant le mariage. Comparativement à la Zone de Santé de Kikwit Nord qui regorgeait un plus grand nombre d'associations, après la confirmation de 95 % des répondants (P< 0,05) et donc cela avait été considéré comme fondement solide au lancement des mutuelles de santé à Kikwit dans l'ensemble (NGUBULWA, B et al, 2008). Par contre, les résultats des recherches à Lubero prouvent par le test chi-carré que l'appartenance à une association n'influence pas le désir d'adhérer à une mutuelle de santé. (X2cal = 0,9 < X2tab = 3,84). Donc le fait de ne pas être membre d'une association ne peut pas empêcher d'adhérer à une mutuelle de santé.

Quant à la qualité des soins de santé offerte par les structures de soins à la population de la cité de Lubero, tout d'abord la fréquentation de ces structures de santé par la population de lubero est motivé par certains aspects à savoir: la compétence du personnel de santé, la qualité d'accueil des malades, la situation approximative par rapport aux structures de santé, un bon état d'équipement et en fin par la disponibilité des médicaments dans les structures. Bref, 70,8% d'enquêtés affirment que la qualité des soins dans les structures de soins de santé de Lubero est bonne. Dans le même sens, Ndikumana (2005) dans son étude rapporte que les populations font recours à des structures offrant la bonne qualité de soins et vont dans les structures qu'ils considèrent comme organisant un bon accueil pour ses patients. Les analyses de ces résultats par le test Khi-carré prouve que la fréquentation des structures de soins dépend significativement de la qualité des soins offerts à la population. X2cal=85,8 > X2tab = 15,51 Ho est rejetée, H1 est acceptée. En fin, avec le 70,6% des chefs de ménages de la cité de Lubero qui connaissent les principes d'une mutuelle de santé, le test khi-carré prouve que cette connaissance influence significativement leur désir d'adhérer à une mutuelle de santé. (X2cal = 21,9 > X2tab = 5,99) Ho est rejetée, H1 est acceptée.

4.2 DÉTERMINANTS ÉCONOMIQUE

Le dynamique de développement économique dans la cité de Lubero se manifeste par les activités exercées par les agriculteurs (principale activité), les agents de l'état y compris les enseignants et les infirmiers, ainsi que les ambulants. Ces activités économiques rentables donnent aux populations des ressources financières qui, si elles ne leur permettent pas de couvrir individuellement le coût de leurs soins de santé, facilitent leur couverture collective par le biais de la solidarité entre les malades et les bien-Portants (BIT-STEP, 2002). Les analyses par le test Khi-carré prouvent que ce dynamisme de développement économique influence significativement le désir d'adhérer à une mutuelle de santé dans la cité de Lubero. (X2cal = 25,7 > X2tab =9,4) Ho est rejetée, H1 est acceptée

Les dépenses engagées pour les soins de santé l'année écoulée, ont été évoquées par tous les chefs des ménages de Lubero, parmi lesquelles 75,0% ont connus un retard de consultations ou d'hospitalisation par manque d'argent. Face à cette situation d'incapacité d'honorer la facture de soins, les chefs de ménages prennent l'option: de s'emprunté chez un familier soit un ami, de vendre ou de mettre en gage un bien matériel et les autres renoncent aux soins de santé. Etant donné que la mutuelle de santé doit apporter une solution palliative aux problèmes de financement de soins de santé éprouvés par la communauté; la difficulté de financement se présente alors comme une pierre angulaire justifiant la création d'une mutuelle (BIT-STEP, 2002). Pour que la population visée éprouve un véritable intérêt pour la mutuelle, il est nécessaire non seulement que celle-ci réponde à un besoin réel mais aussi prioritaire ou, pour le moins, comme important. (BIT-STEP, 2002). Les analyses prouvent par le test Khi-carré que les soins de santé comme besoin réel et

prioritaire influence significativement le désir d'adhérer à une mutuelle de santé dans la cité de Lubero. (X2cal=11,84 > X2tab= 5,99). Ho est rejetée, H1 est acceptée.

Quant au revenu, plus de la moitié des chefs de ménages de Lubero estime avoir un revenu moyen mensuel au-delà de 30$ soit plus de 1$ par jour. Dans le contexte du seuil de pauvreté par personne et par jour, la Banque Mondiale à 2005, avait indiqué que le revenu se classifie en moyen lorsqu'il se situe entre 1,25 et $2,00 par personne par jour. Il est à noter que le revenu est un facteur important dans un processus de mutualisation d'une communauté, le niveau de revenu par habitant lorsqu'il est plus élevé peut augmenter la capacité des entreprises et des citoyens à assumer les cotisations payées d'avance au régime d'assurance maladie. Les analyses prouvent par le test Khi-carré que le revenu moyen mensuel influence significativement le désir d'adhérer à une mutuelle de santé dans la cité de Lubero. (X2cal=10,9 > X2tab=7,81). Ho est rejetée, H1 est acceptée

La Volonté d'adhérer, les intentions de cotisation et la disposition à payer des adhérents se font observées dans la cité de Lubero. Quant à la prise en charge des soins des mutualistes, la majorité des chefs des ménages de la cité de Lubero, soit 67,7% souhaitent que la prise en charge d'un mutualiste soit d'au moins 50% de la facture. Dans le même sens, NDIKUMANA à 2005 dans son étude avait trouvé que proportionnellement au montant de cotisation estimé, le taux de prise en charge serait de 50% sauf l'accouchement et la consultation qui pourront être pris en charge en 100%. Aussi, NDIAYE à 2009 avait trouvé que par rapport au montant de cotisation, le taux devait être de 50% de soins de ses membres. Les analyses prouvent par le test Khi-carré que les intentions de cotisation influencent significativement le désir d'adhérer à une mutuelle de santé dans la cité de Lubero. (X2cal=16,44 >X2tab= 7,81) Ho est rejetée, H1 est acceptée.

4.3 DÉTERMINANTS INSTITUTIONNELLE

Parmi les 86,5% des chefs des ménages qui affirment être membre d'association, font en majorité la sélection de leurs gestionnaires par élection libre et une bonne partie d'entre eux a confiance à leurs gestionnaires. Ils utilisent les documents administratifs pendant leurs assises qui se font habituellement une fois par semaine, mais avec la gestion des opérations financières en dehors de la banque pour plus de 70,5% d'associations. L'étude faite par KIRIKUGHUNDI à 2010 en ville de Butembo, révèle que les associations sont gérées par des responsables portant la confiance de leurs membres pour 87,7% de cas. Dans la plupart de cas cette confiance se justifiait par plusieurs facteurs à la fois soit 85% dont la tenue régulière des réunions, usage de la banque pour les opérations financières,… Le mode de désignation de responsables cité par les enquêtés était les élections libres pour 78% de cas. Les analyses statistiques par le test Khi-carré montrent que la manière de sélectionner les gestionnaires des associations influence significativement la confiance envers les gestionnaires des associations dans la cité de Lubero. (cal = 6,2 > tab = 5,99) Ho est rejetée, H1 est acceptée. Aussi, la réalisation des opérations financières à la banque influence significativement la confiance aux gestionnaires des associations dans la cité de Lubero. (cal = 9 > tab = 5,99) Ho est rejetée, H1 est acceptée; et la ténue régulière des réunions influence significativement la confiance aux gestionnaires des associations. (cal = 37 > tab = 9,49) Ho est rejetée, H1 est acceptée.

5 CONCLUSION

C'est sous un contexte d'inaccessibilité financière aux soins de santé par la population que cette étude a été initiée dans le but ultime de déterminer les déterminants de la mise en place d'une mutuelle de santé communautaire dans la cité de Lubero. Ainsi, le problème tourne autour de la question de savoir: Quels sont les déterminants de la mise en place d'une mutuelle de santé communautaire en cité de Lubero ?

Après analyse et discussion des données collectées, les résultats ci-après ont été observés:

Le dynamisme social et associatif, le service de santé de qualité offert à la population par les structures existantes, la connaissance des principes d'une mutuelle de santé par la population sont les déterminants sociaux de la mise en place d'une mutuelle de santé communautaire en cité de Lubero.

La dynamique de développement économique, le besoin réel et prioritaire, le revenu des ménages, la volonté d'adhérer, les intentions de cotisation et la disposition à payer des adhérents sont les déterminants économiques de la mise en place d'une mutuelle de santé communautaire en cité de Lubero.

L'existence des gestionnaires des associations élus démocratiquement, les tenues régulières de la réunion, la présence des documents administratifs, la bonne gestion des finances, la disposition des structures à recevoir les mutualistes sont des déterminants institutionnels de la mise en place d'une mutuelle de santé communautaire en cité de Lubero.

Cependant, la crédibilité des gestionnaires des associations et l'usage de la banque pour les opérations financières sont des déterminants institutionnels qui nécessitent un renforcement des capacités pour la mise en place d'une mutuelle de santé communautaire en cité de Lubero.

REFERENCES

[1] BIT-STEP. 2002. Guide d'introduction aux mutuelles de santé en Afrique. Genève, Programme Stratégies et Techniques contre l'Exclusion Sociale et la Pauvreté (STEP) 36p.

[2] BIT-STEP. 2003. Guide de gestion des mutuelles de santé en Afrique: bureau international du travail. (1er éd). Genève, 342p.

[3] COHEUR, A. et al. 2007. Articulations entre les régimes légaux de sécurité sociale et les mécanismes de protection sociale à base communautaire: une nouvelle approche prometteuse. AISS, 20p.

[4] D. CARR, 2004: «Improving the health of the world's poorest people», Health Bulletin 1, Washington DC: Population Reference Bureau, 39p.

[5] DELANDSHEERE G. 1976. Introduction à la recherche en éducation, Liège, 402p.

[6] E. PHELPS Charles, 1995. Les fondements de l'économie de la santé, Publi-Union, France, 328p.

[7] Haubert Maxime et Rey Pierre-Philippe (coord.), 2000. Les sociétés civiles face au marché. Le changement social dans le monde postcolonial, Paris Karthala, 300p.

[8] KAM OLEH, 2008. Politique publique, dynamique associative et développement local en Côte d'Ivoire: l'exemple de la Mutuelle de développement de Zankagleu dans la S/P de Kouan-Houlé, Côte d'Ivoire, 16p http://www.revue-sociologique.org/sites/default/files/Article_Mutuelle RS.pdf

[9] KOUASSI Bernard, 2008. Pauvreté des ménages et accès aux soins de santé en Afrique de l'Ouest, Karthala, Paris, 178p.

[10] Louis Paul MOTAZE, 2007. L'Afrique et le défi de l'extension de la sécurité sociale: l'exemple JOSIAS du Cameroun. La Case africaine pour le social et l'économique (Paris). 212p.

[11] LUTUTALA B et COFFI., 2004: Les coûts annexes des soins d'hospitalisation des malades dans le réseau BDOM Kinshasa, Kinshasa, 74p.

[12] MALTESER/Bukavu 2004: Enquête socio - économique et d'accessibilité aux soins enquête dans 7 ZS du Sud Kivu, Malteser, 66p.

[13] MINISANTE RDC, 2001. Plan directeur de développement sanitaire 2002 - 2009, Kinshasa. 69p.

[14] MSF/Belgique, 2004. Burundi: les vulnérables privés des soins de santé, Bujumbura, 52p.

[15] NGOUANA R., 2009. Les mutuelles de santé peuvent-elles améliorer efficacement l'accessibilité financière des travailleurs aux soins de santé de qualité au Cameroun? ISSP- population et santé https://www.memoireonline.com/07/09/2271/m_Revue-de-la-litteratureLes-mutuelles-de-sante-peuvent-elles-ameliorer-efficace0.html.

[16] PAIRAULT, T. 1990. « Sociétés de tontines et banques des petites et moyennes entreprises à Taiwan », dans M. Lelart (éd.), La tontine: pratique informelle d'épargne et de crédit dans les pays en voie de développement, Paris, AUPELF-UREF, John Libbey Eurotext, p. 281-308.

[17] PASCAL N., 2006. Développement des mutuelles de santé en Afrique: une analyse comparative des approches et de leurs impacts, Reseach Matters, 37p.

[18] Rusa, L. and G. Fritsche 2007. Rwanda: Performance-Based Financing In Health. Emerging Good Practice in Managing for Development Results: Sourcebook -2nd edition, the World Bank: 55-60.

[19] STEP-BIT-CIDR., 2001. Guide de suivi et d'évaluation des systèmes de micro-assurance santé. Tome 1: Méthodologie. Bureau international du travail; Genève, pp1-144.

[20] Soglohoun, Pascal. 2012. Contribution des Mutuelles de Santé à L'Organisation de la Demande des Services et Soins de Santé en RDC. Bethesda, MD: Health Systems 20/20 project, Abt Associates Inc., 59p.

International Journal of Innovation and Applied Studies
ISSN 2028-9324 Vol. 39 No. 2 Apr. 2023, pp. 917-926
© 2023 Innovative Space of Scientific Research Journals
http://www.ijias.issr-journals.org/

Stratégies didactiques de l'éducation environnementale en RD Congo: Les pratiques enseignantes au degré terminal de l'Enseignement primaire dans la ville de Bunia (Province de l'Ituri)

[Didactic strategies of environmental education in DR Congo: Teaching practices at the final level of primary education in the city of Bunia (Province of Ituri)]

Cwinya'ay Wong'a Pascal[1], Niyonkuru Charles[2], and Bapolisi Bahuga Paulin[3]

[1]Chef de travaux, Institut Supérieur Pédagogique de Bunia, Province de l'Ituri, ville de Bunia, RD Congo

[2]Professeur, Institut de Pédagogie appliquée de l'Université de Burundi, Bujumbura, Burundi

[3]Professeur Ordinaire, Institut Supérieur Pédagogique de Bukavu, Province du Sud-Kivu, Ville de Bukavu, RD Congo

Copyright © 2023 ISSR Journals. This is an open access article distributed under the ***Creative Commons Attribution License***, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

ABSTRACT: In D.R. Congo, environmental degradation remains visible even though the primary school curriculum includes Environmental Education (EE) as a subject to be taught to school children. This situation worries the educational actors and shows that primary school teachers do not positively influence their pupils to become national actors of environmental protection. The aim of this study is to explore the didactic strategies that teachers use in teaching Environmental Education in the final grade of primary school. It was conducted in the city of Bunia, in the province of Ituri, a region rich in natural resources. According to the main findings, 68.5% of the teachers still use traditional methods during environmental education lessons, 96.8% of the teachers do not apply the approaches and strategies of Environmental Education and Sustainable Development (EESD Strategies) in their respective lessons, 85.7% of the teachers plan the content of the curriculum to be taught according to the vertical plan, 89.5% of the teachers apply the objective approach while neglecting the competency-based approaches. The seniority of the teachers and the management regime influence their didactic strategies. The constraints noted are pedagogical, material and administrative. In order for teachers to improve their didactic strategies, they will have to undergo continuous training in the didactics of Environmental Education and Sustainable Development in the professional environment.

KEYWORDS: strategy, didactic, environment, education, primary education.

RESUME: En R.D. Congo la dégradation de l'environnement reste visible alors que le programme de l'enseignement primaire prévoit l'Education Environnementale (E.E) comme matière à enseigner aux écoliers. Cette situation inquiète les acteurs éducatifs et montre que les enseignants du primaire n'influencent pas positivement leurs élèves à devenir des acteurs nationaux de la protection de l'environnement. L'objectif de cette étude est d'explorer les stratégies didactiques que les enseignants mettent en place dans l'enseignement de l'Education environnementale au degré terminal de l'enseignement du primaire. Elle a été menée dans la ville de Bunia, en province de l'Ituri, une région très riche en ressources naturelles. D'après les principaux résultats obtenus, 68,5% des enseignants recourent encore aux méthodes traditionnelles pendant les leçons de l'éducation environnementale, 96,8% des enseignants n'appliquent pas les approches et stratégies de l'Education Environnementale et du Développement Durable (Stratégies EEDD) dans leurs leçons respectives, 85,7% des enseignants prévoient le contenu du programme à enseigner selon le plan vertical, 89,5% des enseignants appliquent l'approche par objectif tout en négligeant les approches par compétence. L'ancienneté des enseignants et le régime de gestion influencent leurs stratégies didactiques. Les contraintes relevées sont d'ordre pédagogique, matériel et administratif. Pour que les enseignants améliorent leurs stratégies didactiques, ils devront être soumis à une formation continue en didactique de l'Education Environnementale et du Développement Durable en milieu professionnel.

MOTS-CLEFS: stratégie, didactique, education, environnementale, enseignement primaire.

Corresponding Author: Cwinya'ay Wong'a Pascal

1 INTRODUCTION

1.1 ETAT DE LA QUESTION ET CONTEXTE DE L'ÉTUDE

Depuis plus de 30 ans, des efforts internationaux ont été consentis et observés visant à favoriser le développement de l'Education Relative à l'Environnement (ERE) principalement à travers le Programme International d'Education relative à l'Environnement (PIEE) de l'UNESCO-PNUE (1975-1995). L'ERE est entrée dans une nouvelle phase d'institutionnalisation, en particulier à travers le mouvement des réformes éducatives en cours dans les différentes régions du monde. L'une des caractéristiques des nouveaux curricula qui en émergent est en effet l'intégration d'objectifs d'apprentissages du domaine de l'ERE. L'éducation à l'environnement s'est alors affirmée comme une priorité internationale et comme une impulsion pour les Etats à la mettre en œuvre [1].

D'après la référence [2], l'enseignement, qu'il soit du niveau primaire, secondaire ou supérieur, est un opérateur essentiel pour former à la protection de l'environnement. La même source indique que l'UNESCO insiste sur le fait que les enseignants sont les principaux acteurs de l'éducation formelle à l'environnement. Leurs contributions, leurs pratiques professionnelles ainsi que l'exemple qu'ils offrent aux élèves sont des facteurs primordiaux pour l'élaboration du profil de l'éco-citoyen qu'ils forment.

Aujourd'hui le plus grand défi des nations est de parvenir à intégrer harmonieusement l'ERE dans le cursus scolaire des élèves. Plusieurs pays ont déjà donné le ton en intégrant tant bien que mal l'éducation relative à l'environnement dans le cursus scolaire (primaire et secondaire). Les pays tels que la France, la Belgique, l'Espagne ont choisi la voie de la transversalité pour inscrire l'environnement aux curricula scolaires. Dans cette visée, l'environnement, présenté comme un thème intégrateur (ou « générateur ») ou encore comme un « domaine général de formation », traverse l'ensemble des matières scolaires et devient un pôle d'intégration intra-, multi- ou interdisciplinaire. Ainsi, pour le cas du Québec, l'« environnement et la consommation » constituent l'un des cinq domaines généraux de formation prescrits aux cursus du primaire et du secondaire [3].

Les pays africains ne sont pas restés en marge de ces reformes éducationnelles mondiales en vue de l'intégration de l'ERE dans l'enseignement scolaire tel que recommandé par le rapport final de la conférence de Tbilissi. La dimension éducative relative aux questions environnementales est essentielle à la gestion durable de la richesse environnementale des pays africains. Les pays tels que le Mali, la Zambie et la Tanzanie, pour ne citer que ceux-là, tentent depuis le début des années 2000 d'intégrer l'ERE dans leurs systèmes scolaires à travers des programmes efficaces d'éducation et de formation relative à l'environnement avec l'aide des partenaires nationaux et internationaux [4].

En RD Congo, le gouvernement a depuis 2005, répondu favorablement aux attentes des Nations unies en reformant son programme de l'Enseignement Primaire par l'introduction d'une nouvelle branche appelée : Education pour la santé et l'Environnement. C'est la première fois que le concept environnement apparait clairement dans le programme scolaire au niveau primaire. Le programme de 2005 a été remplacé par celui de 2011 puis de 2016, dans lequel le législateur a de nouveau repris la branche de l'Education pour la santé et l'Environnement [5]. En outre la loi-cadre N°14/004 du 11 Février 2014 de l'enseignement national dans son article 9 stipule qu'une des options fondamentales de l'Enseignement en RDC est « l'éducation environnementale, la formation au développement durable et aux changements climatiques ». L'article 14 insiste sur le fait que la protection de l'environnement est une valeur à enseigner aux écoliers. L'article 17 de la même loi-cadre stipule que : « l'enseignement national assure une éducation environnementale, une formation au développement durable et aux changements climatiques dans le but de préparer les élèves, les étudiants et les autres apprenants aux problèmes de l'équilibre écologique ».

D'après la référence [1], l'ERE fait des problématiques environnementales une affaire sociétale qui nous concerne tous et pas seulement les experts dans le domaine. Le public cible reste cependant les individus faisant partie d'un cadre scolaire. L'idée de base étant de transmettre une compréhension de la situation environnementale et en faire un diagnostic afin d'imaginer des solutions au niveau global et de réagir au niveau local.

Les approches didactiques en matière d'éducation à l'environnement et au développement durable sont généralement complémentaires et dépendent des situations éducatives : Lucie Sauvé en a construit une typologie: approches cognitive, sensorielle, affective, pragmatique, morale ou éthique, spiritualiste, expérientielle, coopérative, interdisciplinaire, critique, réflexive [3].

1.2 PROBLÉMATIQUE

En dépit de la volonté internationale (ONU et UNESCO) de pouvoir généraliser l'éducation environnementale dans tous les continents du monde, l'existence en RD Congo des dispositions de la loi cadre et du programme national d'enseignement de l'Education Environnementale (E.E) insistant sur l'importance de former les écoliers à la protection de l'environnement, on assiste à une dégradation continuelle de l'environnement et de ses ressources. Cela prouve à suffisance que les effets de l'enseignement de l'EE donné aux écoliers ne sont pas visibles.

Les études effectuées en RD Congo durant ces dix dernières années relèvent des problématiques dans l'enseignement de l'EE, un enseignement caractérisé par l'absence, chez la majorité des enseignants et des élèves, de guide et des manuels comme outils indispensables à l'enseignement [6].

Notre question de recherche est: Les stratégies didactiques mises en œuvre par les enseignants du degré terminal de l'Enseignement primaire de la ville de Bunia pour enseigner l'éducation environnementale sont-elles conformes et adaptées aux approches de l'EEDD ?

Pour opérationnaliser cette interrogation visant à déduire des éléments de réponse, nous avons formulé les questions secondaires suivantes:

- Quelles sont les méthodes pédagogiques utilisées par les enseignants ?
- Quelles sont les stratégies et approches EEDD utilisées par les enseignants ?
- Quels types de des prévisions des matières les enseignants mettent en place ?
- Quelles sont les approches pédagogiques mis en place par les enseignants ?
- Quels sont les contraintes d'enseignement auxquels les enseignants font face ?

Cette étude vise à identifier les stratégies didactiques que les enseignants mettent en place pour aider leurs élèves à s'approprier les savoirs et les pratiques essentiels pour la protection de l'environnement local et de la préservation de ses ressources.

2 METHODOLOGIE

Cette recherche a été menée grâce à la méthode d'enquête ou de sondage appuyée par la technique de questionnaire. Ce dernier était composé de 9 questions dont cinq questions ouvertes, deux questions fermées et une question mixte. Les questions ouvertes ont été choisies pour cerner les difficultés, les contradictions ainsi que les contraintes des enseignants. Ces questions ouvertes sont importantes du fait que les réponses sont riches en informations et permettent d'évaluer les connaissances des enseignants. S'agissant des questions fermées, elles ont été choisies pour une simple raison: la collecte des réponses est facile et fiable.

La population d'étude était constituée de tous les enseignants du degré terminal de l'enseignement primaire répartis dans 153 écoles primaires fonctionnant dans la sous-division urbaine de Bunia. En RD Congo, chaque classe du primaire a un seul enseignant appelé titulaire de la classe et c'est lui qui dispense toutes branches inscrites au programme. L'effectif estimé des enseignants était de 306 qui dispenseraient les cours dans les classes de 5e et 6e primaire.

La détermination de la taille de l'échantillon était basée sur la théorie de de la référence [7]. D'après cet auteur, la taille d'un échantillon doit représenter ±10% de la population mère et il doit se composer d'un minimum de 30 individus. Pour avoir les écoles où trouver les enseignants à enquêter, on a recouru à l'échantillonnage aléatoire simple tel que suggéré par la référence [8].

Par la technique de l'urne, les listes des écoles où trouver les enseignants du degré terminal du primaire enquêté ont été établies suivant l'ordre alphabétique.

Pour trouver la taille de l'échantillon, la technique de KOTHARI a été utilisée [9].

Ainsi sur un total de 153 écoles recensées, les enseignants de 64 écoles ont reçu le questionnaire d'enquête mais sur un effectif de 128 enseignants attendus, seuls 124 ont répondus à nos questions.

Deux catégories de variables ont été associées: il s'agit des variables antécédentes (les stratégies didactiques) et des variables conséquentes (Ancienneté des enseignants et leurs régimes de gestion). La variable niveau d'étude n'a pas été pris en compte car en RD.Congo, tous les enseignants du degré terminal du primaire ont le même niveau d'étude (Diplôme d'état des humanités pédagogie générale ou normale). S'agissant de la variable sexe, elle n'a pas été également prise en compte car nous avons estimé que le sexe de l'enseignant ne peut pas influencer sa pratique didactique et sa formation pédagogique moins encore son niveau intellectuel. Pour vérifier les effets des variables antécédentes sur les variables conséquentes, le test du chi-deux (χ^2) a été utilisé sous le logiciel statistique SPSS.

3 RESULTATS

3.1 METHODES D'ENSEIGNEMENT UTILISEES

Le tableau 1 présente les fréquences observées relatives aux méthodes d'enseignement utilisées par les enseignants du degré terminal pendant leurs leçons d'éducation environnementale.

Tableau 1. Fréquence des réponses des enseignants par rapport aux méthodes d'enseignement utilisées

Méthodes	Fréquence	%
Traditionnelles	75	60,5
Modernes	43	34,7
Innovantes	6	4,8
N	124	100

Les enseignants recourent majoritairement aux méthodes traditionnelles (60,5%) pendant les leçons de l'éducation environnementale au moment où très peu (4,8 %) recourent aux méthodes innovantes.

3.2 Méthodes d'enseignements Utilisées En Fonction De L'ancienneté Des Enseignants

Les méthodes d'enseignement utilisées comparées à l'ancienneté des enseignants sont reprises dans le tableau 2.

Tableau 2. Résultat du test de chi-deux suivant les méthodes d'enseignement utilisées en fonction de l'ancienneté

Méthodes	Ancienneté des enseignants				Total	$\chi2_{Obs}$	$\chi2_{th}$	L	α
	≤5ans		>5 ans						
	f	%	f	%					
Modernes	25	33,3	50	66,7	75	2,57	0,99	2	0,05
Traditionnelles	11	25,5	32	74,5	43				
Innovantes	2	33,3	4	66,7	6				

En comparant les méthodes d'enseignement utilisées selon l'ancienneté des enseignants à l'aide du test χ2 au seuil de 5%, il est observé que la différence est significative (2,57 > 0,99) c'est-à-dire l'ancienneté des enseignants influence les choix des méthodes d'enseignement.

3.3 Méthodes d'enseignements Utilisées En Fonction Du Régime De Gestion

Le résultat du tableau 3 montre que le χ2 observé est supérieur au χ2 théorique (30,42> 0,44), la différence est significative au seuil de 5%.

Tableau 3. Résultat du test chi-deux en comparant les méthodes d'enseignement utilisées avec le régime de gestion des enseignants

Méthodes	Régime de gestion						$\chi2_{Obs}$	$\chi2_{th}$	L	α
	Privéé agrée		Conventioné		Non conventioné					
	f	%	F	%	F	%				
Modernes	32	50,7	5	9,7	6	66,6	30,42	0,44	4	0,05
Traditionnelles	31	49,3	41	78,8	3	33,4				
Innovantes	0	0	6	11,5	0	0				
N	63	100	52	100	9	100				

Le choix des méthodes d'enseignement est influencé par le régime de gestion des enseignants.

L'analyse du tableau montre par exemple que les enseignants du régime non conventionné ne recourent pas aux méthodes innovantes. Ce résultat s'explique par le fait qu'en RD. Congo, les régimes des gestions des écoles ont d'influences sur les activités des enseignants.

3.4 Stratégies Et Approches Didactiques De L'éducation Environnementale Et Du Développement Durable (Stratégies Et Approches EEDD)

Les fréquences et pourcentages relatifs aux stratégies et approches didactiques de l'éducation environnementale et du développement durable (stratégies et approches EEDD) sont repris dans le tableau (Tableau 4).

Tableau 4. Fréquence des réponses des enquêtés selon les approches et stratégies EEDD

Approches/Stratégies		Fréquence	%
Approches/Stratégies adaptées à l'EEDD	Affective	0	0
	Sensorielle	3	2,4
	Reflexive	1	0,8
	Socio-constructiviste	0	0
	Education au future	0	0
	Communauté de changement	0	0
	Pédagogie de projet	0	0
Mémorisation	Mnémotechnie ou répétition verbale des notions	120	96,8
N		124	100

Ce tableau montre que 96,8% des enseignants du degré terminal de l'enseignement primaire n'appliquent pas les approches et stratégies EEDD dans leurs leçons respectives. Seuls 2,4% d'entre eux utilisent les approches sensorielles et 0,8% recourent des fois aux approchent réflexives.

3.5 Stratégies Et Approches EEDD En Fonction De L'ancienneté Des Enseignants

Le recours aux stratégies EEDD par les enseignants a été comparé à leur ancienneté et les résultats sont repris dans le tableau 5. Le calcul du test chi-deux au seuil de 5% montre que la différence est significative (3,51> 0,33) dans le choix des stratégies EEDD en fonction de l'ancienneté.

Tableau 5. Résultat du test chi-deux en comparant les Stratégies EEDD en avec l'ancienneté des enseignants

Approches/Stratégies		Ancienneté des enseignants				$\chi2_{Obs}$	$\chi2_{th}$	L	α
		≤5ans		>5 ans					
		f	%	f	%				
Approches/Stratégies adaptées à l'EEDD	Sensorielle	0		3	3,6	3,51	0,33	2	0,05
	Réflexive	1	2,4	0	0				
Mémorisation	Mnémotechnie	40	97,6	80	96,4				
N		41	100	83	100				

L'ancienneté aurait une influence significative sur leurs choix. Nous pouvons par exemple constater que l'approche sensorielle est un choix exclusif des enseignants qui ont une ancienneté de plus de 5ans.

3.6 Stratégies Et Approches EEDD En Fonction Du Régime De Gestion Des Enseignants

Le choix des stratégies et approches EEDD en fonction du régime de gestion des enseignants est repris dans le tableau 6.

Tableau 6. Résultat du test chi-deux en comparant les stratégies et approches EEDD avec le régime de gestion des enseignants

Approches /Approches		Régime de gestion						$\chi2_{Obs}$	$\chi2_{th}$	L	α
		EPA		EC		ENC					
		f	%	f	%	f	%				
Stratégies/ Approches EEDD	Sensorielle	3	4,7	0	0	0	0	4,00	0,07	4	0,05
	Réflexive	1	1,7	0	0	0	0				
Mémorisation	Mnémotechnie	59	93,6	52	100	9	100				
N		63		52		9	100				

Légendes: EPA (Ecoles Privées Agréées), EC (Ecoles Conventionnées), ENC (Ecoles Non Conventionnées).

En analysant ce tableau 6, le χ2 observé est supérieur au χ2 théorique (4,00> 0,07) au seuil de 5%. La différence est significative dans le choix des stratégies et approches EEDD par les enseignants selon qu'ils sont employés dans tel ou tel autre régime de gestion. Ce dernier

influencerait le choix des enseignants. Les approches EEDD sont exclusives aux enseignants du régime de gestion privée. Ce résultat s'explique par le fait que les promoteurs des écoles privées deviennent de plus en plus compétitifs en offrant aux élèves plusieurs activités en dehors des écoles afin d'attirer les parents et grâce aux bus scolaires qu'ils disposent; les enseignants ont la possibilité de diversifier leurs activités. Dans les écoles publiques, la routine s'installe à cause du manque des moyens financiers.

3.7 STRATÉGIES D'ÉLABORATION DES PRÉVISIONS DES MATIÈRES

Les modèles des prévisions des matières adoptées par les enseignants sont consignés dans le tableau 7.

Tableau 7. Fréquence des réponses des enquêtés selon les modèles des prévisions de matières utilisées

Modèles des prévisions	Fréquence	%
Horizontal et basé sur le centre d'intérêt	19	15,3
Vertical	105	84,7
N	124	100

Ce tableau montre que 84,7% des enseignants prévoient le contenu du programme à enseigner selon le plan vertical alors que 15,3% recourent au modèle horizontal basé sur le centre d'intérêt.

3.8 APPROCHES PÉDAGOGIQUES MISE EN PLACE

Les approches pédagogiques auxquelles les enseignants font recours sont reprises dans le tableau 8.

Tableau 8. Fréquence des réponses des enquêtés sur les approches pédagogiques adoptées

Approches	Fréquence	%
Par objectif	111	89,5
Par compétence et par situation	10	8,1
Magistro-centriste	3	2,4
N	124	100

Le résultat montre que 89,5% des enseignants appliquent l'approche par objectif tandis que 8,1% appliquent les approches par compétence et par situation et 2,4% appliquent des approches centrées sur le maître (Magistro-centrisme). Le recours à l'approche par objectif par la majorité des enseignants montre que ces derniers ne maitrisent pas encore les approches par compétence et par situation malgré les différentes formations organisées par le Ministère de l'Enseignement Primaire, Secondaire et Technique.

3.9 CONTRAINTES DES ENSEIGNANTS

Les enseignants (70,9%) affirment que leur contrainte majeure en E.E est l'absence des manuels scolaires adaptés au programme de l'E.E. A cela s'ajoute-le manque de matériels didactiques (20%); c'est-à-dire que les écoles sont sous-équipées (Tableau 9).

Tableau 9. Contraintes rencontrées par les enseignants dans l'enseignement de l'EE

Contraintes	Fréquence	%	Caractéristique des contraintes
Absence des manuels scolaires	88	70,9	Pédagogique
Programme scolaire surchargé	6	4,8	Pédagogique
Ecoles sous équipées	25	20	Matérielle
Manque formation continue	5	4,3	Pédagogique
N	124	100	

L'analyse de ces contraintes montre qu'elles sont majoritairement d'ordre pédagogique.

3.10 CONTRAINTES DÉCOULANT DES RÉSULTATS DE RECHERCHE

L'analyse des résultats de la présente recherche montre qu'il existe plusieurs d'autres contraintes que les enseignants rencontrent dans l'enseignement de l'E.E.

Tableau 10. Les contraintes de l'intégration des stratégies et outils didactiques de l'E.E au degré terminal de l'enseignement primaire

No	Contraintes d'intégration	Caractéristique des contraintes
1	Faible niveau de formation des enseignants en didactique de l'EE.	Pédagogique
2	Faible implication des enseignants dans les problèmes environnementaux.	Pédagogique
3	L'enseignement de l'E.E exécuté uniquement en classe.	Pédagogique
4	L'influence du régime de gestion de l'enseignant sur sa pratique pédagogique.	Administrative
5	L'E.E intégrée en sous unité dans la branche Education pour la santé et l'Environnement	Pédagogique
6	Faible implication de l'Etat pour un bon enseignement de l'E.E	Administrative
7	L'absence d'exploitation des milieux de l'enfant par les enseignants pour un ancrage et appropriation des questions environnementales.	Pédagogique
9	Mauvaise organisation des écoles	Administrative

Les caractéristiques des contraintes rencontrées par les enseignants sont d'ordre pédagogique, administratif et intellectuel.

4 DISCUSSION

4.1 MÉTHODES D'ENSEIGNEMENT UTILISÉES PAR LES ENSEIGNANTS

Le tableau 1 a montré que les enseignants recouraient majoritairement aux méthodes traditionnelles (60,5%) pendant les leçons de l'éducation environnementale au moment où très peu (4,8 %) recourent aux méthodes innovantes. Selon la référence [10], les méthodes innovantes devraient être privilégiées en E.E car elles limitent sensiblement le rôle de l'enseignant dans le processus d'apprentissage et laisse l'élève à apprendre seule. Elle est inspirée par les partisans du constructivisme et du socioconstructivisme. Il existe plusieurs de ces méthodes parmi lesquelles nous pouvons citer: les classes inversées, les jeux de rôles, les méthodes des contes, Learning lab,…

A l'école primaire, les méthodes innovantes et modernes dans une approche de la pédagogie active, basées sur les observations actives des élèves, restent une des meilleures stratégies que devraient adoptés les enseignants; ce qui faciliterait l'ancrage et un bon apprentissage des notions environnementales [11].

Les résultats observés montrent que les enseignants ne respectent pas les directives méthodologiques du programme national de l'enseignement du primaire. La référencé [11] exige à l'enseignant de recourir les plus souvent à la méthode de brainstorming pour permettre aux élèves de partager leurs points de vue sur les causes et les conséquences de la pollution.

Les résultats de recherches concernant les technologies de l'éducation confirment que les méthodes pédagogiques dites « actives » apportent plus de bénéfices que les méthodes traditionnelles de l'enseignement tant au niveau de la qualité que de la profondeur des activités mentales générées par les activités proposées aux apprenants. Ce même constat a été fait par la référence [12]

La référence [13] souligne dans son ouvrage intitulé synthèse écologique qu'au niveau primaire ou élémentaire qu'une sensibilisation à l'environnement local sera basée sur les observations des élèves, des analyses, des études et des mesures dans le milieu grâce aux excursions afin que les apprenants puissent acquérir des attitudes positives.

Selon la référence [14], l'éducation environnementale devrait être basée sur d'autres modes d'intervention pédagogique pour compléter le sacro-saint cours magistral qui a montré ses limites face aux conceptions des apprenants. Les résultats de cette étude ont montré le contraire dans la mesure où la majorité des enseignants privilégient les méthodes dites traditionnelles au détriment des méthodes innovantes et modernes.

La référence [15] vient corroborer les propos de la référence [14] en soulignant également que pour des disciplines scolaires basées sur l'étude des éléments de la nature, le modèle du cours magistral, qui maintiendrait les conceptions dans les plis de la coutume didactique et n'en tiendrait pas ou pas suffisamment compte, est remis en cause au profit d'un autre modèle privilégiant la réorganisation des connaissances plutôt que leur transmission.

La référence [2] souligne aussi que, pour une bonne réussite de l'enseignement de l'éducation environnementale l'acquisition de compétences dans la discipline devrait s'accompagner d'expériences pratiques visant à développer les compétences sociales et

personnelles. Au niveau primaire, les nombreuses activités environnementales de la démarche école- milieu de vie de l'enfant devrait être privilégiés et l'enseignement devrait être basé sur des méthodes innovantes tout en limitant les méthodes traditionnelles basées sur le maître et non sur l'apprenant.

En comparant les méthodes d'enseignement utilisées selon l'ancienneté des enseignants à l'aide du test $\chi 2$ au seuil de 5%, il est observé que la différence est significative (2,57 > 0,99) c'est-à-dire l'ancienneté des enseignants influence les choix des méthodes d'enseignement (Tableau 2).

La référence [5] ne cesse de montrer le lien statistiquement significatif entre l'expérience professionnelle (ancienneté) des enseignants et leurs performances. La présente étude montre que l'ancienneté des enseignants influence les choix des méthodes pédagogiques pour enseigner l'E.E.

La référence [16] a montré que l'expérience professionnelle des enseignants semblait avoir un impact significatif positif sur leurs performances, et donc les scores des élèves, plus l'expérience était longue, plus élevé étaient les niveaux des performances des enseignants traduits en performances des élèves et que plus un enseignant était expérimenté, plus il était compétent sur le plan pédagogique et de l'organisation de la classe.

L'analyse du tableau 3 montre que les enseignants du régime non conventionné ne recourent pas aux méthodes innovantes. Ce résultat s'explique par le fait qu'en RD. Congo, les régimes des gestions des écoles ont d'influences sur les activités des enseignants.

4.2 Stratégies Et Approches Didactiques De L'éducation Environnementale Et Du Développement Durable (Stratégies Et Approches EEDD)

Le Tableau 4 montre que 96,8% des enseignants du degré terminal de l'enseignement primaire n'appliquent pas les approches et stratégies EEDD dans leurs leçons respectives. Seuls 2,4% d'entre eux utilisent les approches sensorielles et 0,8% recourent des fois aux approchent réflexives. Le recours aux méthodes traditionnelles basées sur la mémorisation n'est pas une stratégie l'EEDD et ne peut pas favoriser chez les élèves l'ancrage et l'appropriation des notions de protection de l'environnement. L'ensemble de la littérature de didactique de l'E.E insiste sur l'application des approches EEDD étant donné que l'environnement est une question socialement vive.

Le non-respect des stratégies et approches EEDD par les enseignants ne faciliterait pas l'apprentissage et l'implication des enfants dans la prise en compte des problèmes environnementaux propres à leurs milieux.

Parmi les méthodes proposées par la référence [10] seule l'approche sensible a été utilisée par quelques enseignants (2,4%) du degré terminal de l'enseignement primaire de la ville de Bunia. Or la référence [3] montre une série d'approches (cognitive, sensorielle, affective, pragmatique, morale ou éthique, spiritualiste, expérientielle, coopérative, interdisciplinaire, critique, réflexive) qui devraient être abordées.

Quoi que l'approche réflexive soit faiblement privilégiée par les enseignants (0,8%) du primaire dans le milieu d'étude, la référence [17] souligne que l'approche didactique d'éducation environnementale devrait privilégier le débat, les divergences d'opinion. Les idées qui surgissent lors de confrontations de diverses approches individuelles sont un moteur à la construction de la connaissance. D'après le même auteur la didactique de l'éducation au développement durable devrait permettre à l'élève de toucher du doigt les réalités de notre monde: il faudrait donc commencer par enseigner ce qui fait partie de l'environnement quotidien de l'élève.

Les approches EEDD sont employées exclusivement par les enseignants du régime de gestion privée (Tableau 6). Ce résultat s'explique par le fait que les promoteurs des écoles privées deviennent de plus en plus compétitifs en offrant aux élèves plusieurs activités en dehors des écoles afin d'attirer les parents et grâce aux bus scolaires qu'ils disposent; les enseignants ont la possibilité de diversifier leurs activités. Dans les écoles publiques, la routine s'installe à cause du manque des moyens financiers.

4.3 Stratégies D'élaboration Des Prévisions Des Matières Par Les Enseignants

Le tableau7 a montré que 84,7% des enseignants prévoient le contenu du programme à enseigner selon le plan vertical alors que 15,3% recourent au modèle horizontal basé sur le centre d'intérêt.

En effet, l'éducation environnementale étant une matière interdisciplinaire, la meilleure façon de prévoir les matières du programme devrait être horizontale dans le but de décloisonner les notions entre les différentes disciplines. La prévision verticale est désavantageuse car elle cloisonne les notions communes prévues dans les différentes branches inscrites au programme.

La référence [18] estime que les questions socialement vives doivent être enseignées dans une approche interdisciplinaire ou pluridisciplinaire.

Par ailleurs, la référencé [19] souligne que les pratiques didactiques en éducation à l'environnement et au développement durable nécessitent un apprentissage pluridisciplinaire, holistique et systémique, une participation active des élèves, une approche expérimentale

et de résolution de problème, ouverte sur l'extérieur, une pédagogie de projet, un partenariat. Elles excluent par conséquent les approches didactiques mono disciplinaires classiques.

Ainsi par exemple, les questions de l'énergie, des déchets et du changement climatique prennent actuellement de l'importance. Une approche réellement transversale de l'environnement supposerait, autour de ces thématiques, un croisement équilibré des points de vue des différentes disciplines [20]

4.4 Approches Pédagogiques Mise En Place Par Les Enseignants

Le résultat a montré que 89,5% des enseignants appliquent l'approche par objectif tandis que 8,1% appliquent les approches par compétence et par situation et 2,4% appliquent des approches centrées sur le maître (Magistro-centrisme).

Le recours à l'approche par objectif par la majorité des enseignants montre que ces derniers ne maitrisent pas encore les approches par compétence et par situation malgré les différentes formations organisées par le Ministère de l'Enseignement Primaire, Secondaire et Technique.

4.5 Contraintes Des Enseignants

Les enseignants (70,9%) affirment que leur contrainte majeure en E.E est l'absence des manuels scolaires adaptés au programme de l'E.E. A cela s'ajoute-le manque de matériels didactiques (20%); c'est-à-dire que les écoles sont sous-équipées (Tableau 9). L'analyse de ces contraintes montre qu'elles sont majoritairement d'ordre pédagogique.

L'absence des manuels scolaires adaptés au programme de l'E.E est attribuée à l'Etat congolais qui n'a pas une politique claire en matière de diffusion régulière des manuels scolaires. Au niveau du ministère de l'EPST, une direction chargée de diffusion des manuels existe mais les auteurs rencontrent des difficultés d'ordre administratif pour que leurs textes soient pris en compte.

S'agissant des contraintes d'ordre matériel, une part de responsabilité est attribuée aux gestionnaires des écoles et aux promoteurs qui négligent d'équiper les écoles en matériels didactiques adaptés. Les enseignants aussi ont leur part de responsabilité car eux-mêmes peuvent fabriquer leurs propres matériels didactiques. Les contraintes pedagogiques et intellectuelles sont celles liées au faible niveau de formation des enseignants aux notions environnementales et à la didactique de l'EEDD, tandis que les contraintes administratives sont celles liées à la politique de l'enseignement en RD.Congo et à l'organisation des écoles.

5 Conclusion

La présente étude montre que 68,5% des enseignants recourent encore aux méthodes traditionnelles pendant les leçons de l'éducation environnementale et 96,8% des enseignants n'appliquent pas les approches et stratégies pedagogiques EEDD dans leurs leçons respectives, 85,7% des enseignants prévoient le contenu du programme à enseigner selon le plan vertical, 89,5% des enseignants appliquent l'approche par objectif. Les contraintes rencontrées par les enseignants sont d'ordre pédagogique, matériel et administratif. L'étude montre également que l'ancienneté des enseignants ainsi que leurs régimes de gestion ont d'influence sur leurs stratégies didactiques. Les enseignants ont donc besoin d'une formation continue pour les aider à recourir aux stratégies didactiques EEDD. Afin de mieux former les élèves congolais à devenir des principaux acteurs dans la protection des ressources naturelles du pays et du monde, les acteurs éducatifs congolais ont intérêt à orienter la didactique de l'E.E vers les stratégies EEDD.

Remerciements

Nous remercions les personnes suivantes qui ont apport contribué à travers leurs conseils dans la réalisation du présent article. Il s'agit de:

1. Professeur Muhunga Matumwabiri Roger, enseignant-chercheur à l'ISDR de Bukavu, RD.Congo;
2. Docteur Bahati WIHOREYE Jean-Marie, enseignant-chercheur à l'ISP de Bukavu

REFERENCES

[1] R. Lira, *l'éducation à l'environnement dans les écoles fondamentales à Bruxelles, les motivations des directeurs,* Mémoire de Master, ULB, 2012, [en ligne] disponible sur: https://mem-envi.ulb.ac.be › (20 Novembre 2022).

[2] A. Brou, Education relative à l'environnement en milieu scolaire Ivoirien: Réflexion pour un regard critique, 2016 dans Européen Scientifique Journal, [en ligne] disponible sur: http://dx.doi.org/10. 4000/9044/esj.2016.V/2n. (23 Janvier 2023).

[3] L. Sauvé, « l'éducation relative à l'environnement: possibilités et contraintes », Connexion, Bulletin international de l'enseignement scientifique et technologique et de l'éducation environnementale de l'UNESCO, vol. XXVII, n°1-2, Paris, UNESCO, 2003.

[4] GreenCOM, Programmes d'éducation environnementale en milieu scolaire: leçons de trois pays africains, projet d'éducation et de communication environnementale, SAID, 2000.

[5] EPSP, Programme National de l'Enseignement Primaire (PNEP), DIPROMAD, 2016.

[6] M. Kasele, *Education relative à l'environnement en milieu scolaire en RDC,* Mémoire de DES, Inédit, Unikin, 2013, [en ligne] disponible sur: https://www.espace-ressources.org ›2015. (23 Janvier 2023).

[7] F. Dépelteau, La démarche d'une recherche en sciences sociales, de la question de départ à la communication des résultats, Collection: méthode en sciences humaines, Presses de l'Université de Laval, De Boeck, 2010.

[8] L. Amyotte, Méthodes quantitatives, application à la recherche en sciences humaines, dans Renouveau Pédagogique, InC, Canada, 1996.

[9] C.R Kothari, *Research Methodology Methods and Techniques,* Second Revised, New Age international Publishers, 2004.

[10] O. Meunier, Education à l'environnement et au développement durable, Institut National de recherche pédagogique, 2006, Lyon France, [en ligne] disponible sur http://www.inrp.fr/vst. https://www.espace-ressources.org ›2015. (2 Février 2023).

[11] MINEPST, *Guide des formules inspectorales,* Inspection générale, RDC, sd.

[12] J. Lebrun, D. Niclot, Les manuels scolaires: réformes curriculaires, développement professionnel et apprentissages des élèves, [en ligne] disponible sur surhttp://www.erudit.org/fr/revue/rse/2008/V34/n2/019700ar.html., 2008 (2 Février 2023).

[13] P. Duvigneaud, *Synthèse écologique 2e édition,* Doin, Paris, 1980.

[14] B. Gueye, « Les conceptions des apprenants au cœur de la didactique des sciences naturelles*«,* dans *APSNS, vol 1, numéro 1,* 1997.

[15] P. Duplessis, Les conceptions des élèves au centre de la didactique de l'information, note du séminaire au GRCD, IUFM, Inédit, Paris, 2008.

[16] P.Bressoux, F. Kramarz, et C. Prost,. Teachers' training, class size and students' outcomes: evidence from third grade classes in France, training and the evolving workplace (Vancouver, 12-13 mai 2006).Team for advanced research on globalisation, education, technology (TARGET) and the national research data centre program, 2006.

[17] D. Cottereau, Chemins de l'imaginaire. Pédagogie de l'imaginaire et éducation à l'environnement, ED.Badio, 1999.

[18] L. Simonneaux, A. Legardez, Développement durable et autres questions socialement vives dans l'enseignement et la formation, Educagri, Paris, 2011.

[19] A. Gordian, Une didactique pour les sciences expérimentales, Berlin, Paris, 1999.

[20] Anonyme, Interdisciplinarité de l'éducation environnementale, [en ligne] disponible sur http://www.caim.info/revue-natures-sciences-societé, 2008, (18 Mars 2023).

International Journal of Innovation and Applied Studies
ISSN 2028-9324 Vol. 39 No. 2 Apr. 2023, pp. 927-933
© 2023 Innovative Space of Scientific Research Journals
http://www.ijias.issr-journals.org/

Study of the Diode Current of a Silicon Solar cell in Dynamic Frequency Regime under Monochromatic Illumination in the Presence of the Magnetic Field and the Irradiation Energy

El Hadji Ndiaye, Seydou Faye, Fatimata BA, Mor Ndiaye, and Issa Diagne

Laboratory of Semiconductors and Solar Energy, Physics Department, Faculty of Science and Technology, University Cheikh Anta Diop, Dakar, Senegal

Copyright © 2023 ISSR Journals. This is an open access article distributed under the ***Creative Commons Attribution License***, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

ABSTRACT: In this work, we studied the influence of the irradiation energy and the magnetic field on the diode current of a solar cell in frequency dynamic regime under monochromatic illumination. After solving the minority charge carrier continuity equation in the presence of irradiation energy and magnetic field, we derive new expressions for the minority charge carrier density and the diode current. Starting from these equations, we have represented the profiles of the latter according to some parameters finally to highlight the effect of the irradiation energy and the magnetic field on the diode current.

KEYWORDS: Silicon Solar Cell; Frequency Modulation; Irradiation Energy; Magnetic Field; Diode Current.

1 INTRODUCTION

A photovoltaic cell or solar cell is a semiconductor optoelectronic device that directly converts sunlight into electrical energy. Indeed, photovoltaic operation is based on the principle of the photoelectric effect: under the effect of light, a semiconductor material can release electrons and create a direct electric current. Among the materials that can achieve this energy conversion, silicon has the best efficiency and wide availability on earth, however, given the low efficiency of these photovoltaic cells, the researchers have invested in various research works by proposing several techniques for characterizing the semi-automatic material. Among the most important parameters in the different characterization techniques, we can cite: the diffusion coefficient [1-2], the global carrier generation rate G [3], the lifetime of the carriers, the length of diffusion of carriers L and recombination speeds (at the Sf junction, on the back face Sb) [4-5]. These characterization techniques are based on the measurement of the optical and electrical effects of the imperfections contained in the solar cell maintained in static mode or in dynamic mode. From theoretical studies, we propose in this article, a method for determining the diode current of a silicon solar cell under monochromatic illumination in frequency dynamic regime, under irradiation and magnetic field.

2 THEORY

The solar cell considered is of the n+pp+ type and its structure is presented in figure 1.

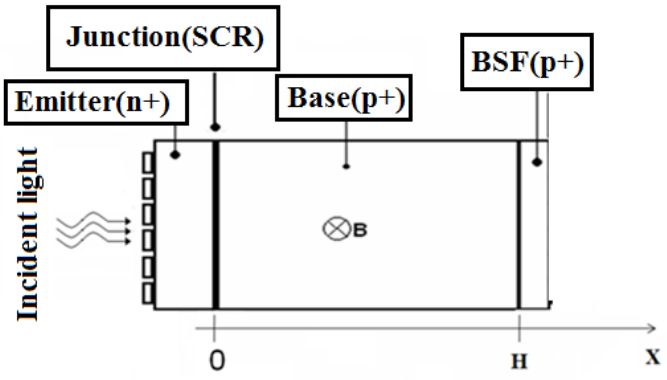


Fig. 1. An n+-p-p+ structure of a silicon solar cell

Under the effect of excitation (optical or electrical), charge carriers are generated in the base of the solar cell. The carriers thus generated can either cross the space charge zone where they participate in the external current, or they undergo surface or volume recombinations. These are due to defects (grain boundaries, uncontrolled impurities, dislocations, etc.) related to the manufacture of the solar cell. Taking into account the phenomena of generation, recombination and diffusion within the solar cell, the continuity equation of the minority charge carriers in the base at the abscissa x in frequency dynamic regime is of the form:

$$\frac{\partial^2\delta(x,t)}{\partial x^2} - \frac{1}{D}\frac{\partial\delta(x,t)}{\partial t} - \frac{\partial\delta(x,t)}{D\tau} = -\frac{G(x,t)}{D} \quad (01)$$

Where is the density of electrons generated in the base at depth x in the base, [6] is the diffusion coefficient, G [7] the overall carrier generation rate and [8] the carrier lifetime. For the resolution of the continuity equation, the global generation rate and the density of the minority carriers can be put respectively in the following form.

$$\delta(x,t) = \delta(x)\ \exp(j\omega t) \quad (02)$$

$$G(x,t) = g(x)\ \exp(j\omega t) \quad (03)$$

$$g(x) = \varphi_t\alpha_t(1-R_t)\exp(-\alpha_t x) \quad (04)$$

The expressions of the diffusion coefficient and of the diffusion length as a function of the irradiation energy and of the damage coefficient kl in the dynamic frequency regime are given respectively by the following equations [8]

$$D^*(\omega,Kl,\varphi_p,B) = D(Kl,\varphi_p)\frac{\left[1+\tau^2(\omega_c^2+\omega^2)+j\omega\tau[\tau^2(\omega_c^2-\omega^2)-1]\right]}{4\tau^2\omega^2+\left[1+\tau^2(\omega_c^2-\omega^2)\right]^2} \quad (05)$$

Avec:

$$D(kl,\varphi_p) = \frac{L(kl,\varphi_p)^2}{\tau} \quad (06)$$

$$L(K_l,\varphi_p) = \frac{1}{\sqrt{\frac{1}{L_0^2}+K_l\varphi_p}} \quad (07)$$

$$L_0 = \sqrt{D_0\tau} \quad (08)$$

$$L\ (Kl,\varphi_p,\omega) = L(kl,\varphi_p).\sqrt{\frac{1-j.\omega.\tau}{1+(\tau.\omega)^2}} \quad (09)$$

$D(Kl,\varphi)$ is the diffusion coefficient depending on the damage coefficient and the irradiation flux.

$L(Kl,\varphi)$ is the scattering length as a function of the damage coefficient and the irradiation flux.

L0 is the scattering length in the absence of pulsation, irradiation and magnetic field.

D0 is the diffusion coefficient in the absence of pulsation, irradiation and magnetic field

$L(Kl,\varphi,B)$ is the scattering length as a function of the damage coefficient, the irradiation flux and the magnetic field.

Thus equation (1) can be put in the form:

$$\frac{\partial^2(x)}{\partial x^2} - \frac{1}{L^2(\omega)}\partial(x) = -\frac{g(x)}{D^*} \quad (10)$$

The equation (04) being a differential of the second degree with second member therefore the general solution is:

$$\delta(x) = A\cosh\left(\frac{x}{L}\right) + B\sinh\left(\frac{x}{L}\right) - \frac{\alpha I_0 (1-R) L^2}{D(\alpha^2 L^2 - 1)}\exp(-\alpha x) \quad (11)$$

To determine the coefficients A and B, the following boundary conditions [7] are used.

At the junction (x = 0) $\frac{\partial\delta(0)}{\partial x} = \frac{Sf}{D^*}\delta(0)$ (12)

On the back side (x = H) $\frac{\partial\delta(H)}{\partial x} = -\frac{Sb}{D^*}\delta(H)$ (13)

Where, Sf and Sb are the recombination rates of the minority charge carriers at the junction and at the back face, respectively; H the thickness of the base. Sf is the sum of two contributions [8].

$$Sf = Sf_0 + Sf_j \quad (14)$$

3 Results And Discussions

3.1 Diode Current Expression

The diode current is a leakage current, it is established when the charge carriers are injected or photo generated in the solar cell. Thus, for an illuminated solar cell, this current characterizes the losses of generated carriers and depends on the voltage, the absorption coefficient and the recombination speeds. It is given by the following expression:

$$Id_n = q.Sf_{0.}\delta_n(0)$$

Where Sfo is the intrinsic recombination rate at the junction.

3.1.1 Study Of The Diode Current As A Function Of The Pulsation

We present in Figure 02 the variations of the modulus of the diode current as a function of the logarithm of the pulsation for different values of the magnetic field.

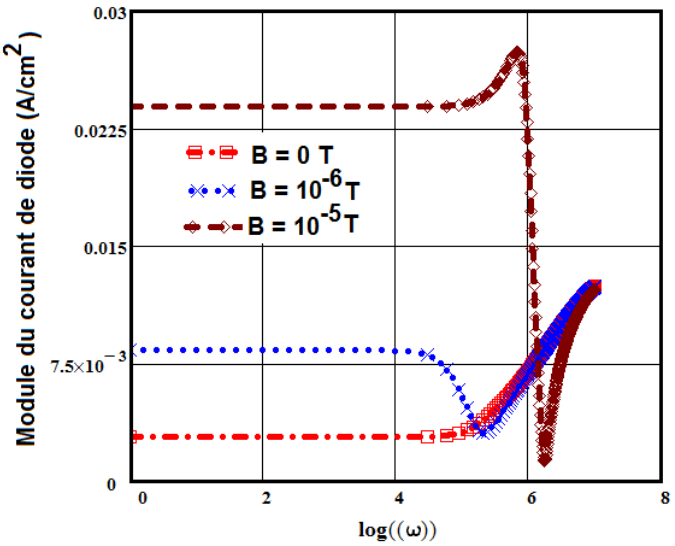


Fig. 2. Variation of the module of the diode current according to the logarithm of the pulsation for various values of the magnetic field. Kl=10 MeV^{-1}.s^{-1}; λ=0,6µm; φ=100MeV

We notice that the modulus of the diode current is constant when we are at low values of the pulsation. Indeed, the low values of the pulsation correspond to the static regime, which justifies the constancy of the modulus of the diode current in this part. In addition, as soon as we are in the dynamic frequency regime, the influence of the frequency is felt by the appearance of resonance peaks with the application of the magnetic field. Moreover, it can be seen that the modulus of the diode current is minimal in the absence of a magnetic field. This can be explained by the fact that an increase in the magnetic field leads to an accumulation of carriers at the junction, which would increase the leakage current when the magnetic field is increased.

In figure 03 we represent the profiles of the modulus of the diode current as a function of the logarithm of the pulsation for different values of the irradiation energy.

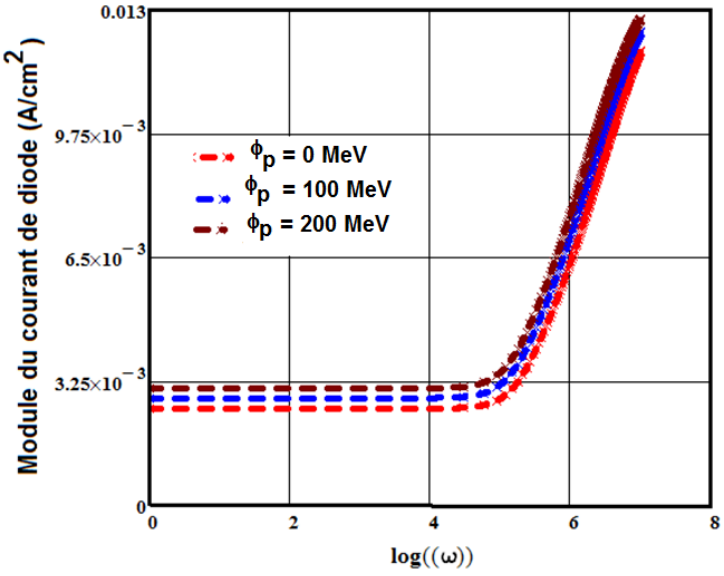


Fig. 3. Variation of the diode current modulus as a function of the logarithm of the pulsation for different values of the irradiation energy. Kl=10 MeV^{-1}.s^{-1}; λ=0,6µm; B = 10^{-5}T

For pulses less than or equal to 104 rad/s, the leakage current modulus remains constant, we are in a quasi-static regime. This value of the diode current increases when the irradiation energy increases. From 105 rad/s, there is a clear increase in the

diode current as a function of the logarithm of the pulsation up to a maximum value near resonance. Moreover, it is observed that the irradiation energy increases the modulus of the diode current. Indeed, the increase in the irradiation energy increases the carrier losses generated.

3.1.2 Study Of The Diode Current As A Function Of The Photovoltage

In figure 04 we represent the profiles of the modulus of the diode current as a function of the photovoltage for different values of the magnetic field.

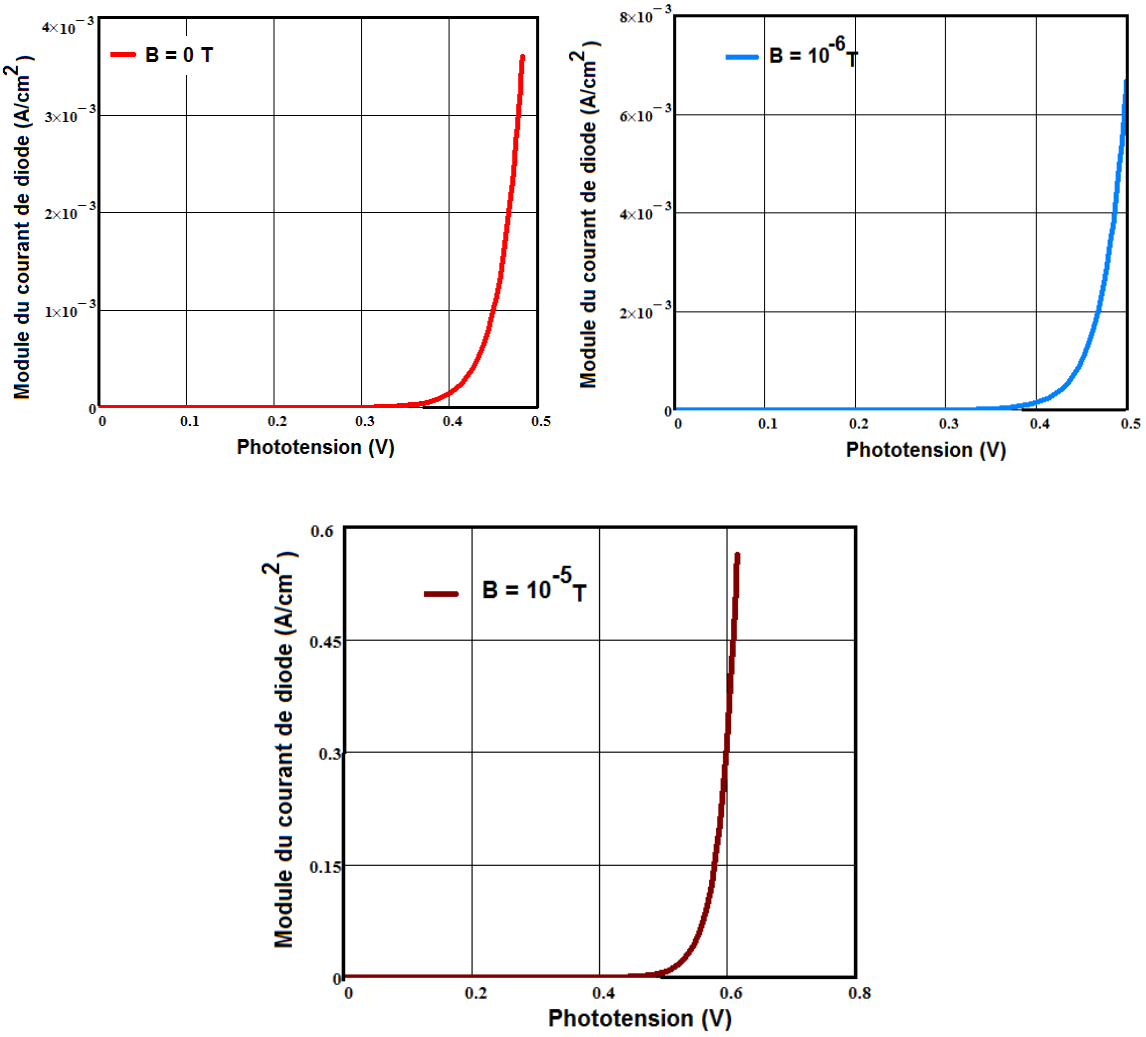


Fig. 4. Variation of the module of the diode current as a function of the photovoltage for different values of the magnetic field. Kl=10 MeV^{-1}.s^{-1}; λ=0,6µm; φ=100MeV

As soon as the influence of the space charge zone loses its importance, i.e. as soon as the voltage is greater than or equal to 0.4 volts, the diode current increases with the voltage exponentially. Thus the leakage current appears as soon as there is an accumulation of charge carriers at the junction (low Sf or low gradient of the carriers) corresponding to increasing values of the voltage.

In Figure 05, we represent the profiles of the modulus of the diode current as a function of the photovoltage for different values of the irradiation energy.

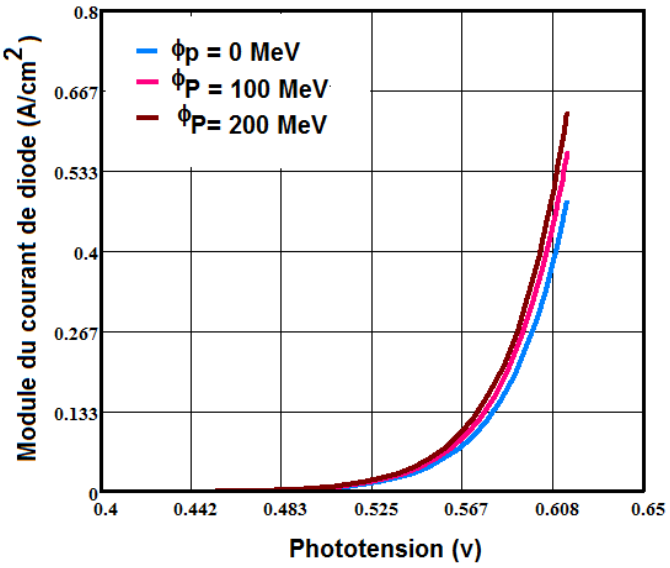


Fig. 5. Module of the diode current as a function of the photovoltage for different values of irradiation. Kl=10 MeV^{-1}.s^{-1}; λ=0,6µm; B = 10^{-5} T

In this figure, we observe that the diode current is almost zero at low values of the photovoltage. Practically, we have the same looks as the previous figures. Therefore, the explanations will remain the same as to the influence of the photovoltage on the module of the diode current. Compared to the irradiation energy, we note an increase in the diode current modulus because the irradiation energy reduces the mobility of the carriers hence an increase in the accumulation of minority carriers.

Table 1. Diode current values as a function of irradiation energy and magnetic field

ϕ_P (MeV)	Id (A /cm^2)
50	0, 52512
100	0,56321
150	0,59813
200	0,63054
250	0,66093

B(T)	Id (A /cm^2)
0	0,0035
10^{-6}	0,0066
10^{-5}	0,5632

From this table, we find that when the value of the irradiation energy and the magnetic field increase, the modulus of the diode current increases which is due to the slowing down of the diffusion of the minority carriers caused by the irradiation and the accumulation of carriers at the junction by the magnetic field. Consequently, the intrinsic properties of the solar cell are damaged; this implies a drop in the conversion efficiency of the solar cell.

4 CONCLUSION

A theoretical study was carried out on the diode current of a silicon solar cell and under monochromatic illumination, in frequency modulation, under irradiation and magnetic field. This study allowed us to recall the expressions of some electrical parameters in particular that of the diode current. Indeed, this study also allowed us to show that in frequency dynamic regime, the diode current is an important electrical parameter of the solar cell. Moreover, with an irradiation energy and an applied magnetic field, the recombination of minority carriers is slowed down. Consequently, the intrinsic properties of the solar cell are damaged; this implies a drop in the conversion efficiency of the solar cell.

REFERENCES

[1] D. Sontag, G. Hahn, P. Geiger, P. Fath, E. Bucher, Two-dimensional resolution of minority carrier diffusion constants in different silicon materials, Solar Energy Materials & Solar cells, pp 533-539, 72 (2002).

[2] M. Zoungrana, I. Zerbo, A. Sere, B. Zouma, F. Zougmore 3D Study of Bifacial Silicon Solar Cell Under Intense Light Concentration and Under External Constant Magnetic Field, Global Journal of Engineering Research, vol.10, pp113-124. N.1&2, (2009).

[3] F. Ahmed and S. Garg, International Centre for Theoretical Physics (ICTP), Trieste, ITALY, Internal Report, Août 1986.

[4] I. Ly, O.H. Lemrabott, B. Dieng, I. Gaye, S. Gueye, M.S. Diouf and G. Sissoko Techniques de détermination des paramètres de recombinaison et le domaine de leur validité d'une photopile bifaciale au silicium polycristallin sous éclairement multi spectral constant en régime statique. Revue des Energies Renouvelables 187 – 206. Vol. 15 N°2 (2012).

[5] H. Ly Diallo, M. Wade, I. Ly, M. Ndiaye, B. Dieng, O.H. Lemrabott, A.S. Maïga and G. Sissoko. 1D modeling of a bifacial silicon solar cell under frequency modulation monochromatic illumination: Determination of the Equivalent Electrical circuit related to the surface recombination velocity. Research Journal of Applied Sciences, Engineering and Technology 4 (12): 1672-1676, 2012.

[6] Amadou Diao, Ndeye Thiam, Martial Zoungrana, Gokhan Sahin, Mor Ndiaye, Grégoire Sissoko. (2009) Diffusion Coefficient in Silicon Solar Cell with Applied Magnetic Field and under Frequency: Electric Equivalent Circuits. World Journal of Condensed Matter Physics, 4, 2014.

[7] Sissoko, G., Museruka, C., Correa, A., Gaye, I. and Ndiaye, A.L. (1996) Spectral Light Effect on Recombination Parameters of Silicon Solar Cell. *Proceedings of World Renewable Energy Congress,* Part 3, Denver, 15-21,1487-1490.

[8] Sissoko, G., Correa, A., Nanema, E., Diarra, M.N., Ndiaye, A.L. and Adj, M. (1998) Recombination Parameters Measurement in Sijicon Double Sided Surface Field Cell. *Proceedings of the World Renewable Energy Conference,* Florence, 20-25 September 1998, 1856-1859.

International Journal of Innovation and Applied Studies
ISSN 2028-9324 Vol. 39 No. 2 Apr. 2023, pp. 934-937
© 2023 Innovative Space of Scientific Research Journals
http://www.ijias.issr-journals.org/

La soutenabilité forte comme système d'atteinte aux générations futures et à l'environnement congolais: Enjeux et perspectives du secteur minier

[Strong sustainability as a system for harming future generations and the Congolese environment: Challenges and perspectives of the mining sector]

Isaac Kyamusoke Cyprien

Chercheur au sein de l'AUF, Doctorant en Droit Université de Lubumbashi, RD Congo

Copyright © 2023 ISSR Journals. This is an open access article distributed under the ***Creative Commons Attribution License***, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

ABSTRACT: All the threats to the environment today are due to economic activities carried out without ecological precautions and this everywhere in the world. To mitigate the effects of these, several legal, judicial and institutional practices are called to awakening. Hence the emergence and validity of good governance in the mining sector. Some laws in the world do not better ensure the protection of the environment. It is who if the future of the environment is not guaranteed, it will cause inconvenience to future generations. Concerning the DR Congo for example where we find in the mining legislation the application of strong sustainability, which is based on the monopoly to exploit everything and reinvest in other sectors. The designer of this system was not wrong; on the other hand, it is incompatible with certain States like the DRC where the management is not well ensured by the rulers.

KEYWORDS: sustainability, generations, future, environment, mining sector, Congo.

RESUME: Toutes les menaces que subissent l'environnement aujourd'hui, sont dues aux activités économiques exercées sans précaution écologique et cela partout au monde. Pour atténuer les effets de celles-ci, plusieurs pratiques juridique, judiciaire et institutionnelle sont appelées à l'éveil. D'où l'apparition et le bienfondé de la bonne gouvernance dans le secteur minier. Certaines législations au monde n'assurent pas mieux la protection de l'environnement. C'est qui fait si l'avenir de l'environnement n'est pas garanti, cela entrainera des inconvénients aux générations futures. Concernant la RD Congo par exemple où on trouve dans la législation minière l'application de la soutenabilité forte, qui est assise sur le monopole de tout exploiter et réinvestir dans d'autres secteurs. Le concepteur de ce système n'avait pas tort, par contre cela est incompatible avec certains Etats comme la RDC où la gestion n'est pas bien assurée par les gouvernants.

MOTS-CLEFS: soutenabilité, générations, future, environnement, secteur minier, Congo.

1 INTRODUCTION

La notion de la bonne gouvernance n'est encore utopique en RDC, étant donné que la mission de l'Etat est détournée par les intérêts égoïstes des dirigeants de ce pays. Ces dirigeants sont les premiers à encourager la médiocrité tout en privilégiant d'abord leurs tendances (politiques, tribales, amicales etc). L'absence d'éthique dans la peau du congolais est source de tout malheur que subisse l'environnement congolais et la génération future. Ainsi les investisseurs chinois, libanais, les artisanaux etc violent les lois de police du secteur sans inquiétude.

En effet, en RDC, on assiste à un scandale d'exploitation où les artisanaux, les semi-industrielles et les industriels, exploitent chacun dans son coin et sans tenir compte de la protection de l'environnement pour la plus part. Ceci fait en sorte que les

Corresponding Author: Isaac Kyamusoke Cyprien

concessions minières sont épuisées en RDC, sans aucune portion réservée à la génération future. La RDC est un pays où les normes environnementales ne sont pas respectées sans aucune poursuite aux auteurs. Et comme cela ne se limite pas seulement à l'environnement, le 10% que les exploitants miniers versent dans le fond minier pour les générations futures n'est pas prometteur d'avenir des concernés. Parfois le gouvernement cherche à justifier l'usage de cet argent moyennant la construction des infrastructures, fort malheureusement aucune réalisation positive, et on assiste qu'à des détournements de ces fonds sans poursuite sérieuse (projet 145 territoires, projet 100 jours, projet université du Kasai).

Ainsi la soutenabilité faible sauverait la génération future et l'environnement congolais. Ce principe se voulant exploiter en partie et laisser une autre partie aux générations futures. Autant des gisements exploités autant laissés, autant d'espaces verts utilisées autant laissés. Ceci permettait aux générations futures de voir et palper la richesse de leur sol et de leur sous-sol.

2 THÉORIES DE LA SOUTENABILITÉ DES RESSOURCES NATURELLES

L'essentiel de ces stratégies se ramène à des mécanismes tendant à assurer une exploitation pérenne, durable et équitable des ressources de la nature, du sol et du sous-sol pour le bien de tous.

A cet effet, deux théories s'affrontent : la soutenabilité forte et la soutenabilité faible des ressources existantes.

2.1 LA SOUTENABILITÉ FORTE

Cette théorie sur la croissance de la soutenabilité forte est basée sur le principe selon lequel, le capital naturel et le capital technique sont assez substituables (Robert Solow, 1999,86). Ainsi, la génération présente peut consommer à loisir le capital naturel, mais à charge pour elle de laisser aux générations futures des capacités de production sous forme de stocks d'équipements. Il n'y a donc pas de crainte à exploiter une ressource jusqu'à épuisement total, du moment que l'on peut en investir le revenu dans d'autres secteurs économiques. On peut par exemple exploiter les mines jusqu'à leur épuisement total et investir le revenu de l'industrie minière dans les secteurs comme l'agriculture, la manufacture, les services... C'est ici que le FOMIN doit jouer bien son rôle. Il s'agit donc d'une approche pragmatique et, dans une certaine mesure, raisonnable de la gestion du patrimoine naturel.

La gestion actuelle de l'économie de la RD Congo permet qu'on mette plus de gants pour pareille aventure, car la pratique démontre que les caisses de l'Etat sont par moment confondues avec les caisses de particuliers. Les articles 7, 13 et 20 du Décret n°19/17 du 25 Novembre 2019 portant statut, organisation et fonctionnement d'un établissement public dénommé Fonds Minier pour les générations futures "FOMIN" en sigle font ressortir la non indisponibilité des ressources du FOMIN contre toute dépense courante.

La question de qui gère, pour combien de temps et même c'est quoi le futur et il commence quand, est un signal de la mauvaise appréhension des générations futures. La théorie de Robert Solow risque, à coup sûr, de connaître de difficultés d'application; car intensifier l'exploitation des ressources naturelles jusqu'à leur épuisement, tout en veillant à investir le revenu qui en provient dans d'autres secteurs économiques porteurs d'espoir n'est pas une culture congolaise. Le budget de la RD Congo étant très faible pour soutenir un quelconque développement; sa monnaie étant non convertible et ne disposant pas d'une réserve monétaire suffisante, il serait trop risqué de verser dans la soutenabilité forte. Il faut, par contre, flexibiliser les règles économiques en finançant l'économie et non la consommation.

Toutefois, il existe des situations auxquelles la technologie ne peut remédier. Actuellement, on ne peut pas sérieusement dire comment les progrès technologiques pourront permettre de gérer les catastrophes naturelles, inverser les cours des changements climatiques ou atténuer la concentration des gaz à effet de serre dans l'atmosphère.

2.2 LA SOUTENABILITÉ FAIBLE

La théorie de la soutenabilité faible conseille une conduite plutôt prudente. Elle part du constat que les capitaux naturels et techniques sont complémentaires et non substituables. C'est pourquoi, l'exploitation des ressources naturelles doit être faite en tenant compte de la capacité de reproduction des éléments naturels ou de recyclage des équilibres écologiques. Pour le cas des mines, l'exploitation devra être telle que les générations futures connaissent et palpes aussi les minerais au lieu de se les représenter comme légende.

D'ailleurs, il est de situation où les coûts de ces minerais varient dans le temps en faveur de celui qui en est dépositaire. Pour ce faire les grandes puissances disposent des réserves de beaucoup d'années après épuisement de la denrée rare. A cette occurrence, le propriétaire de la denrée rare d'aujourd'hui se retrouvera nécessiteux dans le futur.

Pour ce fait, nous devons rester dans les règles de jeu, à savoir:

- Les taux d'exploitation des ressources naturelles renouvelables doivent être égaux à leurs taux de régénération;
- Les taux d'émission des déchets doivent être égaux aux capacités d'assimilation des milieux dans lesquels ces déchets sont rejetés;
- L'exploitation des ressources naturelles non renouvelables doit se faire à un rythme égal à celui de leur substitution par des ressources renouvelables. (Herman E. Doyle, 1990, 28)

Pour les théoriciens qui soutiennent ce point de vue, principalement les écologistes, il est vain de croire qu'on peut exploiter à loisir les ressources de la nature et espérer les remplacer toutes par des solutions techniques. Par exemple, il n'existe pas de technologie de substitution face aux phénomènes comme le réchauffement climatique, l'éruption volcanique et le gaz à effet de serre. C'est pour cette raison que nous conseillons une prudence dans l'exploitation des ressources de la nature. Celles-ci doivent être exploitées suivant un rythme correspondant à leur régime naturel de recyclage ou de régénération. Les minerais n'étant pas renouvelables, leur exploitation devra tenir compte de beaucoup d'aspects notamment la gestion prudente des finances publiques.

La contrepartie au développement durable au service duquel toutes ces théories ont été développées s'avère donc, à juste raison, être un concept opératoire même si on devait admettre qu'il n'a pas encore atteint toute sa maturité. C'est le moment d'interpeller tous les acteurs sociaux, principalement les chercheurs et les décideurs politiques de collaborer pour étudier et instituer des mécanismes tendant à la réalisation du développement économique, à la protection de l'environnement et à la promotion de l'équité entre les générations en RD Congo en particulier et en Afrique en général.

Au congrès ordinaire du MPR du 20 mai 1972, le Président fondateur du MPR et Président de la République, MOBUTU SESE SEKO, disait «...car nous voulons que lorsque les savants auront transformé le monde des vivants en un lieu artificiel, il existe encore au Zaïre, dernier refuge de l'humain une nature à l'état pur». Cette parole, vielle de près de cinquante ans, raisonne comme si c'était seulement hier.

3 PRISE EN COMPTE DES GÉNÉRATIONS

Le développement durable est un principe fondamental qui est soutenu par plusieurs corollaires dont les plus importants sont: l'équité entre les générations et l'écodéveloppement participatif.

3.1 L'ÉQUITÉ ENTRE LES GÉNÉRATIONS

Le développement durable est un développement teinté d'une vision altruiste de la croissance et de l'amélioration des conditions socio-économiques de tout le genre humain. Il ajoute une dimension éthique à la notion économique de croissance. Ainsi, les pouvoirs publics sont appelés à veiller, dans le temps et dans l'espace, à ce que les biens et services produits sur la base de l'industrie (exploitation minière) profitent équitablement et durablement à tous. C'est la dimension éthique du développement. L'équité entre les générations est un principe qui va en deux sens: verticalement l'équité intragénérationnelle.[1] Et horizontalement l'équité intergénérationnelle qui concerne les relations entre deux générations. (Hountoudji, P., 1997,1-6).

3.2 L'ÉCODÉVELOPPEMENT PARTICIPATIF

La mise en œuvre des politiques écologiques ne peut réussir sans l'implication de toutes les forces vives. Cette participation est requise aussi bien à l'étape de la conception et de l'élaboration qu'à celle de la réalisation et du contrôle citoyen. L'écodéveloppement participatif est une approche du développement qui vise l'implication de tout le monde dans la définition et la mise en œuvre des politiques environnementales.

[1] C'est l'équité entre les membres d'une même génération. Il n'y a pas de développement durable, de vrai. Développement donc, si l'amélioration des conditions de vie n'est observée que pour une frange seulement de la population. Le développement durable vient dénoncer la répartition injuste et inéquitable du fruit de l'exploitation de la nature et des progrès d la science et de la technologie. Il veut que les pouvoirs publics œuvrent pour la réduction du fossé qui se creuse entre les riches et les pauvres à tous les niveaux du système social (Kalunga Tshikala, V., 2008)

Pour être appliquée avec grande chance de succès et dans la perspective durable, la richesse des traditions locales doit se nourrir de la sève fécondante des traditions locales. Ainsi par exemple, la terre est considérée, dans la société africaine traditionnelle, comme une divinité féminine car, par sa fécondité, elle pourvoit à l'alimentation de l'homme. La montagne est la demeure des dieux et des esprits. L'une et l'autre sont donc sacrées et doivent être respectées et protégées. Le ciel est une divinité male porteuse des pluies fécondantes. Il contribue, avec la terre, à l'entretien 'e la vie. Voilà pourquoi il ne doit pas être souillé. Tout ceci ne constitue qu'une croyance encore propice à la lutte contre la pollution et l'exploitation excessive des minerais sous toutes ses formes.

L'eau étant une divinité majeure qu'il faut respecter et honorer, certains cours d'eau considérés comme sacrés ne doivent pas être souillés en y jetant les matières fécales, les pourritures ou les rejets d'exploitations. Ce sont là "des croyances plutôt...écologiques" qui peuvent être mise à profit pour développement durable à travers la participation des tous (Chindji Kouleu, F, 1997, 10).

3.3 ENVIRONNEMENT ET DÉVELOPPEMENT: MÊME COMBAT

Il n'est pas aisé de concilier les préoccupations environnementales et les contraintes économiques. Pourtant, c'est la voie que les politiques de la RD Congo sont invités à suivre pour un développement durable. La " durabilité" du développement d'un Etat doit être appliquée non seulement aux ressources naturelles qui, désormais doivent être considérées comme épuisables, mais encore aux montages institutionnels, aux organisations dont on veut assurer une pérennité qui, jadis, était oubliée au profit de l'efficacité immédiate. Toujours intégrer au présent, et dans les mêmes proportions, l'avenir.

REFERENCES

[1] Bakatuamba Bakatuamba, J.P., « Approche fonctionnelle de la réforme de la législation minière face à la rente minière et le développement durable de la RDC », *in Revue JUSTITIA,* Mai 2020, pp9-24.

[2] Bekletch, M.A, « Une nouvelle étape dans le développement du droit international de l'environnement, la convention sur la désertification », *in RGDIP,* tome 101, n°97/1, Pedone, Paris, 1997, pp5-44.

[3] Chindji Kouleu, F., « Des interdits plutôt... écologiques », in *Ecovox,* n°11, janvier mars 1997, pp 48-61.

[4] Crabbe, C. et Lambert, D., *La planète n'est pas à vendre,* Oxfam, Bruxelles, 1990, pp17-32.

[5] Hountondji, P., « La dépendance n'est pas une fatalité », *in Ecovox,* n°11, Janvier Mars 1997 pp 1- 26.

[6] Kalunga Tshikala, V., *Droit minier et développement durable,* Thèse de doctorat, droit Unilu, 2008, p.324

[7] Mukendi wa Fwana, E., Droit minier congolais, principes de gestion du domaine minier, juriafrica, Kinshasa, 2005, p.207

[8] Nascimento, I., *Développement durable: du concept aux premières expériences,* Ed. l'Harmattan, Paris, Septembre 1997. p. 518.

[9] Robert Solow, *Monopolitic competition and Macroeconomic theory,* Ed, Frederic calle, 1999, Librairie Eyrolles, Saint-Germain, Paris, 1998.p. 307.

[10] Ouvrage collectif: Donat SHAMPA KAPUKU, Dénis SHOMARI KIFULUKA, Cim's MULUNGULUNGU NA-CHINDA, Philipe MBUYAMBA TSHIBENJI, Mado CHANDA CHANGO, Gaby KWETE MIKOBI, Jean Felix MUPANDE KAPWA, Code minier révisé et Annoté de la RD Congo, Bruylant, 2020.

International Journal of Innovation and Applied Studies
ISSN 2028-9324 Vol. 39 No. 2 Apr. 2023, pp. 938-943
© 2023 Innovative Space of Scientific Research Journals
http://www.ijias.issr-journals.org/

L'émergence de la responsabilité sociale des entreprises en Afrique: État des lieux et perspectives

[The Emergence of Corporate Social Responsibility in Africa: State of play and outlook]

Isaac Kyamusoke Cyprien

Chercheur au sein de l'AUF, Doctorant en Droit de l'Université de Lubumbashi, RD Congo

Copyright © 2023 ISSR Journals. This is an open access article distributed under the ***Creative Commons Attribution License***, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

ABSTRACT: Economic recovery being a major concern for several African countries, they are doing everything to attract investors. The question of CSR always goes hand in hand with the life of companies in their operating phase, in order to ensure good governance of the business climate. Thus, in some African countries (in the DRC in particular) the issue of CSR remains calamitous.
The whole problem experienced by local Congolese communities is linked to the fact that internal laws do not recognize the right of these communities to initiate legal action alone against the company's bad promises. The question of the legal personality of Congolese local communities finds merit in the forestry code. This code limits the right of these, in particular the representation of local communities in justice. On the ground, several emerging companies make promises to local communities, the execution of which does not reach 1/3 of the promises made. Thus, in Congolese law, the question of CSR remains in the traditional conception where all the promises made depend on the will of the promising and not a legal obligation with binding measures in the event of non-performance.
Recognizing the legal personality of the local community is not enough, on the other hand it must also be recognized the right to sue alone without going through intermediaries who sometimes stifle the claims of local communities.

KEYWORDS: Social responsibility, companies, Africa.

RESUME: Le relèvement économique étant une préoccupation majeure de plusieurs pays africains, ceux-ci font tout pour attirer les investisseurs. La question de la RSE marchant toujours de pair avec la vie des entreprises dans leur phase d'exploitation, afin d'assurer une bonne gouvernance du climat des affaires. Ainsi dans certains pays africains (en RDC en particulier) la question de la RSE demeure calamiteuse.
Tout le problème que connait les communautés locales congolaises, est lié au fait que les lois internes ne reconnaissent pas à ces communautés le droit d'initier seul l'action en justice contre les mauvaises promesses de l'entreprise. La question de la personnalité juridique des communautés locales congolaises trouve gain de cause dans le code forestier. Ce code limite le droit celles-ci, c'est notamment la représentation des communautés locales en justice. Sur terrain plusieurs entreprises émergentes font des promesses aux communautés locales, dont l'exécution n'atteint pas le 1/3 de promesses faites. Ainsi en droit congolais, la question de la RSE demeure dans la conception traditionnelle où toutes les promesses faites dépendent de la volonté du prometteur et non une obligation juridique avec des mesures contraignantes en cas d'inexécution.
Reconnaitre à la communauté locale la personnalité juridique ne suffit pas, par contre il faut lui reconnaitre aussi le droit d'ester seul en justice sans passer par des personnes intermédiaires qui étouffent parfois les revendications des communautés locales.

MOTS-CLEFS: Responsabilité sociale, entreprises, Afrique.

1 INTRODUCTION

Doit-on parler de responsabilité sociale ou de responsabilité sociétale des entreprises ? Le choix délibéré ou hasardeux des organisateurs qui ont préféré « responsabilité sociale » en lieu et place de « responsabilité sociétale » traduit et ce, à juste titre, la réalité

de la mutation sémantique que le concept aujourd'hui couramment traduit par l'acronyme RSE a connu depuis son émergence au début des années 1950. Ainsi, j'aborderai ma communication du jour en commençant par le rappel nécessaire de « **L'évolution sémantique de la notion de la RSE** ».

De prime abord, il convient de noter qu'à l'origine déjà, la RSE est admise comme une réalité tridimensionnelle. C'est ainsi que pour bien l'appréhender, et dans le cadre de cette présentation de ce jour, il me paraît justifier d'exposer, à un moment et brièvement soit-il sur les « **Les aspects de la RSE** ».

Un autre fait est que dès ses débuts, la RSE véhicule l'idée d'un engagement citoyen de l'entreprise qu'elle exécute volontairement et loin de toute idée de faute et de dommage qu'elle doive réparer. Aujourd'hui, la RSE est cependant considérée comme une institution juridique porteuse de véritables obligations civiles. Il est donc intéressant que nous puissions examiner, ensemble, le processus de « **Juridicisation de la RSE** » à travers les textes de droit positif.

Que la RSE soit, dans son principe et ses corollaires, décrétée par le législateur qui l'institue comme une somme d'obligations à charge de l'entreprise mieux de certaines entreprises cela pousse à croire qu'il est donc possible d'en demander la reconnaissance et même l'exécution forcée devant les instances judiciaires. Ce qui soulève la problématique de la judiciarisation de la RSE; particulièrement ou spécialement au profit des communautés locales qui, au regard de la législation minière de la RD. Congo, par exemple, constituent la catégorie la mieux concernée par la RSE. « **La judiciarisation de la RSE** » et « **Le statut juridique des communautés locales** » seront les derniers points de ma communication.

2 L'ÉVOLUTION SÉMANTIQUE DE LA RSE

2.1 EXCLUSION DE L'IDÉE DE FAUTE DANS LA RSE

À la base de de l'acronyme « RSE » se trouve le « R » qui se rapporte à « responsabilité ». Comme nous le savons tous ici, la tétralogie de la scène du droit s'articule sur quatre notions fondamentales: droit, obligation, responsabilité et sanction. En effet, le respect du droit (qu'il s'agisse d'une règle du droit positif ou d'un droit subjectif patrimonial ou extrapatrimonial) est une obligation dont la violation engage la responsabilité de l'auteur de la violation et l'expose à une sanction dont l'exécution peut être volontaire ou forcée.

Cependant, le « R » de la RSE n'a, en soi, rien à avoir avec l'obligation de réparer quelque dommage causé du fait de la violation d'une règle de droit ou de l'atteinte portée à un droit subjectif. En effet, la RSE est fondamentalement considérée comme « la prise en compte par les entreprises, sur une base volontaire et parfois juridique des enjeux environnementaux, sociaux, économiques et même éthiques dans leurs activités ».

Pour mieux dire, dans RSE, le concept « responsabilité » a une connotation plus sociologique que juridique et véhicule l'idée de promesse ou encore de garantie. Les obligations inhérentes à la RSE sont ainsi, par essence, volontaires. La confusion vient d'une traduction malheureuse du mot anglais « *responsability* ». En effet, l'équivalent anglais de la « responsabilité » juridique c'est « *liability* » et non « *responsability* ». C'est dans ce sens qu'Howard Bowen parle de « *Social Responsabilities of Businessman* » au début des années 1950.

Mais de volontariste, la RSE est devenue progressivement « juridique ». En effet, les entreprises ont été, successivement encouragées, incitées, poussées et, aujourd'hui, contraintes à « promettre » de tenir compte des enjeux environnementaux, sociaux, économiques et même éthiques dans leurs activités. La promesse étant une dette, les engagements ainsi pris sont passés du stade d'obligation « naturelle » à celui d'obligation « civile ».

Mais quoi qu'il en soit, la RSE demeure, par essence, une obligation citoyenne et n'est donc pas liée à l'idée de faute; le fait d'investir ses avoirs en créant une entreprise n'étant nullement pas une déviance. Par cette conception, plusieurs communautés locales congolaises vivent dans les promesses irréalisables par les entreprises, sans aucune poursuite judiciaire. Les gestionnaires de terre (chefs coutumiers), sont les premiers détourneurs de l'exécution de ces promesses en complicité avec certaines autorités centrales où locales du pays[1].

2.2 « SOCIALE » OU « SOCIÉTALE » ?

Au fait, les concepts « social » et « sociétal » expriment tous l'idée de tout ce qui se rapporte à la vie en société.

[1] Très souvent dans les ETD couvertes par une mine d'exploitation, le gouvernement central nomme les bourgmestres, les administrateurs urbains, pour aller bénéficier ces fonds et rendre compte à l'autorité qui a procédé à sa nomination ;

La nuance réside en ce que le concept social est considéré comme se rapportant mieux aux rapports inter-individus (cas d'un homme que l'on dit qu'il est social) alors que « sociétal » fait spécialement référence aux rapports entre l'individu et la société dans sa globalité comme structure organisée.

Dans le cas de la RSE, l'entreprise est placée devant ses devoirs citoyens face à la société dont elle est membre. Elle doit ainsi agir de manière responsable en tenant compte de l'impact économique, social et environnemental de son activité sur la société; sur le milieu social dans lequel elle évolue.

2.3 ENTREPRISE: QUID ?

Dans le cadre de la RSE, la notion d'entreprise doit être perçue de la manière la plus globalisante qui soit. Elle couvre aussi bien les personnes physiques que les personnes morales. Ces personnes morales peuvent être de droit public ou de droit privé; ces dernières peuvent poursuivre un but lucratif ou un but non lucratif.

Le Code du travail congolais et la loi relative aux prix et à la concurrence de la RDC nous donnent les définitions les plus éloquentes de la notion d'entreprise.

3 LES DIMENSIONS DE LA RSE

Les engagements inhérents à la RSE portent sur les enjeux économiques, l'impact social et l'empreinte écologique ou environnementale de l'activité de l'entreprise.

3.1 LA DIMENSION ÉCONOMIQUE

Les enjeux économiques sont relatifs, par exemple, à la promotion des PME locales en les intégrant dans la chaine d'approvisionnement à travers, notamment, la sous-traitance. Il en est de même de la spontanéité dans la déclaration et le paiement des impôts, droits, taxes, redevances, cotisations…

3.2 LA DIMENSION SOCIALE

La dimension sociale est l'aspect originel de la RSE. Elle implique un bon traitement des employés (rémunérations, conditions de travail, hygiène et sécurité…). ici les entreprises chinoises ou libanaises se livrant à l'exploitation minière, traitent de manière inhumaine leurs salariés (des rémunérations incompatibles avec le travail et le niveau scientifique du salarié dans l'entreprise) et cela sous prétexte que le marché d'emploi en RDC a un déséquilibre énorme[2].

Elle s'étend aux externalités « négatives » au profit des populations environnantes; en leur ouvrant, par exemple, le bénéfice des services sociaux de l'entreprise (écoles, institutions de soins de santé, fourniture en eaux et en électricité…).

3.3 LA DIMENSION ENVIRONNEMENTALE

La prise en compte de l'empreinte écologique est un aspect majeur de la RSE. Elle passe, par exemple, par le choix des procédés industriels les moins polluants même s'ils sont parfois les plus coûteux[3]. Il en est de l'adoption des mesures de réduction ou de correction des dommages causés à l'environnement.

3.4 LA DIMENSION ÉTHIQUE

Aux dimensions économique, sociale et environnementale de la RSE, s'ajoute la dimension éthique. Une entreprise socialement responsable devrait s'interdire de verser ou de tolérer des pratiques courantes en RDC, telles que la corruption des fonctionnaires, le racisme, le tribalisme ainsi que toute forme de discrimination sociale qui ne coïncide pas avec la perception de la RSE.

Elle devrait aussi s'acquitter de son obligation de transparence en déclarant ou en publiant, s'il le faut, toutes les informations dont l'accès au public est considéré comme nécessaire. Il en est ainsi des statistiques de production, des états financiers, des impôts et taxes

[2] La RDC, un pays en intense activités minières, mais en déséquilibre du marché d'emplois, où il y a un taux élevé de demandeur d'emploi et d'offreur d'emploi, à ce propos voire les statistiques de l'ONEM 2021

[3] Fatima DIA, l'effectivité du droit de l'environnement : quelles perspectives d'actions dans la dynamique de l'après 2015, dans la revue africaine de l'environnement, RADE, n°1, 2014, p24

payés, du reporting environnemental…, qui en réalité sur 100% des opérations effectuées l'an, il est difficile de trouvées 10% de celles qui sont transparente. La plupart de celles-ci sont couvertes par les pratiques énumérées au premier paragraphe de ce titre.

En somme, on espérait vivre en RDC une dimension de la RSE qui rimerait avec le développement durable qui, de nos jours, passe pour un des paradigmes majeurs de la bonne gouvernance économique conformément à la norme ISO 26000[4].

4 JURIDICISATION DE LA RSE

4.1 DE LA SOFT LAW À LA HARD LAW

La reconnaissance du caractère « civil » aux obligations qui découlent de la RSE a été, pendant longtemps, controversée. En effet, ces obligations sont, au départ, considérées par une certaine opinion comme étant simplement injustifiées. Elles peuvent, à la limite, être prises dans le cadre des engagements volontaires et ne devraient nullement imposées par la loi.

Du fait de l'intégration volontaire des engagements inhérents à la RSE, il s'est construit progressivement un droit de la RSE; droit fait essentiellement des règles molles. Avec le temps, et du fait des pratiques constantes auxquelles les entreprises se sont accommodées, ces règles se sont durcies progressivement.

4.2 INTÉGRATION DE LA RSE EN DROIT POSITIF CONGOLAIS

Partie de simples engagements volontaires et citoyens ayant le caractère d'obligations naturelles, la RSE est, de nos jours, un vecteur de véritables obligations civiles dont la source se trouve, parfois, dans des textes de droit positif.

Dans le secteur minier, par exemple, la plupart des États africains prévoient, dans leur législation minière, une série des dispositions dont le bloc constitue ce qu'on appelle le « *Local content* » du code minier.

En droit congolais, il s'agit, notamment des dispositions portant sur:

- La sous-traitance;
- La participation des nationaux au capital des sociétés minières;
- La construction, en matériaux durables, des infrastructures abritant les services de l'entreprise minière;
- L'indemnisation des occupants du sol;
- La présentation et l'exécution du plan de développement communautaire;
- La présentation et l'exécution de l'eies et du pges;
- L'institution d'une responsabilité objective (sans faute) en cas de dommages inhérents aux activités de l'entreprise minière

5 LA JUDICIARISATION DE LA RSE

5.1 LE CONTENTIEUX DE LA RSE

De notre passage au tribunal de commerce de Lubumbashi, et au tribunal des Grandes Instances situé dans la même ville, nous avons remarqué une absence des dossiers ouverts en cours ou ayant déjà bénéficiés d'une décision de juge sur tout litige issu de non-exécution des obligations sociales des entreprises se trouvant en RDC. Ainsi, on s'est demandé si toutes les entreprises émergentes en RDC, respectent favorablement leurs promesses sociales. Partant des échanges avec le juge Frédy Kenye du tricom Lububahi, qui estime que la plupart des litiges issus de non-exécution des obligations sociales des entreprises en RDC, sont souvent étouffés par les autorités des ETD et le Chef coutumier qui sont les premiers à accepter la corruption.

Ignorant que les aspects de la RSE ont été consacrés par les dispositions de droit positif, il va de soi que l'entreprise qui n'honore pas ses engagements est passible des sanctions prévues par la loi en la matière. La juridicisation de la RSE est ainsi garantie par sa judiciarisation qui permet d'assurer le contrôle, par le juge, du respect des obligations inhérentes à la RSE.

Le juge peut ainsi, selon le cas, prononcer des sanctions civiles ou pénales à l'encontre de la société récalcitrante; la responsabilité pénale des sociétés étant durablement consolidées par le droit pénal économique congolais. Il en sera ainsi en cas de violation du régime

[4] KALUNGA TSHIKALA V. Droit minier et développement durable, thèse en Droit, UNILU, Juillet 2008, p.10

de la sous-traitance, de la fraude aux lois fiscales et douanières, de la violation du régime environnemental et d'exploitation des établissements classés ou de la non-exécution des engagements relatifs au plan de développement des communautés locales[5].

5.2 LE STATUT JURIDIQUE DES COMMUNAUTÉS LOCALES

Le contrôle par le juge, des obligations inhérentes à la RSE que la loi institue au profit des communautés locales soulève la problématique de l'accès à la justice des communautés locales étant donné que le statut juridique des communautés locales est, quand même, une question controversée. En effet, le débat porte sur la question de savoir si ces communautés locales sont des entités personnalisées ayant la capacité d'ester en justice.

Dans la mesure où la personnalité morale se décrète habituellement par un acte formel de droit positif, affirmer la personnalité morale des communautés locales est une démarche osée. Elle est même, à la limite, iconoclaste.

Il n'y a pas cependant aucun doute sur le fait que la communauté locale est une catégorie dont l'existence juridique est reconnue et consacrée par le législateur congolais. Ce législateur en donne d'ailleurs la définition et en fixe même les caractéristiques (dans le code forestier oui, mais dans Code minier le problème demeure non éclairé).

À plusieurs occurrences, le législateur reconnait à ces communautés locales la possibilité d'être titulaires des droits réels (droits patrimoniaux[6]) portant sur les terres ou les forêts. Dans d'autres occurrences, le législateur institue des obligations dont les communautés locales sont créancières. L'adoption concertée du plan de développement communautaire ouvre, en soi, la voie à la contractualisation de la RSE minières.

Partant, le débat sur le statut juridique des communautés locales ne se trouve plus au niveau de leur personnalité morale qui, de par la loi est un fait mais au niveau de leur capacité juridique. Il s'agit, notamment, de la capacité pour les communautés locales à se pourvoir en justice si besoin en est.

En clair, la problématique du statut juridique des communautés locales ne réside pas sur leur personnalité morale mais sur la détermination des organes devant être considérés comme ayant le pouvoir de représenter la communauté locale et d'agir en justice en leur nom; notamment lorsqu'il devient impérieux d'obtenir l'exécution forcée des engagements stipulés dans le cadre de la RSE. Dans le code Forestier congolais, on nous parle des ONG, qui peuvent représenter valablement les communautés locales en justice, fort malheureusement, depuis l'existence des entreprises en RDC, à nos jours, le juge congolais n'a jamais été saisi sur la question de la RSE. Et pourtant s'il y a des pays où les entreprises ne respectent pas leurs promesses envers les communautés locales, la RDC, est parmi les 10 premiers.

En soi, la nature juridique de la communauté locale est atypique. Elle ne lui confère pas tous les attributs de la personnalité juridique lorsqu'il faut parler de sa capacité d'exercice. L'action en justice, sous peine d'être déclarée fondée mais irrecevable, doit être menée par une organisation non gouvernementale ou une association sans but lucratif œuvrant dans le domaine de la protection de l'environnement au nom et pour le compte de la communauté locale.

Il y a lieu de remettre en question l'efficacité de cette action en justice et la bonne foi de cette ONG qui peut freiner ses pas à la suite des certaines concessions occultes avec l'entreprise concernée ou de certains pourboires qu'elle peut bénéficier parce que, de toute évidence, l'ONG n'est pas toujours victime de premier rang.

La solution à cette question est à rechercher dans les textes actuels ou à avenir du droit administratif où on pourra reconnaitre à la communauté locales le droit d'ester seule en justice contre toute promesse inexécutable.

[5] ERROUX F., cité par IKOS RUKANL DIYAL Joseph Emmanuel, Haine et développement de la quête de la conscience nationale, PUL, Lubumbashi, 2010

[6] Payaud, M-A, A-C (2010), stetegie RSE BOP et soin des communautés humaines, concepts et propositions génétiques, Management international/international management/Gestion international, vol.18 (spécial), 21-41.

REFERENCES

[1] Aubertin C., Le développement durable, enjeux politiques, économiques et sociaux, la documentation française, Paris, 2006.

[2] Cheillan, H Ejolras, G, Guieu G, 2016, performance des stratégies Bop, orientées « produit » une analyse par méthode de sondage de cas. Management international/international management/Gestion international, 20 (Spécial), 143-161.

[3] Chein, H., Vieu, M, 2021, perspectives et bilan après 20 ans de recherche au bas de la pyramide, une étude bibliométrique pour le futur du management international, Management international / international management / Gestion international, 25 (spécial), 76-104.

[4] ERROUX F., cité par IKOS RUKANL DIYAL Joseph Emmanuel, Haine et développement de la quête de la conscience nationale, PUL, Lubumbashi, 2010.

[5] Fatima DIA, l'effectivité du droit de l'environnement : quelles perspectives d'actions dans la dynamique de l'après 2015, dans la revue africaine de l'environnement, RADE, n°1, 2014.

[6] KALUNGA TSHIKALA V. Droit minier et développement durable, thèse en Droit, UNILU, Juillet 2008, p.10.

[7] Payaud, M-A, A-C (2010), Stratégie RSE BOP et soin des communautés humaines, concepts et propositions génétiques, Management international / international management / Gestion international, vol.18 (spécial), 21-41.

[8] RUSEMBEKA Ferdinand, S-J, « bonne gouvernance et secteur minier, en RD Congo », in Congo- Afrique, XLV VIIème année, Mai, 2008/N°425.

International Journal of Innovation and Applied Studies
ISSN 2028-9324 Vol. 39 No. 2 Apr. 2023, pp. 944-953
© 2023 Innovative Space of Scientific Research Journals
http://www.ijias.issr-journals.org/

Enjeux fonciers et urbanisation à Luwowoshi : Processus de construction et d'appropriation du lieu

[Land issues and urbanization in Luwowoshi: Process of construction and appropriation of the place]

Balloy Mwanza Perry[1], Katenda Kankokwe Cathy[2], and Philippe Hanocq[3]

[1]Professeur au département de Génie Civil, Ecole Supérieure des Ingénieurs Industriels, Lubumbashi, RD Congo

[2]Professeure au département de Psychologie du Travail, Faculté de Psychologie et de Sciences de l'Education, Lubumbashi, RD Congo

[3]Professeur émérite au département d'Architecture et d'Urbanisme à l'Université de Liège, Belgium

Copyright © 2023 ISSR Journals. This is an open access article distributed under the ***Creative Commons Attribution License***, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

ABSTRACT: In the context of demographic growth of urban populations, problems relating to housing and agricultural productivity activities are more relevant than ever for many countries in sub-Saharan Africa.
Furthermore, the significant growth of unregulated land markets is aggravating inequalities in terms of access to urban resources. In African cities, thousands of people live under the threat of eviction with property titles that can be challenged at any time by the state or private actors. This tenure insecurity manifests itself both in forced «evictions» and other land disputes and in the housing crisis.
Our study aims to provide keys and benchmarks to understand how the land issue was historically constructed as an object of public action, like any land policy adapted to a local context, in particular through the recognition of customary rights. It seems urgent in the city of Lubumbashi, and the Luwowoshi district in particular, that access to housing and property constitute an essential element of a decent living environment.

KEYWORDS: land use, housing, land speculation, urban explosion, Luwowoshi.

RESUME: Dans le contexte de croissance démographique des populations urbaines, les problèmes relatifs au logement et aux activités de la productivité agricole sont plus que jamais d'actualité pour bon nombre de pays d'Afrique subsaharienne.
Par ailleurs, la progression importante des marchés fonciers non régulés aggrave les inégalités face à l´accès aux ressources urbaines. Dans les villes africaines, des milliers de personnes vivent sous la menace de l´expulsion avec des titres de propriété qui peuvent être mis en cause à tout moment par l´Etat ou les acteurs privés. Cette précarité foncière se manifeste aussi bien dans les « déguerpissements » forcés et autres conflits fonciers que dans la crise du logement. Notre étude vise à donner des clefs et des repères permettant de comprendre comment la question foncière s'est historiquement construite en tant qu'objet d'action publique, comme toute politique foncière adaptée à un contexte local, notamment via la reconnaissance des droits coutumiers. Il paraît urgent dans la ville de Lubumbashi, et le quartier Luwowoshi en particulier, que l´accès au logement et à la propriété constitue un élément indispensable d´un cadre de vie décent.

MOTS-CLEFS: occupation du sol, logement, spéculation foncière, explosion urbaine, Luwowoshi.

Corresponding Author: Balloy Mwanza Perry

1 INTRODUCTION

L'explosion urbaine se caractérise au plan mondial par une « démographie galopante » et constitue une problématique centrale de ce siècle. Cette évolution n'est pas la même partout. Les pays en développement souffrent beaucoup plus de ce phénomène par rapport aux pays développés [1]. Une des principales conséquences de cette évolution est le phénomène d'extension de l'urbanisation qui s'impose particulièrement dans les pays en développement dans lesquels on retrouve la majorité des mégapoles nouvellement créées [2]. Une des caractéristiques les plus marquantes de cette extension urbaine est le développement anarchique ou incontrôlé des zones périurbaines. Cette extension ne peut se faire sans conséquences d'autant plus que la pression démographique que connaît l'Afrique subsaharienne s'est traduite plus de 50 ans après les indépendances [3], et continuera de se traduire d'ici 2030, par des flux migratoires intenses [4].

C´est ainsi que, lorsqu'une ville se développe, elle transforme l'occupation du sol et les conditions d'accès au logement dans les proportions difficilement maîtrisables pour les pouvoirs publics. Cela n'est pas sans répercussion sur le cadre de vie. De plus, dans la plupart des villes africaines, où le régime d´occupation peut être mis en cause à tout moment par la puissance publique ou par les acteurs privés, des milliers de gens vivent sous la menace d'une expropriation sans indemnités.

Ces villes prennent davantage d´importance en s'étalant inexorablement vers leurs périphéries, généralement constituées d'espaces agricoles, dont la vocation principale reste le ravitaillement des centres urbains en produits alimentaires [5]. C'est ici qu'apparaît la problématique des irrégularités foncières et de l'illégalité des logements résultant des initiatives spontanées, massivement informelles de production des quartiers précaires. Elles conditionnent fortement les modes de vivre et d'habiter en ville. C'est ce que les urbanistes Le Bris, appellent « les trajectoires d'urbanisation ». L´une de causes essentielles de l'insécurité foncière et de l´absence des lois foncières par les habitants du quartier Luwowoshi est due à une urbanisation continue des terrains les plus facilement accessibles. Se pencher sur les questions foncières en milieu ruro - urbain est donc une recherche novatrice et porteuse dans la mesure où aucune étude dans ce cadre n'a jamais été menée dans les quartiers périphériques de la ville de Lubumbashi.

2 MATÉRIELS ET MÉTHODES

2.1 ZONE D´ÉTUDE

Cette recherche s´appuie du point de vue spatial sur la partie Nord – Est de la ville de Lubumbashi. A l'ouest, une ligne de partage des eaux peu marquée dans le paysage sépare le bassin de la Kafubu de celui de la Kafue. Au Nord, une crête mieux dégagée sépare les affluents de la Lufira de ceux de la Kafubu. A l'Est et au Sud, une limite conventionnelle recoupe la Kafubu et ses affluents principaux, dont la direction Nord - Ouest Sud- Est coïncide avec l'orientation structurale majeure des terrains précambriens de la région.

Situé à 1224 m d'altitude moyenne, le site urbain et périurbain de Lubumbashi est principalement une surface aplanie se prolongeant à l'Ouest de la ville vers la Karavia, et au Nord - Est vers la Luiswishi. Elle est caractérisée par deux saisons alternantes, avec un caractère tempéré et continental lié à l´altitude (1200 m environ).

Sa population d'environ 100.000 habitants, soit 3,5 % de la population de Lubumbashi avec une superficie de 38,9 km^2. On observe dans la partie Sud- Est de ce quartier de Luwowoshi un processus de densification des zones rurales-périurbaines. Luwowoshi est un quartier irrégulier dans une zone informelle non constructible de Lubumbashi. Non urbanisé et dépourvu de tout équipement de base, il n'accueille pourtant pas uniquement de migrants récents, mais aussi les citadins venus de partout, bien décidés à s´y implanter durablement après plusieurs déplacements successifs, ou à la recherche des nouvelles propriétés foncières dans la ville. L´accès à la propriété constitue une forte motivation d´enracinement, mais elle se réalise au prix d´une grave dégradation des conditions de vie dont souffre particulièrement la population pauvre du quartier.

A cet effet, la sélection du quartier Luwowoshi sur la photo (2020) est la plus parlante en termes urbanistiques. La géolocalisation du site et l'analyse des images aériennes ont été intéressantes à bien des égards pour identifier la croissance spatiale et rapide du quartier Luwowoshi (figure 1). Cette morphologie urbaine acquise en 2020 fournit les preuves de la croissance spatiale du quartier et démontre clairement le caractère très rapide mais surtout anarchique de l'occupation du sol et la non – maîtrise de la planification par les pouvoirs publics et les collectivités locales.

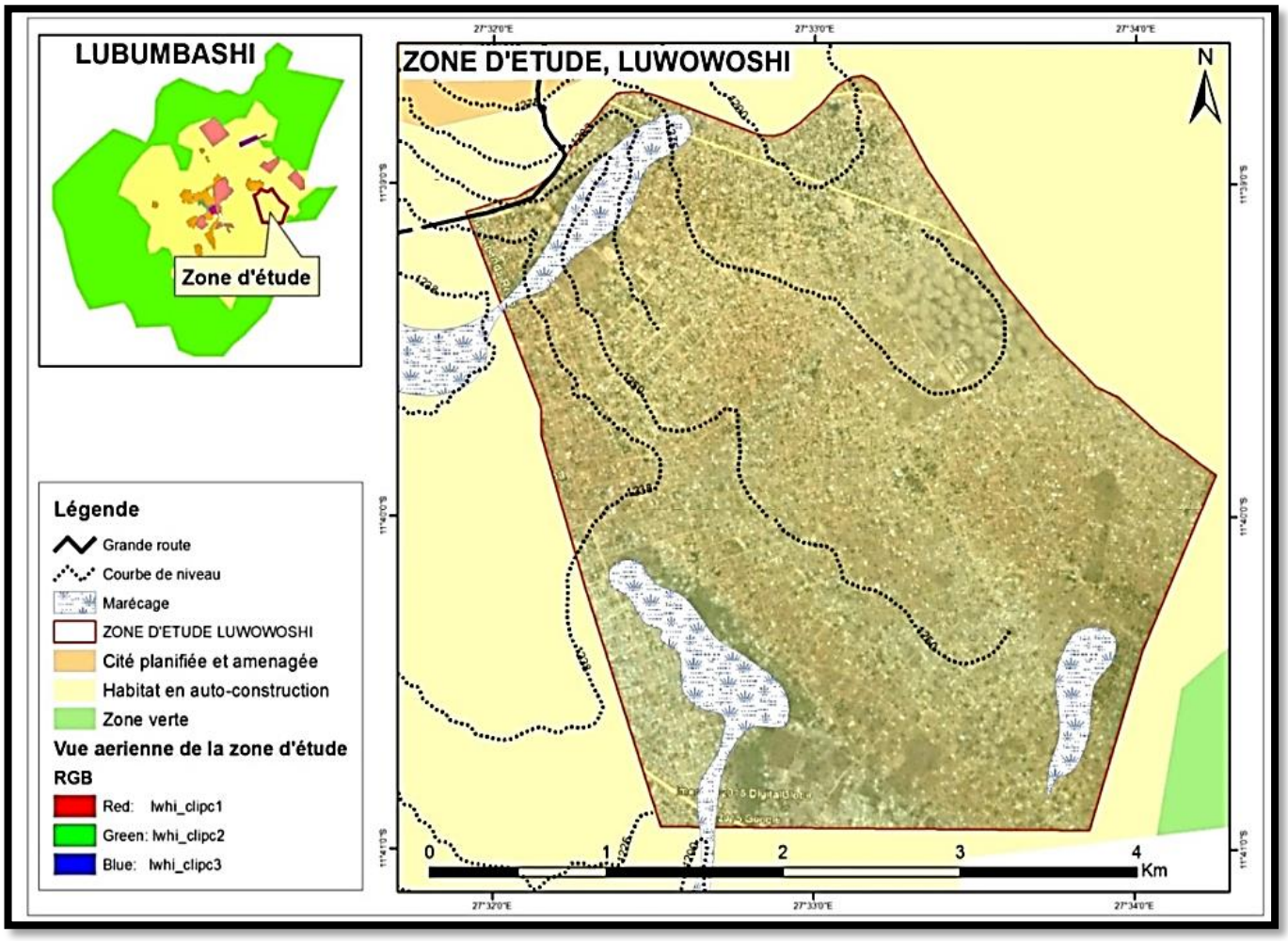


Fig. 1. Croissance urbaine et spatiale de Luwowoshi en 2020

2.2 MÉTHODES

L'objectif de cette étude est d'examiner et d'analyser l'urbanisation, la question foncière et les politiques de développement urbain dans un quartier spontané au regard des principes et des enjeux du développement durable. Elle porte en particulier sur le quartier Luwowoshi dont le milieu fait face à un processus d'urbanisation rapide.

Ainsi, nous n'avons pas la prétention d'épuiser un thème aussi fluctuant et vaste. Mais, en adoptant une démarche originale basée sur l'étude juridique, sociologique, culturelle et même anthropologique des enjeux fonciers à Luwowoshi, de leurs impacts sur le développement de l'habitat précaire, nous allons tout d'abord partir des constats et des critiques précises du foncier en rapport avec le développement, pour ensuite arriver à la formulation de solutions et propositions concrètes.

La méthodologie annoncée ne peut être qu'interdisciplinaire, mettant en exergue toutefois une approche pragmatique et scientifique de l'observation, de l'analyse et de la synthèse.

3 RÉSULTATS

3.1 LE FONCIER URBAIN: ANARCHIE FONCIÈRE ET FREIN AU DÉVELOPPEMENT

Luwowoshi compte parmi les quartiers les plus pauvres de la ville de Lubumbashi, la problématique du logement et de l´urbanisation incontrôlée est majeure. Luwowoshi n'a pas de délimitations claires, la densité d'habitant y est très forte.

Presque tous les espaces verts ont été construits et les maisons sont accolées les unes aux autres, seuls d´étroits corridors permettent la circulation à l´intérieur du quartier. L´urbanisation des berges des ravines accentue le relief et le quartier n´ a

souvent aucune issue sur la voie publique lorsqu´il pleut abondamment. En outre, le quartier ne dispose pas-ou dispose très peu d'axes de communication permettant son accessibilité et la mobilité interne de sa population. L´urbanisation spontanée s´est pratiquée jusque dans les zones marécageuses, à fortes pentes dans un sol hydromorphe.

Luwowoshi comptait à sa naissance 5000 habitants en 1970; en 2004, ce chiffre s'élevait environ 50.200. Aujourd'hui, le quartier dépasse largement les 100.000 habitants. Les implications démographiques de cette croissance urbaine sont nombreuses. Elle est soutenue par une dynamique démographique à la fois interne à Lubumbashi mais aussi externe, en provenance des zones rurales. Entamé vers 1970, son occupation se réalise spontanément et sans lotissements. L'habitat précaire a conservé les marques de cette occupation, ruelles sinueuses et étroites finissant souvent en cul-de-sac. A partir de 2000, le rythme de l'implantation des bidonvilles s'accélère à une vitesse exponentielle. Luwowoshi commence à connaître une densité très élevée, facilitée par la spontanéité et l'implantation des différentes cellules éparpillées sur l'ensemble du quartier.

3.2 Démission Du Pouvoir Public Ou Désengagement De L´Etat ?

A l'image de plusieurs quartiers des villes congolaises, Luwowoshi souffre d'une anarchie foncière, d'une absence de plans cadastraux et de l'inexistence de plans d'occupation des sols. Cette absence de contrôle de l'occupation de l'espace a fortement incité les migrants en provenance des campagnes à s'y installer, en plus des populations les plus démunies de la ville de Lubumbashi. L'incapacité des services de l'État à assurer leur rôle dans la mise à disposition de terrains à bâtir, la création, l'enregistrement et la conservation de titres de propriété a largement favorisé l'insécurité foncière. Triste conséquence de cette situation, la grande majorité de propriétaires fonciers (bâtis ou non) ne dispose d'aucun titre de propriété.

Depuis lors, le quartier s'est couvert de bidonvilles que les autorités urbaines et locales n'ont jamais ou ne se sont en aucun cas efforcés de régulariser. En l'espace de quarante ans, le foncier urbain est devenu la principale source de revenus et de production urbaine. Les parcelles, les ventes et reventes de terrains sont devenues autant de moyens de survie pour les pauvres que d'enrichissement pour les plus aisés. Le cadre juridique sur le foncier urbain ne s'est jamais appliqué dans ce quartier construit sans aménagement ni plan cadastral.

Les nombreuses parcelles occupées par les habitants du quartier Luwowoshi sont sans titre de propriété et des morcellements se font sur des parcelles récemment acquises mais toutes les demandes faites à ce sujet ne sont pas satisfaisantes et le marché foncier privé impose désormais ses lois. L´absence d´un instrument juridique de gestion foncière dans les parcelles aménagées crée une certaine insécurité foncière, dans la mesure où les règles d´affectation ne sont pas clairement établies et sont méconnues des occupants. Nous assistons au quotidien à des conflits fonciers (limite des parcelles, vente double ou triple d´un même terrain à deux ou plusieurs personnes au même moment, et l´occupation illégale des terres), qui prennent sans relâche de l´ampleur et ont non seulement impacté les relations entre familles voisines, mais également n´ont fait qu´enrichir les cours et tribunaux au détriment des parties en procès sans pour autant qu´ils y mettent fin. Ces conflits se caractérisent également en créant des clivages interfamiliaux en raison des problèmes récurrents d´héritage au sein des familles. Faute de testaments écrits, de leur mauvaise interprétation ou de la malhonnêteté de certains héritiers, des familles entières se désagrègent.

Le problème foncier que nous décrions dans les quartiers précaires et des villes congolaises se pose fondamentalement en termes de gestion, c´est-à-dire de statut juridique des occupants. La vénalité des chefs coutumiers les conduit assez souvent à des spoliations paysannes au profit des masses urbaines, lesquelles entretiennent des relations de complicité avec les autorités municipales. Ces citoyens de la ville dans leur cupidité proposent des contrats précaires aux paysans dont les terres ne suffisent plus déjà à la subsistance des familles.

C´est ainsi que les deux facteurs majeurs évoqués plus haut se manifestent dans les quatre champs de relations conflictuelles autour de l´enjeu foncier notamment: les rapports entre les autorités foncières et autorités coutumières, les rapports entre Services d'Urbanisme et les autorités coutumières; les rapports entre les autorités coutumières et les paysans; et les rapports entre les citadins et les paysans. C´est au dedans de ce quadruple champ relationnel que se noue la crise foncière en RDC, laquelle présente un profil singulier en fonction des caractéristiques propres à chaque milieu. Cette crise étant donc plurielle, les solutions envisagées doivent tenir compte des spécificités locales. Tout en précisant que le sol et le sous-sol appartiennent à l´Etat, la loi Bakajika mise en place le 20.07.1973 attribue de façon exclusive et inaliénable la propriété des terres rurales à l´Etat. Mais son application n´est pas effective car les ayant-droits maintiennent leurs pouvoirs sur les terres. La réalité de base perçue par tous en RDC, est que les « propriétaires » de la terre sont les chefs de terre, qui continuent à appliquer le droit foncier coutumier, qui est non écrit, mais demeure prédominant dans le processus d´acquisition de terrains. L´administration territoriale de l´Etat est largement théorique, du fait des autonomies publiques locales.

Par ailleurs, la Constitution de 2006 de la Troisième République consacre l´autonomie des provinces et du découpage territorial en son article 53. Le foncier en RDC se caractérise aussi par le vide juridique créé par l´absence jusqu´à ce jour de l´ordonnance devant préciser le régime encadrant les terres rurales. Cette absence est donc la cause des conflits meurtriers: elle laisse aux chefs coutumiers une grande marge de manœuvre; ils cèdent les terres, les retirent, les bradent aux premiers venus, ce qui implique l´insuffisance des mesures d´exécution de cette loi. Mais cette loi a toujours posé problème pour les communautés rurales qui voyaient en elle *« an illegitimate fiction invented in Congo for political reasons »* [6].

3.3 La Crise De Logement Ou Occupations Irrégulières Du Sol

On n'insistera jamais assez sur les liens entre l'urbanisation anarchique et l'explosion démographique. Cette croissance spatiale durant les vingt dernières années dans le quartier Luwowoshi due à l'exode rural contribue sensiblement à accroître le développement des bidonvilles et à renforcer la crise de logement. Dans ce milieu défavorisé, on estime aujourd'hui selon les enquêtes réalisées sur terrain en 2020, que 5% seulement de la population sont en mesure d'accéder régulièrement à la propriété immobilière, ce qui n'exclut pas pour ceux-ci les difficultés. Ces données démographiques se combinent avec d'autres paramètres sociologiques et juridiques pour créer la situation que nous connaissons. A la carence du domaine domanial, viennent s'ajouter les résistances de la population à s'acquitter de leurs obligations vis-à-vis de l'Etat. La population ignore totalement les rouages essentiels qui régissent le droit positif qui gouverne le pouvoir public. C'est la coutume qui sert de repère dans ce milieu extrêmement pauvre. Et de plus, elle refuse d'effectuer de longues et périlleuses formalités administratives. Ainsi, le phénomène s'est amplifié depuis plusieurs années, en prenant de nouveaux aspects. Personne ne respecte le Code d'urbanisme qui s'applique aujourd'hui aux constructions, aménagements, installations et travaux, faisant l'objet d'un permis de construire, d'un permis d'aménager ou d'une déclaration préalable, ou dispensés de toute formalité. Il ne s'agit plus uniquement de pauvres populations qui bâtissent des concessions sans permis ou autorisations, mais aussi de personnes qui, profitant de la faiblesse des pouvoirs publics, érigent, illégalement, des constructions anarchiques leurs propres logements sur des terrains ne leur appartenant pas.

Des milliers des maisons ont, ainsi, poussé comme des champignons jusqu'à former des quartiers spontanés sur toute la ceinture verte de la ville de Lubumbashi. Profitant du désengagement actuel de l'Etat, ces constructions pullulent en plein jour. Certaines colonisent les trottoirs alors que d'autres se dressent, sans vergogne, au milieu de la voie publique ou sur des espaces verts. La plupart de ces constructions ne respectent ni les normes de sécurité urbaine ni le code architectural. Outre le danger qu'elles présentent, ces constructions agressent au regard de leur laideur et gênent, pour certaines, la circulation des piétons.

Devant l'incapacité de l'Etat à faire face à ses obligations faute de moyens humains, matériels et de volonté politique pour mener une politique d'aménagement, il s'est ainsi désengagé dans les opérations de gestion et de production foncière – devenant ainsi coupable de son laxisme. Le laisser-faire et l'impunité ambiants au cours de ces quatre dernières décennies ont encouragé certains citoyens à braver la loi, sans crainte ni honte.

A Luwowoshi, on a constaté encore, lors de nos descentes sur terrain, que l'autorisation de construire fait défaut. La population construit sans qu'une demande ne soit faite à l'Etat – mais la situation de la parcelle destinée à recevoir l'immeuble bâti généralement dans une zone non aedificandi s'est faite sans plans d'urbanisme. Toutes ces constructions édifiées dans les servitudes de l'Etat créent des situations confuses. Les pouvoirs publics voient leur politique d'urbanisation bouleversée par les agissements, difficiles à maîtriser, d'une population traditionnellement ruro-urbaine qui se déverse de manière désordonnée dans les centres urbains de la ville – souvent mal informés, les nouveaux migrants, surtout les plus démunis, courent les risques de se trouver sans abri, après avoir investi à mauvais escient leurs faibles économies familiales. Il est donc urgent dans l'intérêt de chacun que toute la population soit informée pour limiter ou cesser les occupations anarchiques.

3.4 Quartier Précaire: Déguerpissement Forcé Ou Réalités Complexes

Luwowoshi représente un terrain d´observation possible. En effet, cet ancien village datant de 1956 s´est transformé en un quartier d'auto - construction et se trouve désormais intégré dans l´agglomération urbaine très étendue de la ville de Lubumbashi et s´est développé sans aménagement urbain sur d´anciennes propriétés familiales. Le quartier spontané de Luwowoshi est encore stigmatisé à cause de sa prétendue marginalité, puisque s´y retrouverait, pêle-mêle, les nouveaux citadins et les cohortes des « villageois » désertant la campagne. La croissance démographique s´accélère brutalement, les bidonvilles sont encore visibles à l'intérieur de l´agglomération.

Face à la montée des quartiers de type « informel", dès la fin des années 70 à la périphérie de la ville, l´Etat éprouve d'énormes difficultés à reprendre le contrôle du mode d'occupation des sols. Il s´est engagé, dans les années 2000, dans des opérations de résorption de ces quartiers et de « déguerpissement » de leurs habitants.

Face à la prolifération de l'habitat précaire dans les quartiers spontanés, les pouvoirs publics ont en effet réagi en détruisant les constructions non autorisées. Dans un nuage de poussière, les lames des bulldozers ont été utilisées pour enlever les logements nouvellement construits illégalement dans les périphéries. Les pouvoirs publics exigeaient que les constructions se réalisent suivant les procédures officiellement imposées.

A titre d'illustration, plus de cinq cents maisons ont été détruites au quartier CRAA, le 5 janvier 2011 par la brigade urbaine de démolition dans la concession de l'Université de Lubumbashi (figure 2). Les nombreuses familles ont tenté de sauver ce qu'elles pouvaient: tôles, fauteuils, chaises, casseroles, matelas, télévisions, chaînes musicales, tout est précieux. Des mères errent dans les décombres, bébé sur le dos. Celles-ci qui en ont encore l'énergie arpentent les ruines à la recherche d'objets. Les familles qui ont la chance d'avoir une voiture y ont entassé tout ce qu'elles pouvaient.

Toutefois, on observe à travers la figure ci-dessous que le déguerpissement est régulièrement mis au premier plan pour limiter le déficit de planification et de mise en œuvre des outils de développement urbain, et ainsi corriger par ricochet les erreurs d'aménagement urbain [7]. Cependant, l´élimination de ces bidonvilles n´a pas signifié l´éradication complète de l´habitat spontané. Les bidonvilles, toujours en place dans les quartiers périphériques, ont vu leur population augmenter avec l´arrivée des « déguerpis ».



Fig. 2. Démolition des constructions anarchiques au quartier CRAA (Source: Radio Okapi, 05/01/2011)

Cette politique de nettoyage a néanmoins laissé sur place des poches résiduelles. Ces opérations « coup de poing » menées par la mairie de la ville ont en effet poussé les nouveaux citadins à « investir", dès la fin des années 2005, des quartiers qui n'étaient pas sujets au « déguerpissement » ou qui l'étaient moins.

Mais malheureusement, les déguerpissements sont des opérations brutales mises en œuvre directement par l'acteur étatique. Les déguerpissements actuels sont produits par une pluralité d'acteurs, à différents échelons: citadins, municipalités, spéculateurs immobiliers, police, qui se soucient rarement du sort des expulsés.

Profitant de l´ignorance du droit positif d´une grande partie de la population, aussi bien que des insuffisances de l´administration publique, certains individus n´hésitent pas à réaliser des ventes illicites du domaine de l´Etat ou à falsifier des titres fonciers notamment les autorités municipales et locales. On parle ici à tort de spéculation foncière; il serait plus exact de voir dans ce cas des pratiques tombant sous le coup de la loi pénale.

Détruire les logements ainsi construits ne résout pas le fond du problème. Au contraire cela ne fait que l'exacerber puisque les ménages, ne parvenant toujours pas à acquérir des terrains suivant les procédures officielles, occupent d'autres sites et construisent des logements en matériaux précaires pour minimiser les pertes en cas de déguerpissement [8].

Aujourd'hui, en RDC, il reste aux pouvoirs publics à trouver l'équilibre entre la remise en ordre du tissu urbain et la pression sociale, qui peut être lourde lorsque les acteurs politiques l'instrumentalisent. Quand le mot « déguerpissement » tombera dans l'oubli, on pourra dire que cette régulation sera réussie [9].

4 DISCUSSION

La présente étude a permis de mettre en exergue la question foncière à l'origine de la plupart des blocages et des difficultés qui affectent la gestion des villes d'Afrique subsaharienne et de Luwowoshi en particulier. Il s'agit d'une situation paradoxale, puisque dans la majorité des pays, la puissance publique dispose précisément du monopole de production foncière. Le problème foncier est le résultat de pénuries ou d'insuffisances diverses: en premier lieu, la pénurie de terrains sur le marché; en second lieu, le manque en équipements collectifs et services de base; enfin, des défaillances d'origine administrative dans le domaine de l'urbanisation réglementaire.

Comme dans l'ensemble des villes africaines, la problématique du foncier à Luwowoshi devient cruciale. La compétition pour les modes d'accès à la terre augmente sous les effets conjugués de la croissance démographique, et de l'emprise croissante des politiques urbaines. Pour des raisons extrêmement variées, cette croissance urbaine, liée à la forte migration a eu des conséquences néfastes sur la pression foncière que connaissent aujourd'hui les habitants de Luwowoshi.

Les conflits fonciers dont nous venons de parler dans la présente étude sont plus souvent évoqués que précisément documentés. Leur repérage et leur interprétation ne vont pourtant pas de soi; leurs causes et leur enchaînement n'obéissent pas à des règles mécaniques.

Nous sommes revenus longuement sur les modes d'acquisition et d'accès des terres dans les zones périphériques. Les diverses enquêtes foncières menées à Luwowoshi convergent sur une première observation globale, à savoir la multiplicité et la diversité des modes d'acquisition des terres, ou des modes d'accès, avec souvent des combinaisons de deux ou trois modes différents pour un même exploitant.

Or, les modes d'acquisition proprement dits englobent les modes traditionnels tels que nous l'avons constaté sur le terrain: héritages, cession et dons, ainsi que le mode monétarisé de l'achat admis socialement, hors des règles légales.

Ces différents modes sont représentés partout, dans nos milieux périphériques, avec des variantes selon les situations géographiques locales. [10] souligne deux caractéristiques majeures. D'une part, ses proportions variables sont dues à la densification démographique, et d'autre part, les extensions des zones périurbaines où les terres changent de valeur en développement « constructibles ». Pour lui, l'accès aux terres est normalement l'astreinte d'héritage et d'achat, mais il y a aussi une tendance qui s'est développée. L'on parle du prêt temporaire, de la location et du métayage qui remplacent le don ou le prêt à durée illimitée.

Par ailleurs, en Afrique noire, il a fallu compter avec le droit coutumier qui donnait au chef de chaque village le pouvoir de distribuer les terres aux familles de la communauté paysanne. Il en résulte encore des formes particulières de la périurbanisation, surtout dans les espaces de pauvreté. Au Maghreb, la diversité des statuts fonciers des terres où alternent les propriétés individuelles, religieuses, communautaires ou publiques, guide les zones d'expansion en offrant des conditions spécifiques à la conquête urbaine [11]. En Amérique Latine, Espagnols et Portugais ont apporté les habitudes européennes du droit romain et de l'appropriation privée des terres. Parfois les alentours des villes, avant la grande poussée urbaine du 20ème siècle, appartenaient à de petits paysans et étaient morcelés en petites parcelles; le plus souvent ils étaient entre les mains de grands propriétaires issus de la société coloniale qui ont pu pratiquer diverses opérations spéculatives de lotissement.

A ces formes légales ou illégales d'appropriation des terres destinées à la croissance urbaine s'opposent les mécanismes de l'invasion par les futurs habitants de terrains où ils s'installent sans aucun titre de propriété. Une fraction parfois non négligeable des populations urbaines des villes du Sud ne dispose même pas des petites ressources nécessaires à l'achat d'un lot illégal ou ne veut pas consentir aux sacrifices alimentaires ou autres qui seraient nécessaires pour réunir cet argent. Ce sont souvent des migrants de fraîche date chassés des campagnes par la misère, mais aussi des exclus de l'emploi urbain et même des opportunités de travail du secteur informel [12].

Alors, la question foncière n'est pas seulement un problème de superficies disponibles ou d'accaparement des terres. De manière étroitement liée, c'est aussi un problème de droits d'accès. Sur ce point, [13] évoque « les systèmes fonciers locaux ou encore droits coutumiers, contrairement au droit positif, ne consistent pas en un ensemble de règles univoques définissant a priori les droits de chacun ».

Nous avons ensuite analysé les conflits et leur mode de règlement dans le quartier Luwowoshi: conflits marqués par des contestations au sujet des occupations anarchiques, de limitation entre parcelles individuelles, abus de confiance, comme vente sans qualité, partages d'héritage, ou d'une terre du domaine public de l'Etat et de titre de propriété.

A titre d'illustration, la Commune Annexe a répertorié une cinquantaine de conflits immobiliers durant toute l'année 2016. Ces conflits immobiliers sont multiples (occupation illégale, destruction méchante, stellionat, déplacement des bornes...). Dans ces milieux urbano-ruraux, plusieurs causes sont à l'origine des conflits en matière foncière. Il s'agit notamment de la dualité des terres et du conflit d'autorité, de l'interférence des autorités politico-administratives, des faits de l'administration foncière, de l'interventionnisme parfois malheureux des autorités de la territoriale, des décisions inadaptées et surprenantes de justice, des problèmes soulevés par les cas des immeubles dit abandonnés.

Contrairement aux terres du domaine public dont la gestion pose moins de problèmes, celle des terres du domaine privé est à l'origine de nombreux conflits dont la dualité des terres et l'antagonisme entre les autorités étatiques et coutumières. C'est dire que les terres rurales-urbaines n'existent pas dans les entités déclarées urbaines selon les articles 54 et 55 de la loi foncière n° 73-021 du 20/07/1973 portant régime général des biens, régime foncier et immobilier et régime des sûretés telles que modifié et complété à ce jour par la loi n°080 -008 du 18/07/1980 en son article 53, proclame la propriété de l'Etat sur le sol et le sous-sol de la RDCongo. Mais fort malheureusement, malgré ces dispositions juridiques, dans nos zones périphériques, les terres continuent à être exploiter conformément à la coutume. Il n'est pas rare de trouver dans un même lotissement des parcelles cédées aux occupants, les unes par l'Etat et les autres par des responsables coutumiers occasionnant ainsi, un désordre d'occupation, source de conflits.

L'influence du pouvoir coutumier, omniprésent en zone urbano-rurale, décroît sans complétement disparaître au fur et à mesure que l'on se rapproche de l'urbain, alors que la présence des autorités étatiques et locales ainsi que des services de l'administration suit l'évolution inverse. Au milieu des deux extrêmes se situe une zone où ces deux pouvoirs coexistent: la gestion coutumière et la gestion étatique ou moderne. Ainsi la terre demeure un objet de compétition, les uns voulant la défendre et les autres cherchant à se l'approprier.

Abordant sur la même question, [14] articule son argumentaire sur les enjeux fonciers comme étant une relation fondée sur un rapport social entre acteurs individuels ou collectifs, relation dictée par des logiques d'actions diverses: productive, rentière, politique ou autres – à travers les modes d'accès à la terre, le marché foncier, les modes de faire valoir ou encore les conflits fonciers. Contrairement à l'Afrique subsaharienne, l'accès à la terre au Maghreb se fait par quatre voies: l'héritage familial, l'attribution d'un droit d'exploitation des terres du domaine privé de l'Etat (pour une durée de 99 ans), l'attribution d'un droit d'exploitation dans le domaine communal (un droit d'exploitation qui va faire prochainement l'objet d'un changement en un droit d'appropriation) et la cession d'un droit d'exploitation.

Jusque dans les années 1970, en effet, le statut des habitants entourant la ceinture verte de la ville de Lubumbashi était peu claire: le paysan y dispose d'une terre qu'il cultive depuis un certain temps, et sur lequel l'entourage finit par reconnaître un certain droit d'usage. A chaque début de saison sèche, cependant, la mise en culture des champs de maïs et autres fait l'objet de disputes. (...) Un consensus social fixe parfois un maximum pouvant aller jusqu'à une cinquantaine d'ares, mais il n'y a guère, en fait, de contrôle, par aucune autorité, d'où une situation assez anarchique. Dès lors, il est possible d'avoir, sur une même parcelle, deux ou trois types de revendications d'accès différentes. L'accès revient à celui qui parvient à s'imposer, mais il reste précaire: les autorités étatiques peuvent les reprendre à tout moment, et, en période de crise de l'Etat (période de démocratisation, de changement de régime, de guerre...), les premiers exploitants reprennent leurs droits de culture [15].

Le caractère exogène et irréaliste des législations foncières étatiques, ainsi que les imperfections structurelles des institutions chargées de les appliquer (une administration territoriale locale calquée sur les pays du Nord, sans le cadre structurel d'incitations, de responsabilisation, de contrôles et de continuité garantissant son bon fonctionnement) génèrent autant de facteurs d'insécurisations, de confusions et d'incertitudes qui encouragent les conflits [16].

Parfois même, des effets pervers risquent d'accroître le nombre des conflits: lorsque, par exemple, ceux-ci deviennent, pour une administration sous-payée, une source de revenus occultes. L'expérience des années 60-90 a montré en particulier que la gestion autoritaire, centralisée et clientéliste des ressources foncières selon le principe « la terre appartient à l'Etat » et la prétention au monopole foncier de l'Etat ont été inefficaces et ont abouti le plus souvent à une compétition accrue sur des ressources dégradées [17]; [18]; [19].

Le constat qui se dégage aujourd'hui, c'est que malgré les différents modes de solution des conflits fonciers et immobiliers tant au niveau formel qu'informel, les conflits de la matière demeurent récurrent.

La vulgarisation de la loi foncière est un impératif incontournable. La population doit connaître la loi et la maîtriser, car elle la concerne. Ceci aurait pour conséquence positive, la réduction sensible des conflits.

5 CONCLUSION

Face à la multiplication des conflits fonciers, la priorité doit se porter sur la sécurisation foncière. En ce jour, le foncier joue un rôle non négligeable à la réalisation d´un développement urbain durable. Dans ces conditions, il devient urgent de considérer la terre comme un outil indispensable de la gestion des villes.

A Luwowoshi, comme partout ailleurs dans les villes africaines, les opérations de déguerpissement ne rencontrent pas l'assentiment de la population, encore moins les affres de relogement. Dans l'opinion publique, ce genre d'opérations est perçu comme une humiliation, une injustice sociale au regard de la procédure, de la brutalité avec laquelle l'Etat organise ce déguerpissement sans se soucier du sort des expulsés. L'Etat devrait normalement aménager un habitat décent susceptible de lutter contre les constructions anarchiques.

Il paraît tout aussi évident que la résolution des problèmes fonciers constitue le préalable à toute action d´aménagement. Autant il est nécessaire d´associer les populations à l´élaboration des projets d´aménagement, autant il faut s´atteler à résoudre, en amont, la question de l´accès à la terre, de l´administration foncière et de la gestion des biens fonciers; car celle – ci détermine dans une large mesure la réussite desdits projets.

Pour la question foncière des villes en développement, nous faisons nôtres les conclusions de [20] qui s´efforçaient d´identifier et de proposer des voies possibles pour l´amélioration de la réforme foncière en cinq points:

- Améliorer les systèmes d´information foncière;
- Clarifier les droits de propriété et plus largement les statuts d´occupation du sol;
- Améliorer le système du bornage de l'immatriculation;
- Gérer la croissance spatiale par des documents d´urbanisme actualisés et réalistes;
- Améliorer l´organisation politico - administrative tant au niveau des administrations qu´à celui des collectivités locales

Tout en ayant contribué à clarifier le problème, les pistes récemment ouvertes par les réflexions en cours semblent prometteuses, mais le chemin de la sécurisation foncière rurale – urbaine sera bien entendu complexe. De ce point de vue, la question foncière est étroitement liée à la construction d´un Etat de droit, fondé sur de nouvelles bases sociales.

REFERENCES

[1] Benchekroum, H., 1995. « *Urbanisme et télédétection spatiale dans les pays en développement ».* In: *GEO OBSEVATEUR,* éd. La télédétection spatiale pour l'environnement et le développement (Marisy 95), 1995 Ifrane, Maroc. INTA (Instituto Nacional de Técnica Aerospatial), 155-170.

[2] Grimm, N.B., Faeth, S. H., Golubiewski, N. E., Redman, C. L., Wu, J., Baix, X et Briggs, J.M., 2008. « *Global Change and the ecology of Cities*. Science, 319, 756-760.

[3] Vennetier, P., 1993. *Les villes d'Afrique tropicale,* Paris, Ed. Masson 112p.

[4] Vernard, J.L., 1993. « *Le financement de l´urbanisation*«, Afrique Contemporaine, numéro spécial, la ville non maitrisée, pp. 207-217.

[5] Dauvergne S., 2011. « Les espaces urbains et périurbains à usage agricole dans les villes d´Afrique Subsaharienne (Yaoundé et Accra); une approche de l´intermédiarité en géographie ». Thèse de doctorat; Ecole Nationale Supérieure de Lyon (France).

[6] Tréfon T., 2011. « Conceptualizing the peri urban in Central Africa».J. Dev, Soc, 27 [3 – 4], pp.421 -443.

[7] Tchekoté H. et Ngouanet C. (2015). « Périurbanisation anarchique et problématique de l'aménagement du territoire dans le périurbain de Yaoundé«, Presses agronomiques de Gembloux, 2015.

[8] Gapyisi, E. (1989). *Le défi urbain en Afrique,* Edition L'Harmattan, p.128.

[9] Bouquet C. et Kassi Djodjo, I., 2014. « Déguerpi pour reconquérir l'espace public à Abidjan«, Espace politique – Géographie politique et de géopolitique des temps urbains, 2014.

[10] Michel Pescay (1998). *Transformation des systèmes fonciers et transition foncière au Sud Bénin,* in: Lavigne Delvile Ph (dir). Quelles politiques foncières pour l'Afrique rurale ? Réconcilier pratiques, légitimité et légalité, Paris – Karthala – Coopération française, 131-156 p.156

[11] Abouessalam S., 1992. « *Pauvreté urbaine et comportements résidentiels* », Thèse universitaire Paris I, 475p.

[12] Rochefort, M., 2000. *Le Défi urbain dans les pays du Sud,* Edition L'Harmattan, Paris, France, 184p.

[13] Lavigne Delvile Philippe, Toulmin Camilla et Traoré Samba, 2000. « *Introduction* », in Lavigne Delvile Ph, Toulmin C., Traoré S. (coord.); *Gérer le foncier rural en Afrique de l'Ouest,* Karthala – URED, Paris – Saint-Louis, 2000. Ed. Karthala-Paris, p.357.

[14] Hayette Nemouchi (2010). « *La question foncière agricole en Algérie. Pratiques foncières/pratiques sociales »*. Le cas de Salah Bouchaour (Nord-Est Algérien). Unversité Caen-Basse-Normandie, 2010 n°29 p.95.
[15] Bart F., 1992. « Montagnes d'Afrique, terres paysannes: le cas du Rwanda, Espaces tropicaux », n°7, CERET, 546p.
[16] Chauveau J.P. et Mathieu P., 1998. *Dynamiques et enjeux des conflits fonciers*. Dans P.-Lavigne Delvile [éd]. Quelles politiques foncières pour l´Afrique Noire rurale ? Ed. Karthala, Paris, pp. 243 – 258.
[17] Le Roy E., 1987. « La réforme du droit de la terre dans certains pays d'Afrique francophone«, Rome, FAO (Etude législative n°44), 108p.
[18] Chauveau, J.P. et Léonard E., 1995. « Les déterminants historiques de la diffusion du cacao culture et des fronts pionniers en Côte d'Ivoire forestière«, Bulletin du GIDIS-CI, 10, pp.12-32.
[19] Bosch, P.M., Chauveau, J.P., Affon, Y.S., Fian A., 1996. « *Evaluation de l'opération pilote du plan foncier rural*«, Ministère de l'Agriculture et des Ressources animales de Côte d'Ivoire.
[20] C. Farvacque – Vitkovic et al., 1993. « *Politiques foncières des villes en développement »*. Paris, Association des études foncières, Paperback, 1993, pp. 42 -55.

International Journal of Innovation and Applied Studies
ISSN 2028-9324 Vol. 39 No. 2 Apr. 2023, pp. 954-964
© 2023 Innovative Space of Scientific Research Journals
http://www.ijias.issr-journals.org/

Enjeux socio-économiques et urbanisation: Précarité des ménages, vulnérabilité des groupements urbains au quartier Luwowoshi

[Socio-economic issues and urbanization: Household precariousness, vulnerability of urban groups in the Luwowoshi district]

Balloy Mwanza Perry[1], Katenda Kankokwe Cathy[2], and Philippe Hanocq[3]

[1]Professeur au département de Génie Civil, Ecole Supérieure des Ingénieurs Industriels, Lubumbashi, RD Congo

[2]Professeure au département de Psychologie du Travail, Faculté de Psychologie et de Sciences de l'Education, Lubumbashi, RD Congo

[3]Professeur émérite au département d'Architecture et d'Urbanisme à l'Université de Liège, Belgium

Copyright © 2023 ISSR Journals. This is an open access article distributed under the ***Creative Commons Attribution License***, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

ABSTRACT: Our study provides an overview of the precarious socio-economic and environmental conditions of the inhabitants of the spontaneous district of Luwowoshi, in the city of Lubumbashi.
The results presented in this article highlight the difficulties in which the populations live and the problems they encounter. Thus, households get their water from wells (62%), springs (27%), standpipes (8%) and boreholes (1%), while generally not having, an adequate effluent treatment system. They must indeed resort to expedients such as: spreading on the plots (60%), the use of latrines and unconnected toilets (34%), infiltration via a simple hole (5%). The evacuation of solid waste is done according to various methods likely to contaminate the environment and the potability of water: holes (54%), incineration (26%), pit (9%), manure pit (5%), vacant lots (5%), and public ferry (1%).

KEYWORDS: Chaotic urbanization, spontaneous neighborhood, environment, sanitation, Luwowoshi.

RESUME: Notre étude dresse un panorama des conditions socio –économiques et environnementales de précarité des habitants du quartier spontané de Luwowoshi, de la ville de Lubumbashi.
Les résultats exposés dans cet article mettent en exergue les difficultés dans lesquelles les populations vivent et les problèmes qu'elles rencontrent. Ainsi, les ménages s'approvisionnent avec de l'eau de puits (62 %), de sources (27%), de bornes fontaines (8%) et de forages (1%), tout en ne disposant pas, en règle générale, de système adéquat d'assainissement des effluents. Ils doivent en effet recourir aux expédients comme: l'épandage sur les parcelles (60%), l'utilisation de latrines et de WC non raccordés (34%), l'infiltration via un simple trou (5%). L'évacuation des déchets solides se fait suivant diverses modalités susceptibles de contaminer l'environnement et la potabilité de l'eau: trous (54 %), incinération (26%), fosse (9%), fosse fumière (5%), terrains vagues (5%), et bac public (1%).

MOTS-CLEFS: Urbanisation chaotique, quartier spontané, environnement, assainissement, Luwowosh.

1 INTRODUCTION

La croissance urbaine est un trait majeur de l'Afrique contemporaine. Les villes millionnaires y sont de plus en plus nombreuses. L'urbanisation entraîne de profondes mutations sociales et spatiales difficilement maîtrisées. La part de la population susceptible d'accéder à des logements décents s'amenuise. Pire encore, une paupérisation et un entassement urbain se développent avec la migration soutenue des ruraux, venus chercher en ville du travail et de meilleures conditions de vie [1].

C'est dans les villes des pays en développement que les effets de l'urbanisation non maîtrisée (quartiers spontanés, dégradation de l'habitat, rareté des services, environnement malsain, etc.) dégradent particulièrement la situation sanitaire [2]; [3]. Suite à une croissance galopante des villes africaines, ce phénomène affecte plus les populations vulnérables et démunies des quartiers non planifiés [4] où la grande majorité des ménages vit dans des conditions effroyables d'extrême pauvreté. Avec une forte concentration de population dans ces quartiers, les questions environnementales deviennent dès lors une préoccupation centrale à la fois pour les décideurs et pour le corps social dans son ensemble [5].

Dans les pays du Sud comme dans les pays industrialisés, les villes concentrent bon nombre d'activités qui génèrent des déchets de toutes sortes. Elles font également l'objet de moins d'attention sur la problématique de l'accès à l'eau potable et à l'assainissement. Cette présente étude relève un enjeu important tant du point de vue environnemental que du point de vue sanitaire. Ainsi, les questions d'évacuation et de traitement des eaux usées et des ordures ménagères, en relation avec l'approvisionnement en eau potable ont pris une grande importance au cours des quatre dernières décennies. L'occupation anarchique des sols, la spéculation dans la vente des terrains et l'insuffisance des moyens financiers de la part des pouvoirs publics rajoutent à la précarité [6]. Luwowoshi est donc confronté à l'heure actuelle à la problématique d'une urbanisation effrénée qui se caractérise par (figures 1,2,3): l'insécurité foncière, une pénurie aigüe de logements, une armature urbaine inadaptée, une faible cohésion sociale résultant d'un chômage endémique et de l'absence de structures formelles ou informelles d'accompagnement, une absence totale de politique d'urbanisme, un manque criant d'investissements publics dans les infrastructures et les services urbains de base (par exemple: carence grave dans les transports et les télécommunications ou dans la collecte des déchets rendue par ailleurs difficile en raison de la configuration du site et de l'urbanisation sauvage).

Les problèmes de contamination des sols sont criants sur un site parcouru par des fossés d'évacuation à ciel ouvert, mal entretenus depuis l'époque coloniale jusqu'à ce jour [7]. Il n'est dès lors pas étonnant d'en arriver au constat que ce sont les personnes qui vivent dans des conditions les plus précaires qui supportent le plus grand fardeau des problèmes environnementaux qui affectent les centres urbains [8]. Ce constat reste plus que jamais d'actualité.

La croissance non planifiée des villes dans les pays en développement particulièrement en Afrique et la maîtrise de la qualité de l'environnement deviennent donc des enjeux majeurs de santé publique [9]; [10] et pour faire face au processus de précarisation d'une frange importante de la population africaine soumise à des conditions de vie indécentes [11]; [12].

2 MATÉRIEL ET MÉTHODES

2.1 LUWOWOSHI: FIGURES D'UN QUARTIER PRÉCAIRE

Luwowoshi est situé à 7 km au Nord – Est de la ville de Lubumbashi. C'est un quartier illégal (ou spontané) en pleine croissance démographique depuis les années 1970. Il a la plus forte concentration humaine de l'agglomération Lushoise avec une population qui avoisine aujourd'hui 70.000 habitants, et qui pourrait, selon les projections, aller au–delà de 100.000 habitants d'ici 2025. Il se construit dans l'improvisation totale sans planification, sans équipements et dans l'insécurité juridique la plus totale pour les occupants.

Pour notre étude, le choix du quartier spontané de Luwowoshi n'est donc pas fortuit, ni dénué de sens. Ce quartier précaire cristallise bien des enjeux de l'urbanisation telle qu'on la connaît depuis quatre décennies au moins et qui se caractérise par un poids de plus en plus important – démographique, économique,… – de tels processus d'exclusion et de dégradation environnementale au sein du système urbain, notamment en Afrique. Une enquête socio-économique approfondie dans le quartier, met en évidence plusieurs secteurs d'activités informelles de survie (cordonniers, cireurs, soudeurs, ferronniers, couturiers, agriculteurs, chauffeurs, maçons, charpentiers, plombiers, carreleurs, électriciens, mécaniciens, etc.). Ces activités génèrent des déchets dont le traitement échappe à toute gestion (pollution des parcelles et des espaces publics, création de dépotoirs improvisés,… (figure 4 & 5) et qui viennent s'ajouter aux déchets et effluents domestiques classiques. Ainsi, cette zone informelle de relégation présente le visage d'une sorte de caserne où sont confinés des milliers d'exclus d'économie moderne [13].



Fig. 1. Manque d'eau potable à Luwowoshi



Fig. 2. Cabine électrique non fonctionnelle



Fig. 3. Habitat précaire sur un terrain marécageux



Fig. 4. Ordures ménagères qui jonchent la route



Fig. 5. Une décharge de dépotoirs sauvages dans la périphérie

2.2 Objectif Poursuivi Par L'étude

L'objectif de cette étude est de fournir une description récente de la précarité des habitants du quartier et de contribuer à l'amélioration des conditions de vie dans les quartiers spontanés de la ville de Lubumbashi.

2.3 Méthodologie De L'enquête Et Stratégie

La méthodologie utilisée dans cette enquête se répartit en plusieurs étapes de recherche notamment la conceptualisation du cadre, les observations directes des phénomènes environnementaux, les enquêtes de terrain ainsi que les interviews des populations.

La démarche utilisée a combiné la revue documentaire et l'enquête de terrain. La revue documentaire a eu pour objet d'une part de fixer les concepts et cadrer l'orientation de la recherche, de fournir les informations récentes pour l'évaluation de la précarité des habitants d'autre part, de coupler les résultats obtenus par la méthode d'analyse statistique.

2.4 Constitution De L'échantillon

Pour construire l'échantillon, nous nous sommes référés aux objectifs tels que définis ci – dessus. Pour procéder à une bonne enquête, l'échantillon devra rester suffisamment grand et le nombre de variables suffisamment important pour le compléter [14]. Au – delà d'une stratification du quartier dans la commune. [15]; [16], douze cellules aux morphologies géographiques et sociales identiques ont été retenues pour l'enquête. L'échantillon a été constitué par tirage aléatoire de 700 ménages des cellules composant le quartier. La répartition des personnes à enquêter dans différentes cellules s'est faite proportionnellement à la population résidente dans chacune d'elles.

Pour apprécier la qualité du cadre de vie des populations de ce quartier précaire, nous avons évalué sept variables essentielles qui ont été sélectionnées comme modalités importantes: (i) les caractéristiques sociodémographiques des ménages, (ii) le mode d'approvisionnement en eau, (ii) le traitement régulier de l'eau, (iv) le mode d'évacuation des ordures ménagères, (v) le mode d'assainissement, (vi) la dimension parcellaire, (vii) le mode d'acquisition des parcelles.

2.5 Collecte Des Données

Les travaux de terrain de l'enquête – ménage se sont déroulés du 29 Janvier au 2 Octobre 2019 et du 14 Février au 17 Août 2020 dans douze cellules du quartier spontané ou irrégulier de Luwowoshi. L'équipe était composée de quatre personnes: un chef d'équipe et trois enquêteurs, tous ayant reçu une formation complémentaire axée sur le contrôle technique, l'organisation et la logistique, le contact avec les autorités du quartier (chefs de cellules, chefs de blocs, chefs d'avenues et chefs de rues) et les populations. Le questionnaire conçu à cet effet était administré au chef de ménage (homme ou femme) considéré comme le répondant de l'enquête ou une autre personne désignée par celui-ci et comprenait quatre phases à savoir: caractéristiques socio démographiques, caractéristiques d'habitation du ménage, conditions environnementales et caractéristiques d'habitat.

3 Résultats

L'approvisionnement en eau potable est très préoccupant de même que pour l'électricité. Les populations n'ont pas la possibilité d'avoir des branchements en eau courante directement distribuée par la Regideso. Ces ménages sont alimentés en eau souterraine et de surface.

La figure 6 montre que 62 % des ménages utilisent l'eau de puits ou de sources non améliorées, 26 % utilisent l'eau de la source, 8 % s'approvisionnent aux bornes fontaines, 1 % boit l'eau de forages et la faible proportion dans d'autres sources d'approvisionnement en eau de surface avec 0,2 %.

Le temps à mettre pour obtenir cette eau est respectivement de 30 minutes ou plus pour 56,2 % des ménages, moins de 30 minutes pour 42,8 % des ménages et 1 % seulement des ménages bénéficient d'eau sur place. L'absence du réseau de distribution d'eau potable à Luwowoshi explique en partie les faibles quantités d'eau disponibles pour les ménages dont la grande partie ne possède que 100 à 200l/jour (24%) et ceux disposant de 100 à 300 l/jour sont moins nombreux. La moyenne du volume d'eau disponible est estimée à 80l par ménage.

L'amélioration de la qualité de l'eau au moyen de certains traitements peut contribuer à réduire les risques de contracter des maladies hydriques liées à une mauvaise qualité de l'eau. Les résultats (figure 7) indiquent que la grande proportion des ménages (64%) ne traitent pas l'eau qu'ils consomment, tandis que 10 % utilisent l'eau de bonne qualité (forage et borne fontaine).

On observe que dans l'ensemble du quartier, la plupart des ménages (66%) utilisent des toilettes non améliorées. En ce qui concerne les dispositifs d'assainissement dans le quartier, les ménages ne disposant pas de ce mode d'évacuation recourent à d'autres systèmes (figure 8) tels que les toilettes (60%), les latrines (8 %), les WC direct (26%), le trou (5%), les latrines à la chasse d'eau à la main sont faiblement représentées (2,5%) et les fosses septiques (1%). Dans la majeure partie des cas, les toilettes sont situées dans la cour de la concession (64,2%). Le partage des toilettes familiales est une réalité sociale chez les enquêtés dont 15,4% déclarent que d'autres ménages utilisent aussi leurs latrines avec une proportion assez faible.

Les canaux à ciel ouvert, les rigoles, la rue, la route et les terrains vagues sont les principaux modes d'évacuation des eaux usées ménagères pour 48,2 % des familles. L'évacuation des déchets solides (figure 9) se fait suivant divers canaux: trous (54 %), incinération (26%), fosse (9%), fosse fumière (5%), terrains vagues (5%), bac public (1%). Cependant, la combinaison de deux modes ou de plusieurs systèmes d'évacuation des déchets n'est qu'une résultante de la défaillance des services de collecte qui sont totalement absents dans ce quartier. D'autres ménages par contre ne déversent leurs ordures ménagères que sur la voie publique et/ou les parcelles inhabitées ainsi que sur les bordures des canaux à ciel ouvert. Ces pratiques sont plus courantes à Luwowoshi où pratiquement tous les ménages utilisent ces procédés pour se débarrasser de ces types d'eaux usées. Parmi les variables qui avaient un impact direct sur la qualité de l'environnement urbain, nous avons noté l'absence des dispositifs adéquats de collecte et d'évacuation des déchets domestiques ainsi que l'accumulation des ordures sauvages.

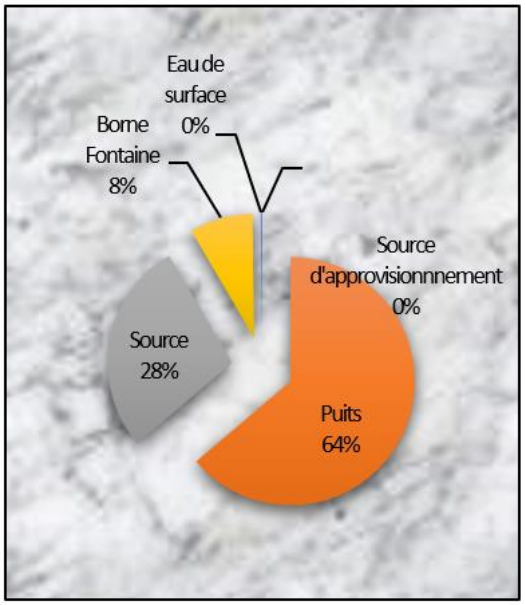


Fig. 6. Sources d'approvisionnement en eau

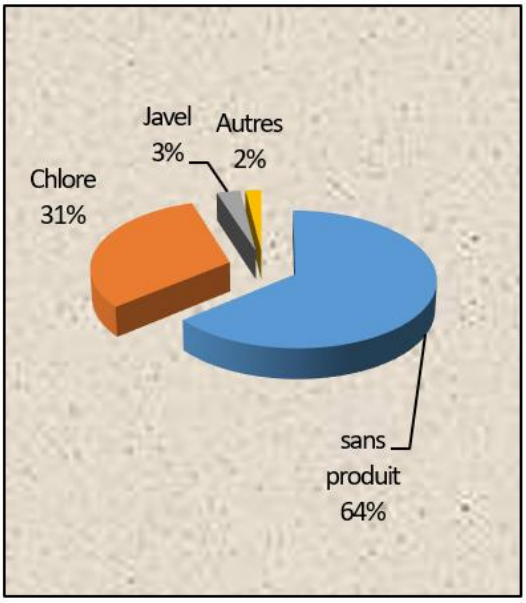


Fig. 7. Traitement d'eau

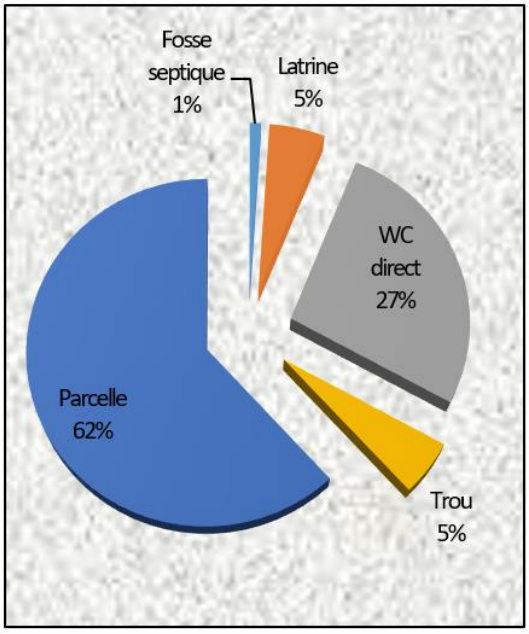


Fig. 8. Mode d'évacuation des eaux usées ménagères

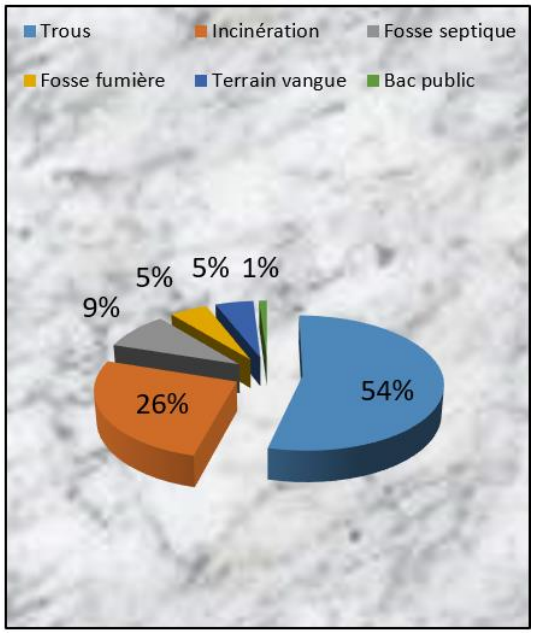


Fig. 9. Evacuation des déchets solides

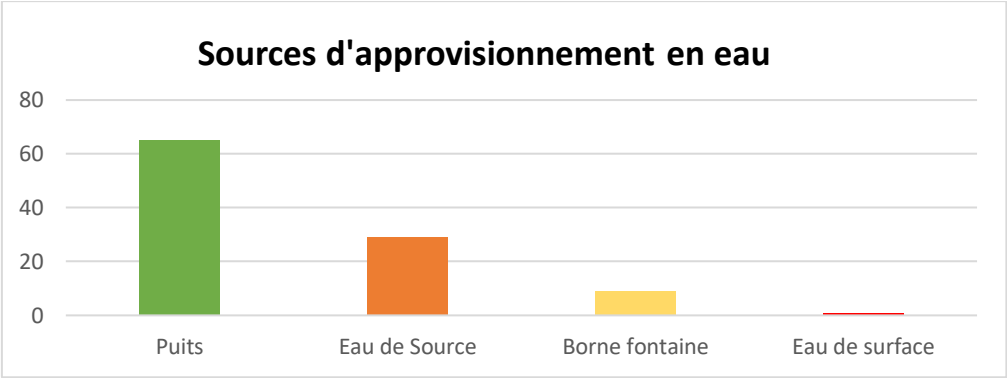


Fig. 10. Source d'approvisionnement en eau

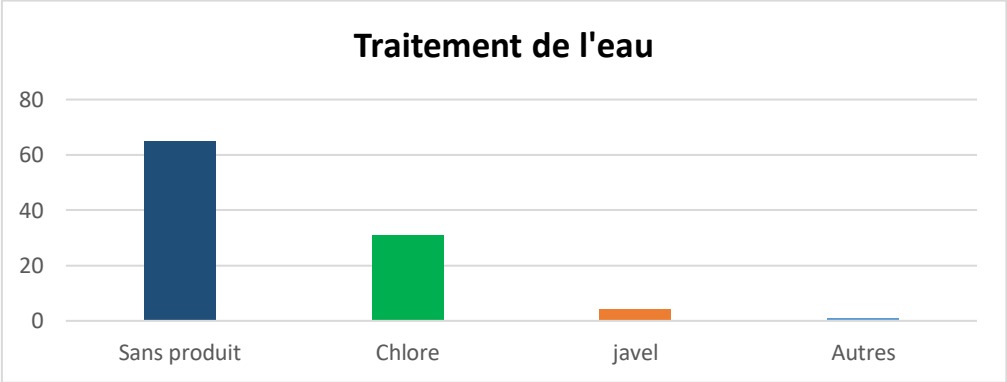


Fig. 11. Traitement de l'eau

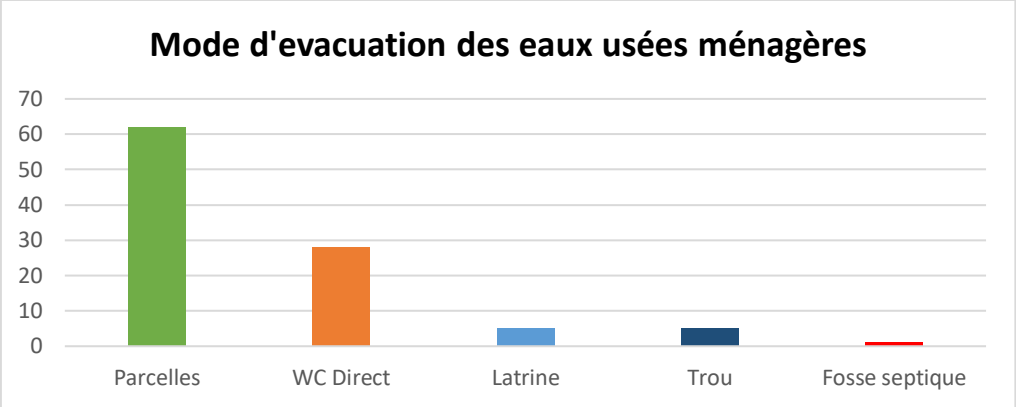


Fig. 12. Mode d'évacuation des eaux usées ménagères

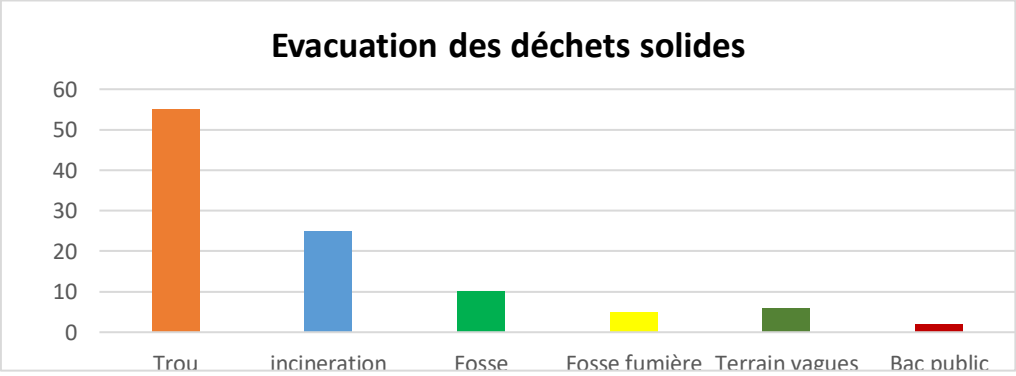


Fig. 13. Evacuation des déchets solides

4 DISCUSSION

Le quartier spontané de Luwowoshi est sujet d'un phénomène d'urbanisation affectant la qualité du cadre de vie et se caractérise particulièrement par un tissu urbain contrasté ainsi que les habitats précaires qui s'installent anarchiquement sur des terrains vagues, mais classés inconstructibles parce que très souvent prédisposés à des risques naturels d'éboulement, d'inondation, par exemple. Les habitations ont généralement des formes désordonnées, agencées dans une architecture touffue et précaire avec une voirie en mauvais état, exigüe et mal entretenue, et ne permettant pas une fluidité de circulation des véhicules.

Il sied de signaler que la planification urbaine dans cet espace n'obéit à aucune norme urbanistique. De la densification des quartiers spontanés découle, une typologie du bâti, parsemée de nombreuses rues non asphaltées qui traversent les diverses concessions entremêlées les unes aux autres [17].

La gestion des déchets liquides et solides constitue un épineux problème en RD Congo et induit de graves répercussions sur la santé et l'hygiène des populations, le cadre de vie et la dégradation de l'environnement urbain. Cette situation fait que la population de cette périphérie où l'absence du réseau d'assainissement des eaux usées domestiques et la collecte de dépôts sauvages des ordures ménagères rendent vulnérables la majorité de ces pauvres, en milieu rural – urbain vivant souvent au milieu de déchets pourrissants et sans hygiène. Ces populations sont généralement sous informées sur les risques sanitaires et les effets néfastes de la dégradation de l'environnement urbain. La conséquence sanitaire de la destruction de l'espace urbain est essentiellement due à l'occupation de l'aire bâtie par les eaux stagnantes, les déversoirs d'eaux usées domestiques et les ordures ménagères dans les ruelles, rues, les terrains vagues, les mares,… dans le quartier. Cette prolifération des maux qui rongent ce milieu constitue l'échec des plans d'aménagement. L'occupation des rues par les eaux révèle la présence de gites potentiels de larves de moustiques et la prolifération des vecteurs de maladies tels que le choléra, la fièvre typhoïde, le paludisme, la gastro-entérite; la dysenterie, les hépatites virales de type A et E… etc.

L'absence des services urbains de base affecte le bien-être des populations et les rend plus vulnérables aux risques sanitaires [18]. Les résultats des travaux sur la situation des ménages dans une économie de précarité à Lubumbashi [19], sur l'enquête socio – économique des ménages à Lubumbashi [14], sur les conditions de vie des populations et risques sanitaires dans les quartiers précaires de la ville d'Abidjan [20] et ainsi que d'autres études dans certains pays en développement [21], à Mopti au Mali [22], à Rufisque au Sénégal, à Abidjan en Côte d'Ivoire. [23] ont permis d'apporter suffisamment de lumière sur les liens entre urbanisation, environnement et précarité dans des différents

ménages. Ces études réalisées dans pas mal des pays en développement montrent à suffisance le degré de la paupérisation des quartiers défavorisés avec les conditions environnementales des milieux de vie des communautés extrêmement difficiles [24]; [25].

Les difficultés évoquées plus haut dans bon nombre des villes africaines prouvent à suffisance que les conditions de vie à Luwowoshi demeurent cependant les mêmes dans les pays en développement et sont d'extrêmes préoccupantes. La couverture sanitaire s'est sensiblement dégradée durant les quatre décennies marquées par des crises socio-économiques d'une grande ampleur, l'augmentation des infrastructures n'ayant pu suivre l'accroissement des besoins. A cela s'ajoutent des mauvaises techniques de stockage de l'eau. On observe pendant la saison de pluie que l'eau est recueillie et stockée dans des fûts rouillés et rarement nettoyés avec comme conséquences les risque de contamination des eaux souillées. Cette contamination d'eau potable sans traitement est une situation alarmante et préoccupante qu'une étude réalisée par nous-mêmes en 2019 et 2020 sur la qualité bactériologique de l'eau dans ce quartier a démontré que 90 % des points d'eau à partir desquels s'alimentent les ménages sont contaminés du fait de la présence de coliformes fécaux (E. Coli) détectés dans les échantillons d'eau analysés.

L'accès difficile à l'eau potable et sa mauvaise qualité contribuent, elles aussi à la fragilisation des populations, exposés à la recrudescence des maladies endémiques (paludisme, choléra, fièvre typhoïde, gastro entérite, tuberculose…), la malnutrition et les maladies diarrhéiques occupent une place importante dans les villes du Sud. Les structures sanitaires de manière générale, sont quasiment inexistantes et, en plus, difficilement accessibles suite à la modicité des revenus des ménages.

Luwowoshi n'ayant pas la capacité financière et les ressources humaines requises, l'on assiste à la dégradation des équipements (écoles, centre de santé, transports, réseaux d'eau et d'électricité, etc.). Les logements sont insuffisants et les emplois sont rares. Les dysfonctionnements dans la prolifération de l'habitat précaire causent la dégradation progressive du cadre de vie (pollution de l'air, multiplication de déchets solides et liquides, contamination de l'eau, etc.) exposant l'environnement à des risques de pollutions diverses ayant un impact direct sur la santé publique et conduisent aux effets pervers que l'on connaît, à savoir la formation des quartiers précaires [26].

Ainsi, la précarité des ménages de Luwowoshi est considérée dans le contexte qui est le nôtre comme un phénomène marginal et confondue avec la grande pauvreté, elle a atteint dans ce quartier une telle ampleur qu'elle touche directement une frange importante de la population. Il se dégage de l'analyse de données sur terrain que la précarité est assez alarmante pour cette population qui souffre de manque des moyens financiers car les ménages consomment en deçà de leurs besoins. Près de ¾ des ménages à Luwowoshi vivent dans la pauvreté et le chômage y est relativement important. Nos résultats concordent bien avec les enquêtes menées par d'autres chercheurs tels que les travaux de: [15]; [19]; [24]; [27]; [14]; [22]; [23]; [18]; [28]; [29]; [30]; [31]; [32]. Les résultats obtenus plus haut nous permettent de constater que la structure de l'état matrimonial constaté dans les enquêtes d'EDS-RDC 2007, (57,6% des mariés, 24,3% des célibataires, 7,4% des divorcés soit la moitié de nos résultats, et 2,0% des veufs) et de [30] (28,5%, 66,1%, 1,0% et 1,9%). Cette évolution n'a pas gardé la même tendance comparativement aux enquêtes de [27], cela peut s'expliquer par l'inadéquation entre la croissance économique et le dynamisme démographique spatial de la ville, qui est à la base de la naissance dans le paysage urbain des quartiers précaires. L'analyse de la structure matrimoniale enquêtée indique globalement que Luwowoshi est habité en grande partie par les mariés.

Concernant les caractéristiques de l'habitat, les résultats montrent que la majorité des parcelles sont clôturées comme constaté dans les enquêtes de [14] qui ont abouti presque aux mêmes proportions (77,7% en végétal, 3,1% en briques cuites, 0,3 en nattes). La toiture (71,1% en tôle, 14,0% en matériaux de récupération, 0,1% en végétal, 1,7 en tuiles, 1,2% en éternit tandis que pour le type de mur (68,1% briques adobes, 29,9% en briques cuites, 0,6% en paille, 0,2% en bois). L'enquête de [28] présente une répartition totalement différente, cela peut s'expliquer par rapport à l'aire géographique, concernant le toit et le type de mur en 2004: 46% en paille, 26% en tôle et 24% tuile; 60% en mur pisé non cimenté, 19% en paille, 14% en brique adobe, 2% en mur pisé cimenté et 1% en brique cuite. Et celle de Kinshasa 1-2-3 [29], présente une répartition en bloc ciment de 83,1%, 6,5% en brique cuite et 5,4% en brique adobe. Ces derniers indiquent que la ville de Kinshasa est bâtie sur une terre sablonneuse.

Les résultats concernant la source d'approvisionnement en eau de boisson ont été observés dans les enquêtes d'EDS-RDC 2013 (67,7% des puits, 9,7% des bornes fontaines, 36,3% sources non protégées). Ce même constat a été fait par les recherches menées au Cameroun en 2015 [31] qui les situent respectivement à 37,1%, 9,2% et 10,1%. Nous avons constaté qu'entassés dans des habitats précaires, certains ménages sont financièrement incapables de se procurer de l'eau potable tous les jours pour leurs boissons et leurs besoins d'hygiène corporelle et celle du milieu.

Quant à ce qui concerne l'utilisation de toilettes par les ménages, nous avons constaté dans les enquêtes d'ESD-RDC 2013, 49% utiliseraient de toilettes non améliorées contre 17% dans ce milieu précaire. L'enquête menée à Kinshasa [29] a trouvé presque dans les mêmes proportions: 58,9%, 40% de la chasse d'eau et 1,1% sans toilettes. Pour être considérées comme améliorées, ces toilettes ne doivent être utilisées que par les membres du ménage et donc non partagées en vue de l'élimination inadéquate des excréments humains au risque accru de contracter des maladies telles que les diarrhées, les vomissements, les maux de ventre et la poliomyélite.

Quant au mode d'évacuation des excrétas, il a été révélé dans les enquêtes de [31] (38,7% latrine à fond perdu, 5,5% latrine améliorée, 24,1%wc moderne avec fosse) et l'évacuation des déchets solides (49,1% bacs publics, 13,8% terrains vagues, 6,3% fosses). L'enquête de 2009 [29] présente une répartition totalement différente pour les deux dernières études: 8,2% bacs publics, 13,0% incinérations, 9,7%

fumiers, 23,5% enfouissements et 22,3% dépotoirs sauvages. Comme l'évacuation des excrétas devient de plus en plus préoccupante parce que les réseaux d'assainissement sont inexistants, les habitants du quartier Luwowoshi éliminent maintenant ses excrétas à travers des dispositifs individuels sur place ou à distance. L'évacuation sur place consiste à vider les latrines situées soit dans une fosse sèche (fosse arabe), soit dans une fosse septique, soit par vidange manuelle. Dans le cas contraire, ils les éliminent par incinération, par enfouissement, par jet dans un cours d'eau ou abandon dans la cour. L'assainissement solide et liquide comme un tout visant à la collecte, l'évacuation, le traitement et la disposition des risques sanitaires des populations améliorent leurs conditions de vie ainsi que leur environnement urbain.

Ces résultats montrent que face aux difficultés économiques, les populations accordent moins d'intérêt aux questions environnementales et elles sont plus préoccupées par la lutte pour la survie. Ce manque d'intérêt aux questions environnementales contribue à accentuer les atteintes avec les risques sanitaires qui en résultent. D'où la participation de tous les acteurs de la société (autorités urbaines et locales, chefs des ménages, entreprises commerciales et industrielles, confessions religieuses, ONG…) pourrait contribuer à l'assainissement de ce milieu rural – urbain. L'approche participation de tous est un atout indispensable pour les résolutions des problèmes environnementaux urbains.

5 CONCLUSION

La réalisation de cette enquête ménage n'était pas un exercice superflu, ni dénué de sens. Elle a parfaitement répondu à nos attentes et aux objectifs que nous nous sommes fixés. Dans le contexte de l'analyse de nos données, deux aspects apparaissent comme socle indispensable à la mise en place d'une meilleure amélioration des conditions de vie et de l'environnement des populations vivant dans le quartier défavorisé ou irrégulier.

Par ailleurs, les deux aspects analysés influent sur les problèmes de la précarité des ménages comme étant les plus récurrents, les modalités environnementales semblent être le facteur de développement largement dominant sur les autres variables notamment sur les problèmes liés à des conditions d'habitat, à l'accès régulier de tous les êtres humains à une eau saine et potable, ainsi qu'à un système d'assainissement des eaux usées domestiques essentiel pour préserver leur dignité et leur sécurité tout en leur assurant des conditions de vie digne, surtout dans les zones périurbaines à forte densité de population.

L'étude révèle de nombreuses insuffisances dans le système de gestion des déchets solides et liquides. L'analyse de nos recherches indique que la population a adopté comme mode d'évacuation des eaux usées domestiques dans le quartier Luwowoshi: trous, incinération, fosse septique, fosse fumière, terrains vagues, des dépôts d'ordures sauvages ainsi que des eaux stagnantes abritant des gîtes potentiels. Il enregistre respectivement des proportions de 54%, 26%, 9%, 5% et 1% d'évacuation des déchets solides. Plusieurs raisons expliquent cette insalubrité publique, notamment le manque de sensibilisation des populations au problème d'hygiène [32]. A l'opposé, le quartier de Luwowoshi est celui qui semble souffrir de manque d'eau potable de bonne qualité: eau de puits (62%), eau de la source (26%) et la quasi – totalité des ménages (64%) ne traite pas l'eau de boisson.

Il appartient aux services concernés d'aménager ce quartier (Luwowoshi) avec des meilleures infrastructures de base (installation sanitaire, réseau d'assainissement des eaux pluviales et usées, infrastructure de collecte des ordures et aux services d'approvisionnement en eau potable, utilisation de robinet d'eau, revendeur d'eau, puits), qui doivent être combinés dans une analyse intégrée pour apprécier les facteurs de risques environnants des quartiers précaires en rapport avec le mode d'occupation du sol et les observations sur le terrain.

Les résultats de l'étude sont donc d'un apport considérable dans la prise de décisions liées à l'aménagement urbain et contribueront à la conception d'une nouvelle politique de l'urbanisation participative à la restructuration des quartiers précaires.

REFERENCES

[1] Amadou D., 2008. Enjeux urbains et développement territorial en Afrique Contemporaine. Edition Karthala, 2008, pp. 2-3.

[2] Dorier – Aprill, 2006. « *La gestion de l'eau et des déchets dans les villes des PED, entre modèles exogènes et pratiques populaires* ». La ville et environnement sous la direction d'Elisabeth Dorier – Aprill, Sedes Paris, pp. 385-408.

[3] Obrist, B., 2006. « Risque et vulnérabilité dans la recherche en santé urbaine ». [Vertigo] – La revue en sciences de l'environnement, Hors-série 3, [En ligne].
URL: http://vertigo.revues.org/index1425.html DOI: 10.4000/vertigo.1483.

[4] Sy, Z.A. et S. Wade, 2007, « Assainissement, salubrité et santé infanto-juvénile en milieu urbain: analyse de l'impact de l'assainissement sur le développement de la pathologie urbaine ». Colloque Santé et environnement: risques et enjeux, Université Senghor, Alexandrie, Egypte 17 - 18 février, 11p.

[5] Salem, G. et E. Jannée, 1989. « Urbanisation et santé dans le Tiers-Monde: transition épidémiologique, changement social et soins de santé primaires ». Collections Colloques et Séminaires, ORSTOM, Paris, 548p.

[6] UN – Habitat, 2001. «Cities in A Globalizing » World – Global Report on Human Settlements 2001.

[7] Duberson A., 1978. « L'espace Dakar – Rufisque en devenir. De l'héritage urbain à la croissance industrielle » Paris ORSTOM, 1979, n°106 371p.

[8] Hardoy J., Mitlin D. and Sattrethwaite D, 2001. « Environmental problems in an urbanizing world Finding solutions for cities in Africa, Asia and Latin America ». London, Earthscan Pub. 448 p.
[9] Kjellstrom, T., S. Mercado., D. Sattherthwaite., G. McGranahan., S. Friel et K. Havemann, 2007. « Our cities, our health, our future: Acting on social determinants for health equity in urban settings». Report to the WHO Commission on Social Determinants of Health from the Knowledge Network on Urban Settings, Kobe Japan, 70p.
[10] OMS, 1994. « Crise de la santé en milieu urbain. Les stratégies de la santé pour tous face à une urbanisation galopante ». Rapport des Discussions Techniques de la Quarante-quatrième Assemblée mondiale de la Santé, Genève, 93p.
[11] Tessier, S., 1991. « Les maladies de l'enfant liées à l'eau en milieu urbain ». Colloque pluridisciplinaire Géographie-Médecine sur l'eau et la santé en Afrique tropicale, Limoges, octobre, PULIM, pp. 63-72.
[12] Vaguet, A., 1986. « Eau, ville et maladie. Le choléra dans une métropole indienne: Hyderabab. Atelier de Géographie de la Santé«, GEOS n° 4, Université Paul Valery, Montpellier, 28p.
[13] Mpiana Tshitenge, J.P., 2013. « La privatisation par le bas du réseau électrique de la SNEL dans la périphérie de la ville de Kinshasa«, Communication au colloque international sur la périurbanisation dans le Sud, Gembloux, 2013.
[14] Remon et Nkuku, 2006. Stratégies de survie à Lubumbashi (RDC). Enquête sur 14000 ménages urbains. Ed. Le Harmattan, Paris, pp. 12 – 22.
[15] Houyoux, J. et Lecoanet, Y., « Lubumbashi, Démogaphie, Budgets ménagers et étude du site«, BEAU, 1975.
[16] INS, Enquête budgets ménagers, Ville de Lubumbashi 1985, principaux résultats, INS, 1989.
[17] Vennetier, P., 1991. *Les villes d'Afrique tropicale,* Paris, Ed. Masson 112p.
[18] Dongo, K., F. Koffi Kouamé, B. Koné, J. Biém, M. Tanner et G, Cissé, 2008, Analyse de la situation de l'environnement sanitaire des quartiers défavorisés dans le tissu urbain de Yopougon à Abidjan, Côte d'Ivoire, [VertigO] – La revue en sciences de l'environnement, Vol8 no3, 11p., [En ligne] URL: http://vertigo.revues.org/index6252.html DOI: 10.4000/vertigo.6252.
[19] Petit P., 2001. Lubumbashi 2000: « la situation des ménages dans une économie de précarité. Observatoire du changement urbain », Unilu – Ulg –Ulb, Janvier 2001, pp. 88 –89.
[20] Kassoum, T., 2012. « De la sensibilisation des populations à la gestion de l'environnement urbain dans les quartiers précaires de la ville d'Abidjan ». African Population Studies Vol. 22 n°2. Pp. 156 – 158.
[21] Harpham, T. et M. Tanner., 1995, « Urban health in developing countries. Progress and prospects ». Earthscan Publications Ltd, London.
[22] Dorier-Apprill, E., 2002. « Enjeux environnementaux et risques sanitaires dans la ville. Berges, bas-fonds et îles de Mopti: des zones à risque, des espaces convoités ». In Eau – Environnement – Santé, Editions ENSP, pp 221-235.
[23] Koné, B., 2008. « Pollution lagunaire, risques sanitaires et environnementaux des populations riveraines de la lagune à Abidjan: cas de trois villages de la commune de Yopougon ». Thèse de doctorat en Sciences et Gestion de l'Environnement de l'Université d'Abobo-Adjamé, Abidjan, Côte d'Ivoire, 305p.
[24] Sy, I., 2006. « *La gestion de la salubrité à Rufisque. Enjeux sanitaires et pratiques urbaines »*. Thèse de doctorat de Géographie de la Santé à l'Université Louis Pasteur de Strasbourg, 563p.
[25] Wyss, K., N.D. Yemadji, G. Cissé et M Tanner, 2001. « Gestion par leurs occupants d'environnements défavorisés au Sahel », SEMPERVIRA numéro 10, pages 50-95.
[26] Bolay, J.C. 1999. « Habitat urbain et partenariat social: Vers une redéfinition des rôles et des pratiques dans les pays du Sud ». International Workshop, Venice, 1999.
[27] Kakoma Sakatolo, 2002. *Le profil sanitaire du Lushois,* Lubumbashi, 2002, pp. 44-62.
[28] Caurwa, « Enquête sur les conditions de vie socio – économiques des ménages ou bénéficiaires de la communauté des autochtones Rwandais ». Rapport général, Kigali, janvier 2004, pp. 40-41.
[29] PNUD, 2009. Pauvreté et conditions de vie des ménages. Province de Kinshasa, Mars 2009, p.14.
[30] Muteba K.L., 2014. « Caractérisation des modes de consommation alimentaire des ménages à Kinshasa: Analyse des interelations entre modes de vie et habitudes alimentaires». Thèse en Sciences agronomiques et Ingénierie biologique à Ulg-Gemboux, 2014.
[31] Kouam K., G. R., 2015. « Mutations urbaines et problématiques d'accès à l'eau potable et à l'assainissement dans une zone urbaine d'un pays en développement: cas de la ville de Yaoundé (Centre-Cameroun)«, p.1.
[32] Kopieu G., 1996, « Déchets solides en milieu urbain d'Afrique de l'ouest et centrale. Vers une gestion durable ». Série séminaire PDM-VIII, pp. 53-58.

International Journal of Innovation and Applied Studies
ISSN 2028-9324 Vol. 39 No. 2 Apr. 2023, pp. 965-972
© 2023 Innovative Space of Scientific Research Journals
http://www.ijias.issr-journals.org/

Evaluation des performances zootechniques en phase de grossissement d'une souche améliorée de *Oreochromis niloticus* élevée en étangs dans l'environnement ivoirien

[Evaluation of the zootechnical performance during the grow-out phase of an improved strain of *Oreochromis niloticus* reared in ponds in the Ivorian environment]

TRE BI Tré Christian Omer[1], ANVO Morgane Paul Magouana[2], DOUMBIA Lassina[1], and KOUASSI N'Gouan Cyrille[2]

[1]Laboratoire d'Environnement et de Biologie Aquatique (LEBA), UFR des Sciences et Gestion de l'Environnement, Université NANGUI ABROGOUA, 02 BP 801 Abidjan 02, Côte d'Ivoire

[2]Station de Recherche sur la Pêche et l'Aquaculture Continentales, Centre National de Recherche Agronomique (CNRA), 01 BP 633 Bouaké 01, Côte d'Ivoire

Copyright © 2023 ISSR Journals. This is an open access article distributed under the ***Creative Commons Attribution License***, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

ABSTRACT: In response to the lack of fast-growing fry, Côte d'Ivoire introduced an improved strain of *Oreochromis niloticus* from Brazil. The objective of the present study is to evaluate the zootechnical performance of this strain before its dissemination in the farming environment, in comparison with the local strain. To do so, fingerlings with an average weight of 45.45 ± 5.1 g for the 'Bouaké' strain and 50.05 ± 0.28 g for the 'Brazil' strain were stocked in 175 m2 ponds at a density of 2.2 fry per m^2. They were fed three different feeds (Imported Industrial Feed (A2I), Local Industrial Feed (AIL) and Local Feed (AL)) for 150 days. Although there was no significant difference between the strains, the survival rates, which ranged from 97.67 ± 0.80 to 100%, were numerically higher for the Bouaké strain than for the Brazil strain. The daily growth rates of the 'Brazil' and 'Bouaké' strains were respectively 3.18 and 2.20 g with A2I, 2.24 and 1.89 g with AIL, and 1.67 and 1.15 g with AL. Feed conversion ratio of the «Brazil» and «Bouaké» strains were 2.87 and 3.20 respectively with A2I, 3.57 and 3.88 with AIL, and 4.05 and 4.27 with AL. The yields obtained for the 'Brazil' and 'Bouaké' strains were 230.38 and 176.21 Kg/a/yr with A2I, 164.07 and 135.72 Kg/a/yr with AIL, and 124.78 and 95.06 Kg/a/yr with AL, respectively. The growth of the « Brazil » strain is higher than that of « Bouaké » by 23 to 45%. The « Brazil » strain showed better growth performance and productivity compared to the 'Bouake' strain regardless of the feed used.

KEYWORDS:: Fish farming, *Oreochromis niloticus,* «Brazil» strain, «Bouaké» strain, zootechnical performance.

RESUME: Pour répondre au manque d'alevins à croissance rapide, la Côte d'Ivoire a introduit une souche améliorée de *Oreochromis niloticus* en provenance du Brésil. L'objectif de la présente étude est d'évaluer les performances zootechniques de cette souche avant sa diffusion dans le milieu paysan, et ce, en comparaison avec la souche locale. Pour se faire, des fingerlings de poids moyens respectifs de 45,45 ± 5,1 g pour la souche « Bouaké » et 50,05 ± 0,28 g pour la souche « Brésil » ont été mis en charge dans des étangs de 175 m2 à la densité de 2,2 alevins au m2. Ils ont été nourris avec trois aliments différents (un Aliment Industriel Importé (A2I), un Aliment Industriel Local (AIL) et un Aliment Local (AL)) pendant 150 jours. Bien qu'il n'y ait pas de différence significative entre les souches, les taux de survie qui ont oscillé entre 97,67 et 100%, sont numériquement supérieur chez la souche Bouaké. Les croissances journalières des souches « Brésil » et « Bouaké » sont respectivement de 3,18 et 2,20 g avec A2I, de 2,24 et 1,89 g avec AIL, et de 1,67 et 1,15 g avec AL. L'indice de conversion des souches « Brésil » et « Bouaké » sont respectivement de 2,87 et 3,20 avec A2I, de 3,57 et 3,88 avec AIL, et de 4,05 et 4,27 avec AL. Les rendements obtenus respectivement pour les souches « Brésil » et « Bouaké sont de 230,38 et 176,21 Kg/a/an avec A2I, de 164,07 et 135,72 Kg/a/an avec AIL, et de 124,78 et 95,06 Kg/a/an avec AL. La souche « Brésil » a une croissance supérieure de 23 à 45 % comparativement à la souche « Bouaké ». La souche « Brésil » a présenté de meilleures performances de croissance et une meilleure productivité comparée à la souche « Bouaké » quel que soit l'aliment utilisé.

MOTS-CLEFS: Pisciculture, *Oreochromis niloticus,* souche « Brésil », souche Bouaké, performance zootechnique.

Corresponding Author: TRE BI Tré Christian Omer

1 INTRODUCTION

Les progrès zootechniques et techniques réalisés ces trente dernières années, dans le domaine de la pisciculture ont permis une forte augmentation de la production piscicole, qui est passée de 4,7 millions de tonnes en 1980 à 87,5 millions de tonnes en 2020 [1]. Selon la même source, près de la moitié des poissons consommés dans le monde provient de la pisciculture. La pisciculture se présente comme une solution pour combler le déficit de couverture des besoins en produits halieutiques.

La Côte d'Ivoire dispose d'immenses potentialités physiques, climatiques, humaines et hydrographiques avec 150 000 ha de lagunes, 350 000 ha de lacs, 30 barrages hydro-agricoles et plus de 400 barrages agro-pastoraux et de nombreux bas-fonds pour le développement de la pisciculture. Malgré ces potentialités et plus d'un demi-siècle d'efforts consentis, la pisciculture ivoirienne avec une production de 4500 tonnes [2] ne représente que 5% de la production halieutique nationale. Selon Avit [3] le développement de l'aquaculture ivoirienne fait face à de nombreuses contraintes, parmi lesquelles on peut indiquer les faibles performances des espèces piscicultivables et la dégénérescence génétique des stocks de géniteurs d'*Oreochromis niloticus* qui constitue 90% des espèces utilisées au niveau de la pisciculture ivoirienne.

Pour faire face à cette situation, la Côte d'Ivoire a reçu le 20 juillet 2014 dans le cadre de l'accord de coopération technique avec la République Fédérative du Brésil, une souche améliorée de *Oreochromis niloticus* [4]. L'objectif de cette introduction est de diffuser cette souche à croissance rapide auprès des paysans ivoiriens. Avant la diffusion de la souche Brésil, l'évaluation de ces performances zootechniques en station de recherche dans l'environnement ivoirien s'impose.

La présente étude a été initiée pour évaluer les performances zootechniques de *Oreochromis niloticus* souche « Brésil » élevées dans l'environnement ivoirien.

2 MATERIEL ET METHODES

2.1 MATÉRIEL BIOLOGIQUE

L'essai a concerné les souches « Bouaké » et « Brésil » de *Oreochromis niloticus*. Les fingerlings monosexes mâles utilisés pour l'essai ont été produits et pré-grossis dans les mêmes conditions à la Station de Recherche sur la Pêche et l'Aquaculture Continentales (SRPAC) du Centre National de Recherche Agronomique (CNRA). Les poids moyens initiaux respectifs de mise en charge des fingerlings étaient de 45,45 ± 5,1 g pour la souche « Bouaké » et 50,05 ± 1,44 g pour la souche « Brésil ».

2.2 ALIMENTS EXPÉRIMENTAUX

L'étude a concerné trois aliments disponibles sur le marché et couramment utilisés par les pisciculteurs en Côte d'Ivoire. Il s'est agi de : un Aliment Industriel Importé (A2I), un Aliment Industriel Local (AIL) et un Aliment Local (AL). A2I est un aliment granulé flottant fabriqué par RAANA fish feed west Africa limited et importé du Ghana. AIL est un aliment non flottant Fabriqué en Côte d'Ivoire par la Société Ivoirienne des Productions Animales (SIPRA), AL est un aliment farineux mis au point par le Centre National de Recherche Agronomique (CNRA) de Côte d'Ivoire. Le tableau 1 présente les compositions chimiques des trois aliments expérimentaux.

Tableau 1. Composition biochimique des aliments

Composition (% matière sèche)	Traitements alimentaires		
	A2I	AIL	AL
Matière sèche (%)	-	89,7	91
Protéine brute (%)	36	29,06	22
Lipide (%)	6	4,51	5,1
Fibre (%)	3,5	7,28	8,9
Cendre (%)	8	6,99	5,9
Extractif non azoté (%)	-	41,86	58

Source: Etiquette commerciale (A2I et AIL) et CNRA (AL)

2.3 STRUCTURES D'ÉLEVAGE

L'élevage a été conduit à la SRPAC. Le dispositif expérimental se compose de 18 étangs de 175 m^2. Ces étangs sont alimentés en eau par gravité à partir du lac Kan situé à 2 km en amont.

2.4 PROCÉDURE EXPÉRIMENTALE

La densité de mise en charge a été de 2,2 individus par m^2. Ainsi, 3465 fingherlings de chacune des souches de *Oreochromis niloticus* (Brésil et Bouaké) » ont été ensemencés dans 9 étangs de 175 m^2 soit 385 individus par étangs. Les poissons ont été nourris avec les trois aliments expérimentaux. Pour chaque souche, les poissons ont été répartis dans les étangs selon les trois aliments expérimentaux. Le nourrissage quotidien des poissons se faisait manuellement à satiété en deux repas (9h et 15h). En vue de suivre l'évolution des paramètres zootechniques et de réajuster les rations, les pêches de contrôle se faisaient à intervalles de 15 jours. L'expérience a été conduite sur une durée de 150 jours

2.5 MESURE DES PARAMÈTRES PHYSICO-CHIMIQUES

La qualité du milieu d'élevage a été évalué par le suivi de la température, le pH, la conductivité et l'oxygène dissous dans les étangs. Les mesures ont été effectués dans les étangs une fois par jour à 8 heures. Ces mesures ont été faites au moyen d'un multi paramètre de marque Hanna, modèle 9828.

2.6 PARAMÈTRES ÉTUDIÉS

Les paramètres étudiés ont été calculés suivant les formules présentées dans le Tableau 2.

Tableau 2. Méthodes de calcul des paramètres zootechniques

Paramètres	Formules	Utilité
Taux de survie (%)	(Nombre final de poissons /Nombre initial de poissons) × 100	Permet d'évaluer la rusticité des poissons
Gain de Poids (GP, g)	Poids final (g) – Poids initial (g)	Permet d'évaluer la croissance pondérale des poissons pendant un temps donné.
Gain de poids quotidien (Gpj, g/j)	(Poids final (g) – Poids initial (g)) /Durée de nourrissage (j)	Permet d'apprécier le gain de poids journalier des poissons en élevage.
Taux de Croissance Spécifique (TCS, %/j)	[(Ln (Poids final) – Ln (Poids initial)) / Durée de nourrissage (j)] × 100	Permet d'évaluer le poids gagné par le poisson chaque jour, en pourcentage de son poids vif.
Indice de Conversion (IC) ou Quotient nutritif (Qn)	Quantité d'aliment sec distribuée (g) / Gain de poids frais (g)	Indicateur de l'efficacité de la stratégie alimentaire.
Production totale (kg)	Poids de la biomasse finale (kg)	Permet d'évaluer la production de poisson
Production nette ou Biomasse nette (kg)	Biomasse finale (kg) – Biomasse initiale (kg)	
Rendement (kg/a/an)	Biomasse nette (kg) × 365 / [durée d'élevage (j) × Superficie (a)]	

2.7 ANALYSES STATISTIQUES

Les données recueillies ont fait l'objet d'une analyse statistique à travers la méthode d'analyse de variance (ANOVA) pour tester la significativité des différences entre les valeurs moyennes des paramètres zootechniques observées au niveau des deux souches. Ce test a permis la comparaison des indices de croissance, d'efficacité alimentaire et de productivité. Ces analyses ont été effectuées en utilisant le logiciel R. Les différences ont été considérées significatives au seuil de 5 %.

3 RESULTATS

3.1 PARAMÈTRES PHYSICOCHIMIQUES DE L'EAU DES MILIEUX D'ÉLEVAGE

Les valeurs moyennes de la température, du pH, de la conductivité et de l'oxygène dissous dans les étangs de la souche Brésil sont respectivement de 27,90 ± 0,33°C; 6,9 **±** 0,29; 24,78 ± 0,68 µS/Cm et 5,13 **±** 1,08 mg/l. En ce qui concerne les étangs de la souche Bouaké, les valeurs moyennes de la température, du pH, de la conductivité et de l'oxygène dissous sont respectivement de 28,1 ± 0,42°C; 7,2 **±** 0,31; 23,89 ± 1,45 µS/Cm et 5,09 **±** 0,91 mg/l. Pour ces quatre paramètres de l'eau, l'analyse de variance (ANOVA) ne montre pas de différence significative entre les valeurs moyennes observées dans les milieux d'élevage des deux souches.

3.2 SURVIE

Aucune différence significative entre les valeurs moyennes des taux de survie des souches Brésil et Bouaké n'a été observée (Tableau III). Cependant, ce taux est numériquement supérieur chez la souche Bouaké relativement à la souche Brésil. En effet, le taux de survie des souches « Brésil » et « Bouaké » sont respectivement de 97,67 ± 0,80 % et 100% avec l'aliment A2I, de 99,42 ± 0,52% et 99,55 ± 0,64% pour l'aliment AIL et 99,17 ± 0,29% et 100% pour l'aliment de AL.

3.3 PERFORMANCES DE CROISSANCE DES POISSONS

Les résultats des paramètres de croissance des souches Bouaké et Brésil enregistrés après 150 jours d'élevage, présentés dans le tableau 3, montrent des différences significatives entre les deux souches. En effet, les poids des souches « Brésil » et « Bouaké » sont passés respectivement de 50,05 ± 1,14 à 491,80 ± 33,39g et de 45,45 ± 0,8 à 376,18 ± 12,34g avec l'aliment A2I, de 50,05 ± 1,14 à 363,74 ± 2,68g et de 45,45 ± 5,1g à 300 ± 3,89g avec l'aliment AIL. Concernant l'aliment AL, les poids sont passés de 50,05 ± 1,14 à 285 ± 5,45g pour la souche Brésil et de 45,45 ± 5,1 à 222,38 ± 6,61 g pour la souche Bouaké.

Les gains de poids moyen des souches « Brésil » et « Bouaké » sont respectivement de 441,78 ± 33,47g et 330,73 ± 15,85g avec l'aliment A2I, de 314,62 ± 5,97 g et 254,56± 5,68g avec l'aliment AIL; de 227,19 ± 5,34 g et 155,78 ± 4,38 g avec l'aliment AL.

Le gain de poids quotidien des souches « Brésil » et « Bouaké » sont respectivement de 3,18 ± 0,25g et 2,20 ± 0,12 g avec l'aliment A2I, de 2,24 ± 0,04 g et 1,89 ± 0,04 g avec l'aliment AIL, de 1,67 ± 0,04 g et 1,15 ± 0,03 g avec l'aliment AL.

Les taux de croissance spécifique (TCS) des souches « Brésil » et « Bouaké » sont respectivement de 1,52 ± 0,03 %/j et 1,34 ± 0,03 %/j avec l'aliment A2I, de 1,32 ± 0,02 %/j et 1,19 ± 0,00 %/j avec l'aliment AIL, de 1,15 ± 0,01 %/j et 0,99 ± 0,02 %/j avec l'aliment AL.

En général, la souche « Brésil » a une croissance plus rapide que la souche « Bouaké » quel que soit l'aliment distribué (Figure 1,2 et 3). Ainsi, les résultats ont montré que la souche « Brésil » a une croissance supérieure de 23 à 45% comparativement à la souche Bouaké selon l'aliment utilisé.

3.4 RENDEMENTS DES SOUCHES ÉTUDIÉES

Les productions totales des souches « Brésil » et « Bouaké » après 150 jours d'élevage sont respectivement de 184,93 ± 13 kg et 144,76± 19 kg avec l'aliment A2I, de 138,24± 09 kg et 114,98± 11 kg avec l'aliment AIL, de 108,81± 8 kg et 85,87±11 kg avec l'aliment AL. Les rendements obtenus respectivement pour les souches « Brésil » et « Bouaké sont de 230,38± 6 kg/a/an et 176,21±29 kg/a/an avec l'aliment A2I, de 164,07±12 kg/a/an et 135,72±11 kg/a/an avec l'aliment AIL, de 124,78±10 kg/a/an et 95,06 ± 9 kg/a/an avec l'aliment AL. Le rendement de la souche Brésil est supérieur de 21 à 31% relativement à la souche Bouaké. La souche « Brésil » est significativement plus productive que la souche « Bouaké », et ce, quel que soit l'aliment distribué.

3.5 INGESTION ET EFFICACITÉ ALIMENTAIRE

Les indices de conversion (IC) alimentaire enregistrés au niveau des souches « Brésil » et « Bouaké » sont respectivement de 2,87 ± 0,06 et 3,20 ± 0,19 avec l'aliment A2I, de 3,57 ± 0,10 et 3,88 ± 0,01 avec l'aliment AIL, de 4,05 ± 0,05 et 4,27 ± 0,12 avec l'aliment AL. Statistiquement, il existe une différence significative entre l'IC des trois aliments expérimentaux quel que

soit la souche. L'analyse de variance des valeurs moyennes de l'IC des aliments utilisés au cours de l'essai indique que l'aliment A2I présente un meilleur IC/ Qn que les aliments AL et AIL (ANOVA, p<0,05).

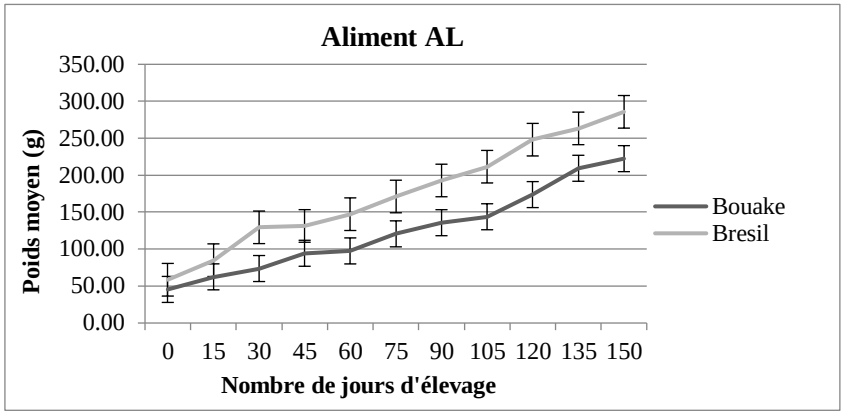


Fig. 1. Evolution du poids des souches «Brésil» et «Bouaké» de Oreochromis niloticus nourries avec l'aliment AL

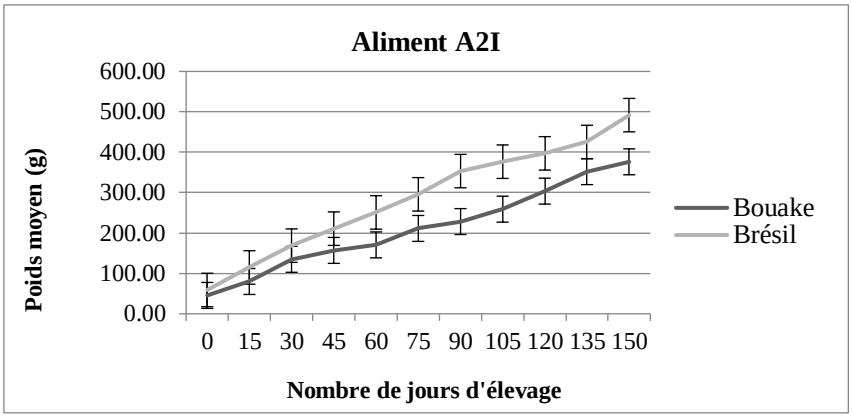


Fig. 2. Evolution du poids des souches «Brésil» et «Bouaké» de Oreochromis niloticus nourries avec l'aliment A2I

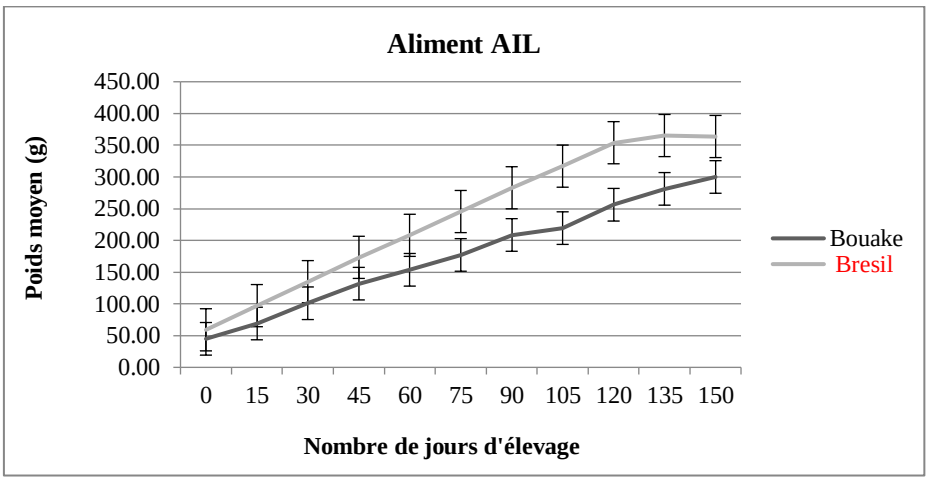


Fig. 3. Evolution du poids des souches «Brésil» et «Bouaké» de Oreochromis niloticus nourries avec l'aliment AIL

Tableau 3. ***Performances zootechniques et rendements des souches Brésil et Bouaké de Oreochromis niloticus en fonction des traitements alimentaires***

Indices de croissance	Traitement alimentaire	Souches	
		Brésil	Bouaké
Taux de survie (%)	A2I	97,67 ± 0,80	100 ± 00
	AIL	99,42 ± 0,52	99,55 ± 0,64
	AL	99,17 ± 0,29	100 ±00
Poids moyen initial (g)	A2I	50,05 ± 1,14	45,45 ± 5,1
	AIL	50,05 ± 1,14	45,45 ± 5,1
	AL	50,05 ± 1,14	45,45 ± 5,1
Poids moyen final (g)	A2I	491,80 ± 33,39 [a]	376,18 ± 12,34 [b]
	AIL	363,74 ± 2,68 [a]	300 ±3,89 [b]
	AL	285 ± 5,45 [a]	222,38 ± 6,61 [b]
Gain de poids (g)	A2I	441,78 ± 33,47[a]	330,73 ± 15,85[b]
	AIL	314,62 ± 5,97[c]	254,54 ± 5,68[d]
	AL	227,19 ± 5,34[e]	155,78 ± 4,38[f]
Gain de poids quotidien (g/j)	A2I	3,18 ± 0,25[a]	2,20 ± 0,12[b]
	AIL	2,24 ± 0,04[c]	1,89 ± 0,04[d]
	AL	1,67 ± 0,04[e]	1,15 ± 0,03[f]
Taux de croissance spécifique (%/j)	A2I	1,52 ± 0,03[a]	1,34 ± 0,03[b]
	AIL	1,32 ± 0,02[c]	1,19 ± 0,01[d]
	AL	1,15 ± 0,02[e]	0,99 ± 0,02[f]
Quantité d'aliment distribuée (g)	A2I	1268 ± 27 [a]	1060 ± 32 [b]
	AIL	1124 ± 31 [a]	988 ± 22 [b]
	AL	922 ± 25 [a]	662 ± 37 [b]
Indice de conversion	A2I	2,87 ± 0,06 [a]	3,20 ± 0,1 [b]
	AIL	3,57 ± 0,10 [a]	3,88 ± 0,01 [b]
	AL	4,05 ± 0,05 [a]	4,27 ± 0,12 [b]
Production totale (kg)	A2I	184,93 ± 13 [a]	144,76± 19 [b]
	AIL	138,24± 09 [a]	114,98± 11 [b]
	AL	108,81± 8 [a]	85,87±11 [b]
Production nette ou Biomasse nette (kg)	A2I	165,69± 11 [a]	127,25±16 [b]
	AIL	118,75±7 [a]	97,48±12 [b]
	AL	89,74± 6 [a]	68,37±10 [b]
Rendement (kg/a/an)	A2I	230,38± 6 [a]	176,21±29 [b]
	AIL	164,07±12 [a]	135,72±11 [b]
	AL	124,78±10 [a]	95,06 ± 9 [b]

Les valeurs représentent les moyennes et les écarts-types de trois répétitions. Les valeurs qui ne sont pas affectées d'une même lettre sont significativement différentes (Anova, $p < 0,05$) pour chaque ligne du tableau. A2I: Aliment Industriel Importé; AIL un Aliment Industriel Local et AL: Aliment Local.

4 DISCUSSION

Les paramètres de la qualité de l'eau des étangs se situent dans les gammes de valeurs recommandées de 27 à 30 °C [5] pour la température, de 5 à 23 mg/l et de 6,5 à 9,0 [6] respectivement pour l'oxygène dissous et le pH. Ceci permet de nous assurer que les paramètres environnementaux n'ont pas affecté la croissance des poissons. Aussi, les différences observées entre les performances de croissance des deux souches de *O. niloticus* pourraient donc être attribuées à des caractères intrinsèques liés à chacune d'elle.

Les taux moyens de survie enregistrés varient de 97,67 ± 0,80 % à 100 %. Les taux de survie de *Oreochromis niloticus* obtenus dans la présente étude sont supérieurs au taux de 90 % généralement admis en élevage [7]. Par ailleurs, ces taux sont également plus élevés que 86,4±1,5% et 89,8±1,1% enregistrés chez les souches Kivu et Nyakabera en RD Congo [8].

Les performances de croissance de la souche « Brésil » sont supérieures et significativement différentes de celles de la souche « Bouaké ». Par ailleurs, la souche « Brésil » présente de meilleures performances de croissance que celles indiquées (1,3g/j, 1,8 à 1,9 g/j et 1,04 à 1,65g/j) respectivement par [9], [10] et [11]. En outre, la croissance journalière observée chez la souche Brésil est supérieure à celle enregistrée chez les souches Kivu (1,52±0,16 g/jour) et Nyakabera (1,02±0,19 g/jour) en RD Congo [8]. Cette différence pourrait être liée à la souche utilisée, les conditions alimentaires et environnementales. En effet, selon [7], le tilapia peut présenter une croissance individuelle journalière variant de 2 à 4 g en fonction de la souche utilisée, des conditions d'alimentation et d'élevage. Par ailleurs, [12] indiquent que selon les milieux et les conditions d'élevage de *Oreochromis niloticus,* une croissance de l'ordre de 1,5 à 1,9 g/j est attendue avec un aliment granulé renfermant 30% de protéines. En prenant en compte l'aliment AIL qui fait 29% de protéines, les performances de croissance de la souche « Brésil » sont nettement supérieures. Lors de ses travaux, [13] a obtenu des résultats de croissance de 2,81 g/j pour la souche « Bouaké », 2,50g/j pour la souche « Daloa » et 2,50g/j pour la souche « Burkina Faso » de *Oreochromis niloticus*. Ces résultats sont également inférieurs aux performances obtenues avec la souche « Brésil » nourrie avec l'aliment A2I.

La différence de croissance journalière entre les souches « Brésil » et « Bouaké », obtenue avec les aliments AL, AIL et A2I montrent que les différences de performances enregistrées entre les souches « Brésil » et « Bouaké » sont d'origine « variétale » car la souche «Brésil» a fait l'objet d'amélioration génétique à travers un programme de sélection mis en œuvre durant plusieurs années.

Les poissons nourris avec l'aliment A2I présentent des performances de croissance plus importante et significativement différentes des poissons nourris avec l'aliment AIL et AL. Cette différence de performance constatée entre les aliments expérimentaux pourrait s'expliquer par la teneur des aliments en protéine, en lipides et en minéraux mais également en micronutriments essentiels [14]. La teneur en protéine de l'aliment A2I (36%) est supérieure à celle des aliments expérimentaux (AIL et AL) et aux taux de protéines brutes recommandés par [15] qui peuvent varier de 25 à plus de 35 % pour l'élevage de *Oreochromis niloticus* à tous les stades de développement. Avec une teneur en lipide de 6% au-dessus de la teneur en lipide de l'aliment AIL (3,5%), l'aliment A2I permet aux poissons de faire une économie d'utilisation des protéines sans altérer la qualité de l'aliment comme rapporté par [16]. Ces auteurs rapportent également qu'un aliment avec une bonne teneur en minéraux améliore le métabolisme azoté, glucidique, lipidique et énergétique chez le poisson. L'aliment A2I contient une teneur de 8% de minéraux contre 6,99% pour l'aliment AIL.

Les valeurs relativement « élevées » des Indices de Conversion (IC) des aliments expérimentaux utilisés au cours de l'essai contrastent avec les performances de croissance pondérale des poissons. L'IC relativement faible chez la souche Brésil signifie que cette souche convertit mieux l'aliment que la souche Bouaké. L'IC peut être influencé par plusieurs facteurs (température, densité, modalités de nourrissage, etc.). Selon [17] et [18], dans les élevages de tilapias, des Indices de Conversion (IC) /Quotient nutritif (Qn) dont les valeurs sont supérieures à 1,31-3,37 indiquent une mauvaise utilisation de l'aliment artificiel.

Selon Bamba [14], la contribution de la nourritures naturelles pendant le grossissement de *Oreochromis niloticus* est de 26 à 28%. Cette contribution constitue une part non négligeable dans la croissance des poissons d'élevage [19]. Il est par ailleurs important de considérer que la quantité d'aliment prise en compte dans le calcul de l'indice de Conversion peut dépasser notablement la quantité réellement consommée par le poisson. En effet, les poissons ont été nourris à satiété pendant la présente étude. Cela peut aboutir à une suralimentation en conduisant à un IC élevé. Cette situation peut être corrigée par l'utilisant de tableau de rationnement. Comme indiqué par [20], en étang, tout comme une sous-alimentation pourrait aboutir à une diminution de performances de croissance des poissons, de même une suralimentation conduirait au gaspillage d'aliments. Ainsi, en prenant en compte les rations de la table de rationnement établie par [21] dans laquelle la ration baisse de 4 à 3 % du deuxième au cinquième mois d'élevage, la quantité d'aliments distribuée ainsi que l'IC aurait été largement inférieure à ceux observés au cours de la présente étude.

5 CONCLUSION

Cette étude avait pour objectif d'évaluer les performances zootechniques de *Oreochromis niloticus* souche « Brésil » élevées dans l'environnement ivoirien. Les résultats de cette étude ont montré que La souche « Brésil » a une croissance supérieure de 23 à 45% comparativement à la souche Bouaké qui est utilisée actuellement dans les fermes piscicoles ivoiriennes. La souche « Brésil » présente également une meilleure productivité comparée à la souche « Bouaké ». La souche « Brésil » se présente à l'aquaculture ivoirienne comme une opportunité d'accroître la production nationale et améliorer par conséquent les revenus des pisciculteurs.

REFERENCES

[1] FAO, La situation mondiale des pêches et de l'aquaculture. Vers une transformation bleue. Rome 262 p. 2022.

[2] MIRAH (Ministère des Ressources Animales et Halieutiques), Récentes évolutions dans le secteur de l'aquaculture en Côte d'Ivoire. Atelier de validation de la méthodologie du système intégré de collecte et de traitement de données statistiques de production aquacole, Abidjan, 06 avril, 2022.

[3] J-B. L. F Avit, K. Y Bony, N. C.Kouassi, K. F. Konan, O.Assemian and J. R. Allouko, «Conditions écologiques de production de fingerlings de *Oreochromis niloticus* (linné, 1758) en association avec le riz wita 12 en étang,» *Journal of applied biosciences,* Vol. 59, pp. 4271-4285, 2012.

[4] MIRAH (Ministère des Ressources Animales et Halieutiques), Rapport d'activités du ministère des ressources animales et halieutiques, côte d'ivoire, 2015.

[5] A. J. Makori, P. O. Abuom, R. Kapiyo, D. N Anyona and G. O. Dida, « Effects of water physico-chemical parameters on tilapia (*Oreochromis niloticus*) growth in earthen ponds in Teso North SubCounty, Busia County,» *Fisheries and Aquatic Sciences,* Vol. 20, pp. 30-40, 2017.

[6] Swann L.D. A basic overview of aquaculture. Aquaculture Extension Specialist Ilinois Indiana Sea Grant Program, West Lafayette: Purdue University, Technical Bulletin Series No.102, 1992.

[7] J. Lazard, « La pisciculture des tilapias,» *Cahiers agricultures,* Vol. 18, no. 2-3 pp. 174-182. 2009.

[8] F. J. Nihoreye, U. N. Nyongombe, L. G. Alunga et M. J. Umba di «Comparaison des performances de croissance en station de pisciculture d'une souche sauvage et d'une souche domestique du tilapia du Nil (*Oreochromis niloticus* L.) au Sud-Kivu,» *Journal of Applied Biosciences,* Vol. 140, pp. 14245 -14255, 2019.

[9] J. Lazard, «L'élevage du tilapia en Afrique. Données techniques sur la pisciculture en étang,» *Bois et forêts des tropiques,* Vol. 206 pp. 33 – 50, 1984.

[10] C. D. Nguyen and C.L David, «The culture performance of monosex and mixed-sex new-season and over wintered fry in three strains of nile tilapia *Oreochromis niloticus* in northern Vietnam,» *Aquaculture,* Vol. 184, pp. 221- 231, 2000.

[11] C. K. Kanangire, Effet de l'alimentation des poissons avec azolla sur la production d'un écosystème agro-piscicole en zone marécageuse au Rwanda. Thèse de doctorat. Université notre dame de la paix, Namur, belgique. 2001.

[12] Jauncey K., and Ross B., A guide to tilapia feeds and feeding. Institute of aquaculture, university of stirling, Scotland, 1982.

[13] Morissens P., Comparaison des performances zootechniques moyennes de trois populations de *Oreochromis niloticus* dans le cadre d'un essai d'élevage de quatre mois en étangs de 50 m2 du centre piscicole idessa de Bouake. Rapport technique, 1996.

[14] Bamba Y., Production en étang du tilapia *Oreochromis niloticus* (linne, 1758) nourris avec des sous-produits agricoles sans adjonction de farine de poisson. Thèse de doctorat, université d'Abobo-adjamé, côte d'ivoire, 2007.

[15] S.S De Silva. and M.K. Perera, «Effects of dietary protein level on growth, food conversion, and protein use in young *tilapia nilotica* at four salinities,» *Transactions of the American Fisheries Society,* Vol. 114, no 4, pp. 583-589, 1985.

[16] Riviere R., Manuel d'alimentation des ruminants domestiques en milieu tropical. Institut d'élevage et de médecine vétérinaire des pays tropicaux. Paris, 1978.

[17] S.Y. Shiau, and Y.H. Chin, «Estimation of the dietary biotin requirement of juvenile hybrid tilapia, O*reochromis niloticus × O. aureus*,» *Aquaculture,* Vol. 170, pp. 71-78, 1999.

[18] O.M. Bahurmiz and W.K. Ng, «Effects of dietary palm oil source on growth, tissue fatty acid composition and nutrient digestibility of red hybrid tilapia, *Oreochromis sp*., raised from stocking to marketable size,». *Aquaculture,* Vol. 262 no (2-4), pp. 382-392. 2007.

[19] Hastings W.H and Dickie L. M, Fish nutrition: feed formulation and evaluation. Academic presse, London, pp. 327 - 374, 1972.

[20] Iga-Iga R., Contribution à la mise au point d'aliments pour tilapia O*reochromis niloticus* à base d'intrants locaux: cas du Gabon. Mémoire de fin d'études pour l'obtention du master sciences agronomiques et agroalimentaires, institut de recherches agronomiques et forestières (iraf). Gabon, 2008.

[21] Y. Yi, C.K. Lin, and J.S. Diana, Hybrid catfish (*Clarias macrocephalus x C.gariepinus*) and Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) culture in an integrated pen-cum-pond system: growth performance and nutrient budgets. *Aquaculture, Vol.* 217, pp. 395-408. 2002.

International Journal of Innovation and Applied Studies
ISSN 2028-9324 Vol. 39 No. 2 Apr. 2023, pp. 973-985
© 2023 Innovative Space of Scientific Research Journals
http://www.ijias.issr-journals.org/

The impact of arts employment on creativity and academic achievement in Morocco's middle schools: A descriptive study

Omar El Blidi[1] and Khadija El Blidi[2]

[1]Laboratory of cultural industry, Faculty of letters and human sciences, Mohamed 1st University, Oujda, Morocco

[2]Educational technologies department, Faculty of educational sciences, Mohamed V University, Rabat, Morocco

Copyright © 2023 ISSR Journals. This is an open access article distributed under the ***Creative Commons Attribution License***, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

ABSTRACT: This research focuses on the question of whether arts use in education can be shown to increase levels of creativity and affect the academic achievement in middle school of low socioeconomic backgrounds.
Multi-method approach was chosen for the present study. The operationalization of creativity was based on its definition as a cognitive skill but took two different perspectives: one of creativity as a product and the other of creativity as a process. The methods used to explore the problematic were quantitative, in the form of standardized creativity testing and grade point averages analyzing, combined with descriptive observation. The use of these different procedures contributes to scientific validity.
Results show a positive correlation between the artistic program of research and the improvement of the cognitive skill creativity in the Moroccan middle school. However, quantitative creativity testing results left some questions on validity and reliability, and the grade points analysis has proven almost no relationship between arts use in education and academic achievement. Creativity did demonstrate to be more methodically understood when examined in the context of the creative process, and the quantitative testing could be combined to a qualitative study ensuring the validity of research in this case. Finally, the present research led to numerous discussion points and recommendation for future research.

KEYWORDS: Creativity, art, education, academic achievement, middle school.

INTRODUCTION

Nowadays, most of educational systems of the world, especially at the middle level, are still constructed on models of the nineteenth century.

These systems as well as ancient teaching approaches are now absolutely outdated in an extremely changing world, and this is why change is indispensable and a new vision is needed, particularly for middle education in the 21st century.

This new orientation of the intentions of middle education involves pedagogical innovations and, consequently, a rebirth of learning subjects and of teachers and school training programs in which arts can play a key role assuring this process of change.

In November 1999, an international appeal for the promotion of creativity at school was introduced by the UNESCO (United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization) on the occasion of the thirtieth session of the organization's General Conference. This appeal was launched in the spirit of the 1996 international report recognized as the "Delors Report" entitled "*Learning: the treasure within" (UNESCO, 1996).* This report emphasized the critical need to reform and support the school systems, giving distinct consideration to creativity and arts.

This report defines four pillars of education:

- Learning to know
- Learning to do
- Learning to live together
- Learning to be

Corresponding Author: Omar El Blidi

The *learning to see* through visual arts, the learning to hear through music, to move through dance or to live through drama are included in this last pillar which is a focus of this research verifying that art should be given more importance in middle schools than is commonly the case today.

As emphasized by Ken Robinson, organizations everywhere are struggling to fix a problem that originates in schools and universities; that means the arts use in education should also be tackled through curriculum and pedagogy (Robinson, 2017). Therefore, it is crucial to better determine what works and what doesn't work in this field in order to provide fact on what the impact is on students (creativity, academic achievements, etc.) and what the conditions required for successful use.

Additionally, Educational research has revealed that students' personal well-being has an important impact on their academic achievements. In this research, our aim is to study this relationship: arts in education- creativity and its impact on achievement.

LITERATURE REVIEW

For several years, creativity has been included in curriculum debates according to the educational policy tendencies of the day, which have varied greatly over this period.

In young children, creativity has been a topic of attention in different fields, for example, western pedagogical views and education were based on a child-centered and discovery-based approach. This permitted the option of creative expression, usually expressed through the arts, as such art education was at this time considered an essential forum for creative expression (Lanier, 1955). through the following fifty years, the tendency shifted and the weight moved away from creativity as expression and towards a more knowledge-based pedagogical approach (Craft, 2003). In recent times, however, this trend looks to be instable again.

In Morocco, the word creativity is indicated once in the whole 2013 analytical report, considered as student's attribute and a consequence of the change in the teacher's training (report, December 2014). This means that creativity is still being viewed as a quality or trait, rather than as a kind of intelligence, and as such gets less value than -for example- mathematics, sport abilities or language skills. In addition, arts education in the Netherlands (as well as in most of Europe) still does not include creativity as a core objective but rather classifies it under the heading 'personal development' (Greven & Letschert, 2006).

CREATIVITY IN ART AND SCIENCES

Creative students find success in the lessons taught trough arts because of the apparent deductive nature of the course (Court, 1998). Kersting (Kersting, 2003) approved that there are possible resemblances and differences in creativity as it linked to individuals in the sciences and arts:

"***Science has to be constrained to scientific process, but there is a lot less constraint on artists. Many artists come from more chaotic environments, which prepares them to create with less structure***" (p. 40).

Gardner (Gardner, 1999) appeared to defend this concept of domain specific creativity as well:

"***People are creative when they can solve problems, create products, or raise issues in a domain in a way that is initially novel, but is eventually accepted in one or more cultural settings"*** (p. 116).

The curricular goals of general creative and critical thinking along with problem solving, and creating products within a certain social construct are demonstrated in music education as well. In fact, Webster developed a model of creative thinking specifically for music which consisted of the following factors:

- Musical Extensiveness: The time in seconds that involved in a musical response.
- Musical Flexibility: The extent a person can move freely between the extremes of the parameters of high/low, soft/loud, and fast/slow.
- Musical Originality: The degree of musical manipulation a person can accomplish in a unique fashion.
- Musical Syntax: The extent a person can manipulate music in a logical and "inherently musical" manner with regard to the entire response (Webster, 1987).

Many researchers considered the crucial development of both creative thinking and aptitude with regard to music needed to occur at a young age. This early experience in music aided in children's musical and intellectual growth (Henry, 1996).

PURPOSE OF STUDY

The research questions are:

- Can creativity be improved through arts in socioeconomically disadvantaged middle school?
- Can this creativity (in case developed by arts use) help adolescents to improve their academic achievement levels?

METHOD

Seeing the difficulty of the concept of creativity, both in its meaning and the inconclusive results gotten by much of the earlier empirical studies done in this area, this research rely on multi-method approach. By adding conclusions that can be reached through a deductive quantitative method with the conclusions that can be achieved through the descriptive method, a more comprehensive analysis is expected to be attained. Additionally, the complementary purposes of these two research approaches will aid confirm reliability and validity through triangulation by being careful to employing diverse descriptions and approaches to creativity. Two approaches have been selected to be used for this research, both founded on the central evidence that creativity can be defined as a cognitive skill parallel to divergent thinking and perceptible through four elementary factors: fluency, originality, elaboration and flexibility (Guilford, 1968). The first approach to be operationalized for application is that of creativity as a process. The second approach to apply is that of creativity as a product.

Therefore, a variety of tools must be used to gather data from students. The quantitative instruments included Torrance test and academic achievement analysis (students' grades).

PARTICIPANTS RESEARCH PROCESS AND PARTICIPANTS' GROUPS

The specific group of participants to be focused on during this research consists of less than half of "Al Irfane" (middle school) students (the maximum number being over 365), apparently due to the fact that this study took place near to the end of the school year (March through June).

The program is built on the basis of several arts mainly, but not limited to: dance, drama, arts plastic, music…

The inclusion of certain art forms and the exclusion of others could be explained basing on different literature reviews. For what counts as 'art' is too often taken for granted in writing about education. Literature, film, and different types of media can all lay claim to being considered 'arts'. Languages as a subject can be viewed differently as a humanities or arts subject (Abbs, 1983). A key practical factor in selecting subjects to discuss and analyze in this research is of course the national curriculum and the theoretical foundations. But even here the choice is not straightforward: drama is embedded within the English, French and Arabic orders; plastic art is referred to as 'art and design' but design also appears in technology; dance appears within physical education.

For example, theories of representation, form, expression and intuition associated with writers like Clive Bell, Robin Collingwood, Leo Tolstoy and Benedetto Croce can be interpreted as attempts to encapsulate precisely what art is.

The Gulbenkian report (Gulbenkian, 1982) identified the arts as dance, drama, music, visual arts and literature. The Ofsted publication 'The Arts Inspected' (1998) chose art, dance, drama and music for their report;

These four elements were chosen to be studied in this research because founded as key arts in the majority of the publication of the education field.

The program covered a period of 12 weeks, and each week is dedicated to a single activity (except the last four weeks dedicated to two activities only)

Each week is divided into one hour of preparation for each subgroup dependently on their time to prepare the activities of the week, followed by a comprehensive 3-hour session (Friday afternoon from 15h to 18h) for all subgroups (together make the experimental group) to finalize and present activity.

Therefore, about 150 adolescents have already participated in the full range of activities / programs for this school year, but the analysis of this study excluded a large number of students according to the criteria of presence (during all activities), to participation by completing correctly surveys and tests and considering the received data from the establishment administration.

The research group (to analyze) consists of two equals assemblies: The Control Group (CG: 78) and the Experimental Group (EG: 78), each one, therefore, is made up of a mix of first, second and third graders (35 first graders, 33 second graders and 10 third graders), age between eleven and seventeen.

The experimental group is composed by students who participated voluntarily in all program's steps, and the control one is chosen from students who never participated in activities and seem to have relatively the same socioeconomic backgrounds, the same gender and age, and the same level of academic achievement.

All participants are Moroccans of modest to low economic means. All of the them spoke French as a second language, have an average academic level, but none of the participants had ever taken part in an arts class program (outside the middle school) before this experience.

FINDINGS

The results of the test were constructed according to the standard scoring system provided in the TTCT Scoring Guide (Torrance, et al., 2008). The raw data of the scoring results were entered into numeric spreadsheet. Results are presented as group totals. The reason for this is simply that although individual scores are important and can provide information to be used in future research, they have no direct relevance on the current research first question. The group totals for the both administered tests (pre-ETAP ATTCT and post-ETAP ATTCT) are presented in Graph as follow:

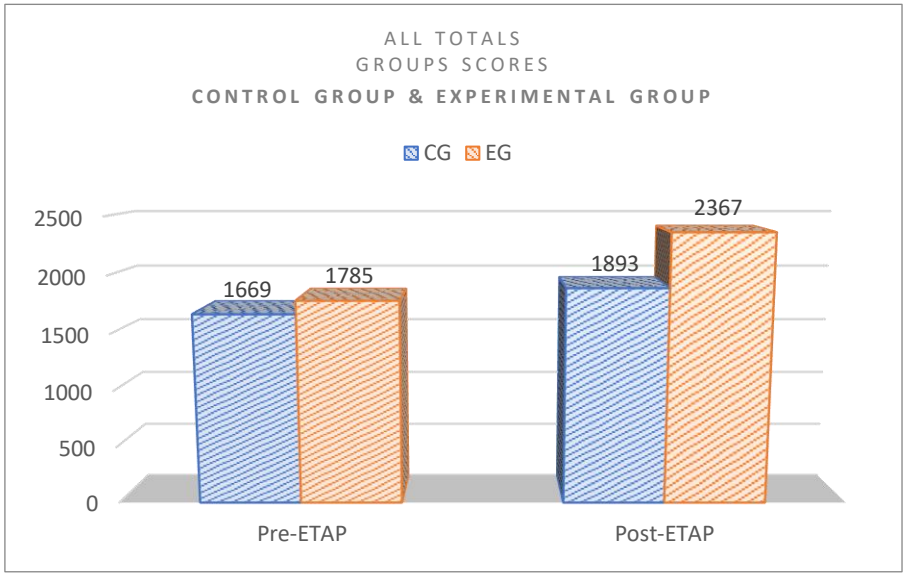


Fig. 1. ALL Totals Group Scores of adapted Torrance Tests

The above show an overall Experimental group (EG) improvement of creativity of 582 points (out of a possible total of 4758 points) or 12.23%, but also a Control Group (CG) improvement of creativity of 224 or 4.70%. Although it is not an overwhelming improvement presenting by the difference value 7.53% (12.23-4.70), it does indicate a marginal development of creativity levels after the Education Through Arts Program (ETAP). The scores were supplementary broken down into two sets, one for the creative abilities, and one for the creative strengths.

The first set of scores to be treated is on creative abilities. Fluency, originality and elaboration all score roughly the same. Points are given out of a possible score per ability and calculated for each group (CG & EG) as totals and percentages (multiplied by the number of students in each group = 78). Abstractness of title and resistance of premature closure are also scored similarly. A possible group total of creative abilities is 4056 points).

Graph 2 shows the total group scores for creative abilities for both CG and EG before and after ETAP:

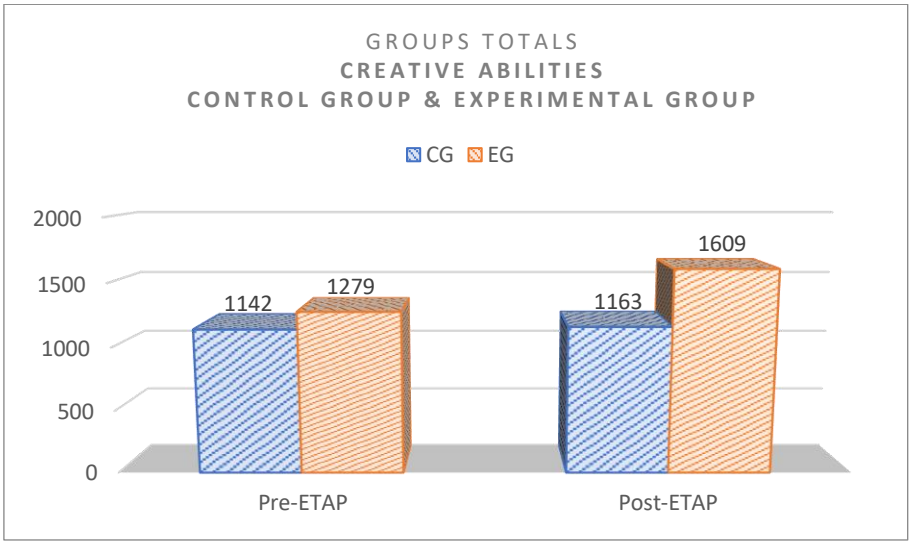


Fig. 2. Totals Groups Scores of Creative Abilities

As can be seen, the difference between the two tests, before and after the art activities, show a slight overall improvement in creative abilities (330 points or 8.13% for EG and 22 points or 0.51% for CG).

These results were also broken down per creative ability. Graph 3 shows raw scores of fluency. Scores improved by 71 points (or 5.69%) for EG and decreased by 28 points (or -2.24%) for CG as follow:

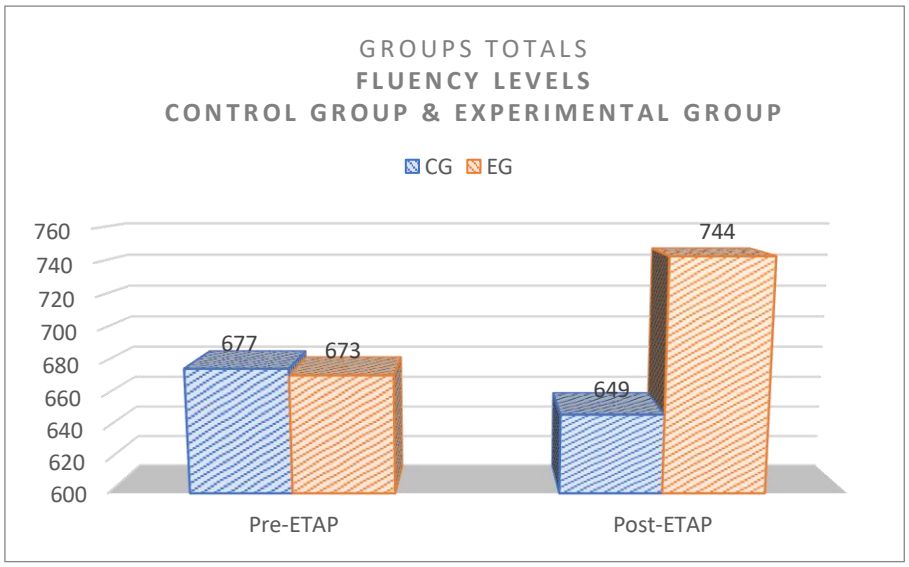


Fig. 3. Totals Groups Scores of Fluency Levels

Figure 4 shows originality scores between the two groups CG and EG before and after ETAP. Originality scored relatively higher in EG results, 71 points (or 5.69%) and slightly lower in CG results, 28 points (or -2.24%).

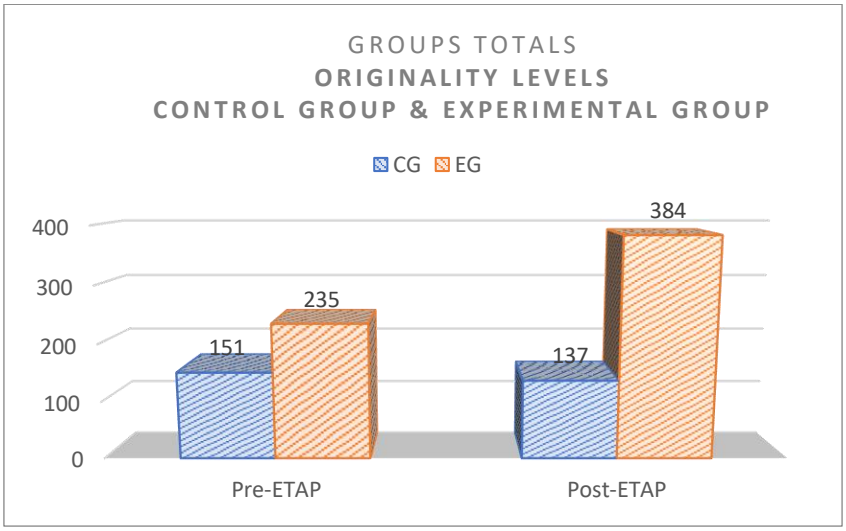


Fig. 4. Totals Groups Scores of Originality Levels

Results of elaboration scores are presented on Graph 5. Elaboration scored slightly higher for both groups. The scores of EG differed 45 points, or 3.60% while CG differed 22 points, or 1.76%.

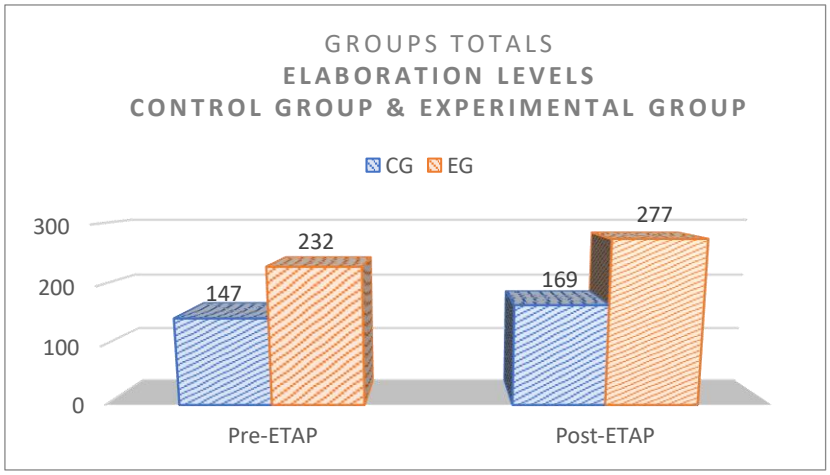


Fig. 5. Totals Groups Scores of Elaboration Levels

Figure 6 shows graphically the scores for abstractness of titles. As can be seen, these scores are quite higher for both groups tests. The scores improved by 17 points (10.90%) and by 44 points (28.20%) between pre-ETAP and post-ETAP tests, which translates to a 17.30% difference in favor of CG (10.90-28.20= -17.30).

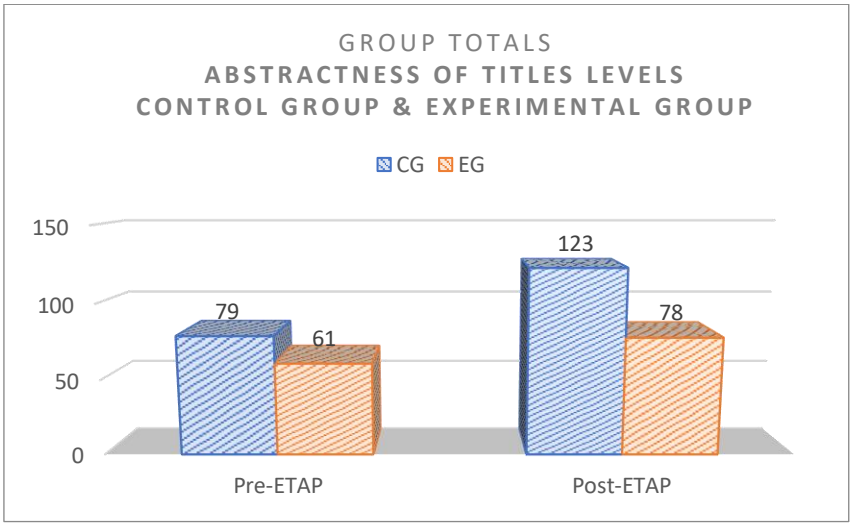


Fig. 6. Totals Groups Scores of Abstractness of Titles Levels

Finally, resistance to premature closure scores, reproduced in Graph 7, improved for EG by 48 points (30.76%) and remained relatively the same between the two tests for CG, -3 points (or -1.92%).

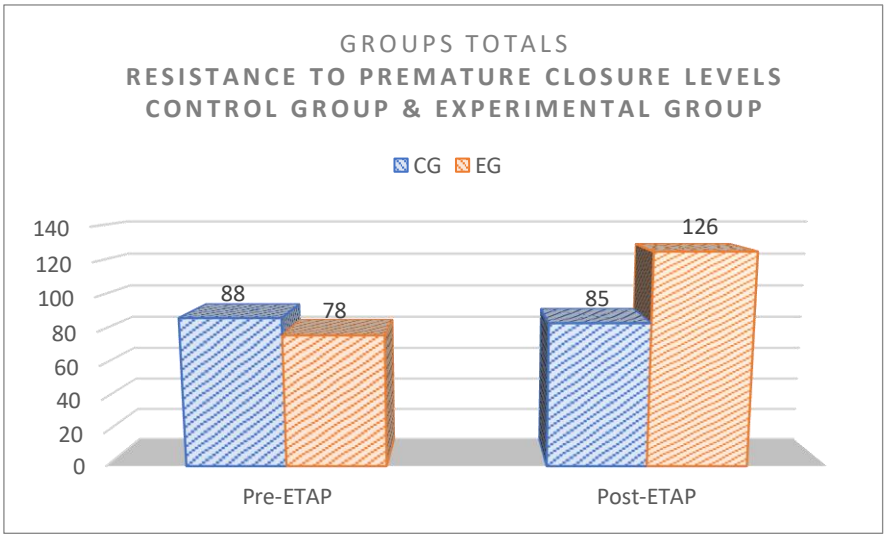


Fig. 7. Totals Groups Scores of Resistance to Premature Closure Levels

Creative strengths are counted differently than creative abilities. Evidence of one or two illustrations of a creative strength indicator within the same response gets one point, three or more instances within a single response scores two points.

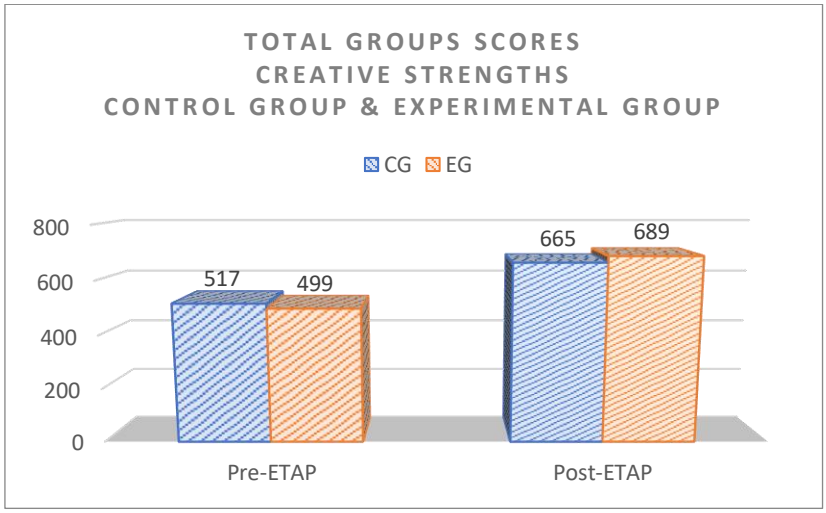


Fig. 8. Totals Groups Scores of Creative Strengths

As shown in this 8th figure, here too, a slight increase in creative strengths is revealed between pre-ETAP test taken at the beginning of the research period, and post-ETAP test, taken at the end. Total EG points increased by 190 or 27.06% against 148 or 21.05% for CG.

The detailed creative strengths scores are shown by 13 sets in below (graphs 9). Since creative strengths scored extremely low in some sets, percentages included with these scores are consequently lower.

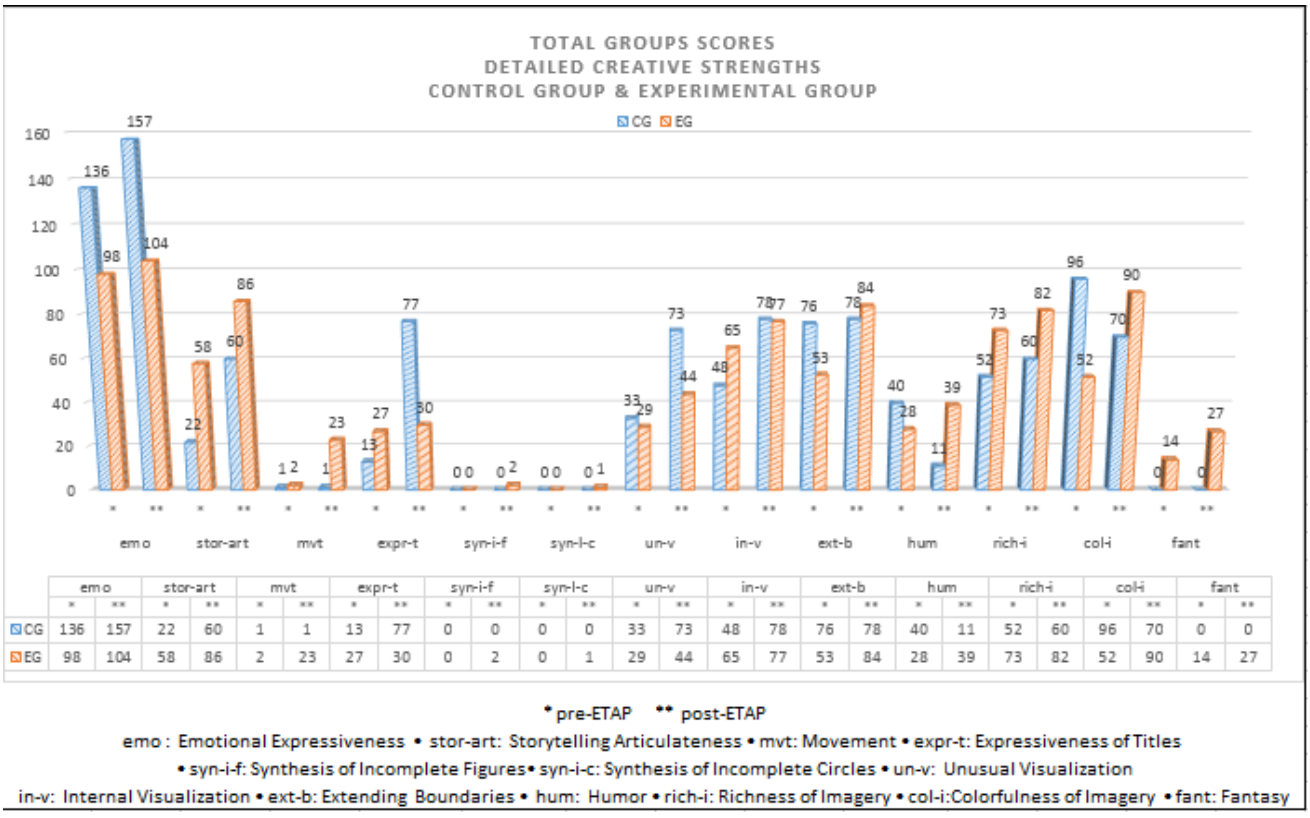


Fig. 9. Totals Groups Scores of Detailed Creative Strengths

In this last figure (9) it can be seen that emotional expressiveness increased by 6 points between the two tests for EG against 21 points for CG. 28 points in storytelling articulateness were recorded in EG results while CG results shown 38 points of positive difference.

Movement or action – shows in EG an increase of 22 points, and maintained in value of one for CG, while expressiveness of titles released 4 positive points between tests against a high increase of CG results of 64 points.

Synthesis of incomplete figures and synthesis of line of circles both went up a point and two points for EG and maintained 0 value between the tests for the control group.

there can be seen that unusual visualization increased by 40 points and 15 points successively by EG and CG. The graph also shows an increase of 30 points (EG) and 12 points (CG) for internal visualization.

The creative strength extending or breaking boundaries grew by 2 points in experimental group results against an increase of 31 points for the second group, while the increase of EG humor (11 points) was recorded against the decrease of CG humor (-29 points).

The richness of imagery shown relatively the same increase between EG (9 points) and CG (8 points), while the graph shows an increase of 9 points (EG) face to a drop from 96 point to 70 points (-26 points in CG results) for colorfulness of Imagery between the two tests. Finally, it can be seen that fantasy improved by 13 points from pre-ETAP to post-ETAP tests in EG against CG scores, in which, no points were counted for use of humor in either the first or the last tests.

The TTCT results show a slight overall improvement in EG creativity levels at the end of the ETAP series. However, when broken down by ability, specific improvements were only found to be notable in the creative ability of fluency and originality. All other creative abilities reflected a status of slight increase or drop relatively to CG scores.

Total scores for EG creative strength also reflect a marginal increase. When broken down, increases were found all of the 13 individual strengths but more importantly in in storytelling articulateness, movement or action, extending and breaking boundaries and colorfulness of imagery, but specifically in humor and fantasy. Other strengths also remained status slightly increased.

While the directly above scores show a marginal increase in global creativity as evaluated in the results of the creative performance (to assess creativity as product), it must be noted that there are some questions as to the validity reliability of these results viewing the higher improvements of creative abilities and strength specifically in the control group as abstractness of titles, expressiveness of titles and unusual visualization with absence of humor and fantasy.

Although the TTCT figural test is theoretically designed for use by ages kindergarten and above. According to the directions manual, if the test is administered according to the instructions and carefully treated, the test scores should be reliable and valid. However, some of the creative strengths (such as synthesis of incomplete lines or circles) tested appeared too far above the developmental levels of this age category, giving the rise to the question as to whether these strengths were in this case reliably represented and tested by the TTCT (or ATTCT in the research case). Also, despite following instructions, the real life circumstances of the test conditions proved to be to a certain degree more difficult to 'control' when administered. Pre-ETAP ATTCT administration seemed to go practically well, in observation, this can possibly be attributed to the newness of test and researcher's instructions. The students completed the test answering in an arranged manner and their motivation and concentration was high. During the administration of last test (after ETAP), however, these conditions were noticeably different: the students were familiar with the test and its expectations; this affected the motivation levels and listening skills of some of the students especially from control group (who could not benefit from artistic activities of ETAP series). They did not actively listen to the researcher's instructions, producing unsuitable answers in some cases. Lower motivation results impatience and affected elaboration levels. From another side, the experimental group students had been working in a group setting for 12 weeks, and to get them to all suddenly work as individuals (during the second ATTCT administration) evidenced difficult. Some of the students were naming their response out loud, or sharing responses to have better scores, which contaminated originality. All this gives rise to the question of validity of the answers of the second test which was -contrarily to expected- positive and confirmed the relationship between the arts and the development of creativity among this age category. As a result of these several problems, it is supposed that the results of the ATTCT should be not considered a completely valid or reliable reflection of the students' true abilities. However, the results of the ATTCT do show an overall improvement in creativity at the end of 12 week arts education product.

In point of fact, seeing the (negative) difference in conditions surrounding the administration of the post-ETAP test, it could be conditional that the scores – had external factors been equal to those surrounding the conditions of the first test – would be higher.

The problems with the results of the TTCT highlight the recognized complexity of creativity and its assessment, and gives more credibility to the definition of creativity as process, reliant on multitude of variable factors. It also emphasizes the requirement for triangulation within this research through multiple methodologies, in order to come to a reliable and valid conclusion in response to the first research question. For all these reasons, the qualitative method was used in this research to balance the questions of reliability in the ATTCT results, through their own independently reached conclusions.

STUDENTS' ACADEMIC ACHIEVEMENT ANALYSIS

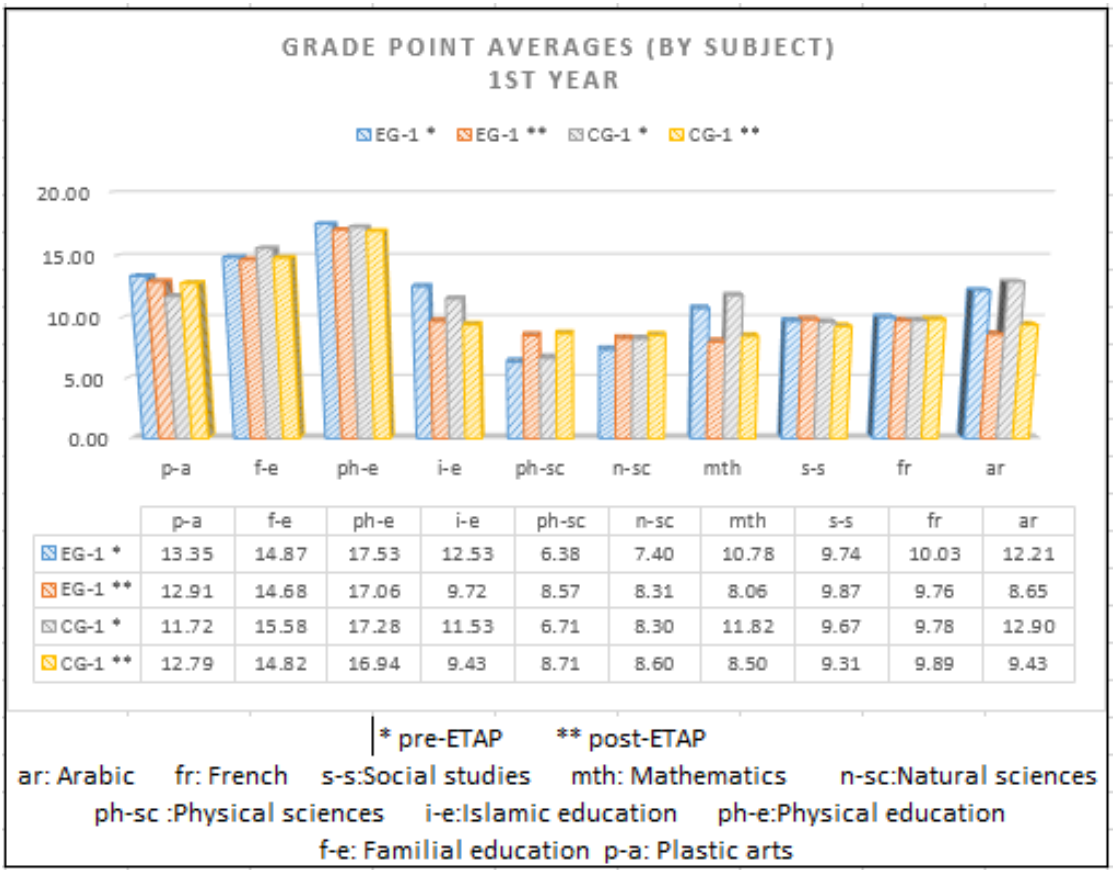
The data collected permitted various individual and group comparisons to be made. However, at the time that consent to take part in the research was acquired at the outset of the study, participants were guaranteed that none of the results would be reported by personal information.

The data were entered into computer files be analyzed and group comparisons were made between those students in the research activities program and those students in the control conditions.

Comparisons were done using simple descriptive statistics and cross-tabulations due to the master research deadline (t-tests and more developed analysis statistical methods should be used in another research next step).

The grades database does not figure in appendices, due to the agreement drawn up between the school administration and researcher.

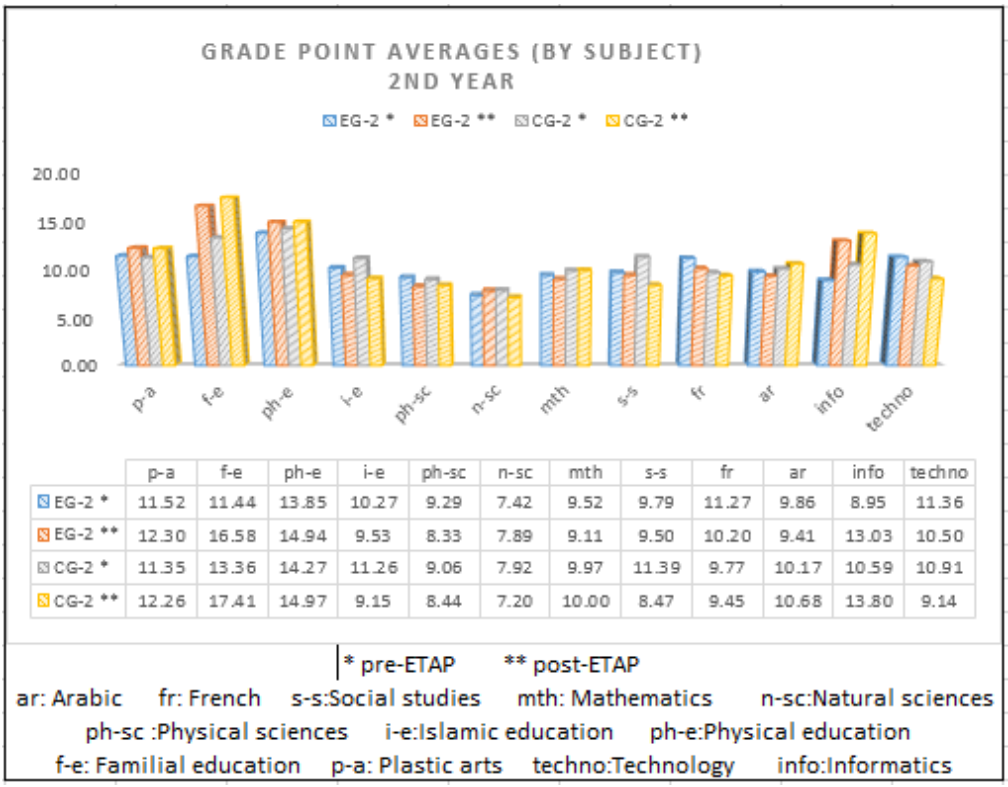
Analysis was done by levels (years) by subjects to highlight any notable change observed between the first (in early March) and the last (in late May) exams, grade point averages were calculated, then, presented in tables and graphs to facilitate the task, as follow:



	p-a	f-e	ph-e	i-e	ph-sc	n-sc	mth	s-s	fr	ar
EG-1 *	13.35	14.87	17.53	12.53	6.38	7.40	10.78	9.74	10.03	12.21
EG-1 **	12.91	14.68	17.06	9.72	8.57	8.31	8.06	9.87	9.76	8.65
CG-1 *	11.72	15.58	17.28	11.53	6.71	8.30	11.82	9.67	9.78	12.90
CG-1 **	12.79	14.82	16.94	9.43	8.71	8.60	8.50	9.31	9.89	9.43

Fig. 10. Grade Point Averages of 1st Year Students

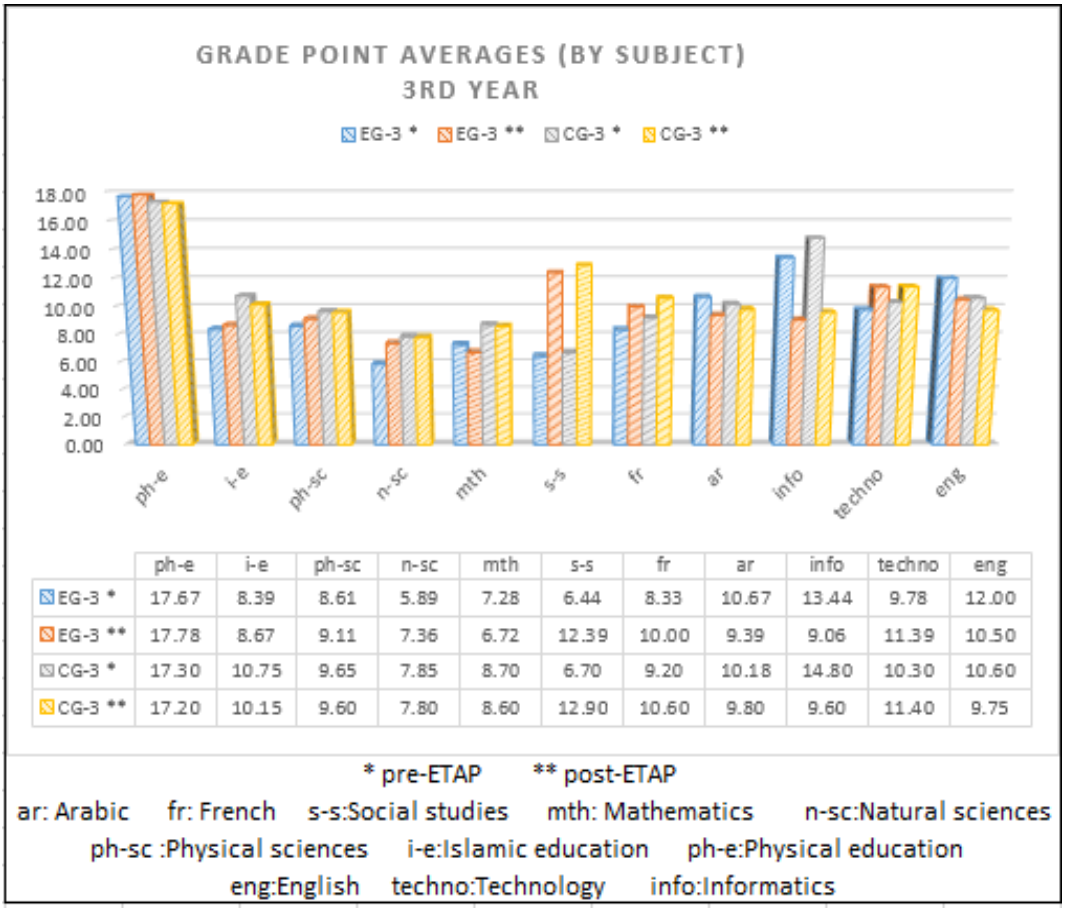
33 students of the first year has benefited from the artistic program, many of them showed good creative strengths and respectable artistic abilities, but unlike this, it is seen that these activities have almost no change in terms of success and academic performance, except a slight increase in the natural sciences. This slight increase - not observed in the control group- cannot, by itself, reflect an effect of using the arts for purely academic achievement goal.



	p-a	f-e	ph-e	i-e	ph-sc	n-sc	mth	s-s	fr	ar	info	techno
EG-2 *	11.52	11.44	13.85	10.27	9.29	7.42	9.52	9.79	11.27	9.86	8.95	11.36
EG-2 **	12.30	16.58	14.94	9.53	8.33	7.89	9.11	9.50	10.20	9.41	13.03	10.50
CG-2 *	11.35	13.36	14.27	11.26	9.06	7.92	9.97	11.39	9.77	10.17	10.59	10.91
CG-2 **	12.26	17.41	14.97	9.15	8.44	7.20	10.00	8.47	9.45	10.68	13.80	9.14

Fig. 11. Grade Point Averages of 2nd Year Students

The grade level that has benefited most from the artistic program of research was that of the second year (with 35 students), that said, nothing was observed as a particular change except increasing the grades of natural sciences, which raises the question of the relationship between artistic program and this matter, and why exactly this matter, but the answer requires at least other correlation statistical analyzes that the duration for the present study and the missing information on this matter and the teacher ways does not allow.



	ph-e	i-e	ph-sc	n-sc	mth	s-s	fr	ar	info	techno	eng
EG-3 *	17.67	8.39	8.61	5.89	7.28	6.44	8.33	10.67	13.44	9.78	12.00
EG-3 **	17.78	8.67	9.11	7.36	6.72	12.39	10.00	9.39	9.06	11.39	10.50
CG-3 *	17.30	10.75	9.65	7.85	8.70	6.70	9.20	10.18	14.80	10.30	10.60
CG-3 **	17.20	10.15	9.60	7.80	8.60	12.90	10.60	9.80	9.60	11.40	9.75

Fig. 12. Grade Point Averages of 3rd Year Students

The students of the third year benefited the least of this artistic program (just 10 students) and their results were stable or with slight changes that may not reflect a true effect of the use of the arts in education.

Unless it should be noted, a slight increase in natural sciences grades of the second control and a good level of physical education and English language scores among students of 3rd year experimental group.

CONCLUSION AND SUGGESTION

When taking all methods of research findings above into final reflection, the conclusive answer to the research question, **"Can creativity be improved through arts in (socioeconomically disadvantaged) middle school?",** can on the whole be answered positively, although not absolutely. Creativity levels were found to be successfully advanced in the experimental group of disadvantaged middle school as a consequence of the arts use in education program they followed. While Torrance testing (done both before and after the ETAP period), showed a notable increase in – at least – levels of fluency and originality among the participating students, the qualitative participatory observation (done during the ETAP) confirmed this effect.

Also, the conclusions of the participatory observation presented improved creativity as a consequence of individual or groups occasions of an efficacious creative process having taken place during the research program period. The second research question, ***"Can this creativity (in case developed by arts use) help adolescents to improve their academic achievement levels?",*** can on the whole be answered negatively, although not unconditionally (considering the exceptional case of natural sciences results which improved relatively for students involved in ETAP activities).

The fact that this research made use of multiple approaches to creativity and multiple research methods demonstrated required due to the concept complexity, but in some regards should perhaps be seen as a double edged sword viewing the findings treatment and analysis difficulty.

Both approaches to creativity - the creative *product* ((Torrance, 1962)) and the creative *process* (Runco & Chand, 1995; Runco, 2003) - are based on the same four indicators: fluency, originality, flexibility, and elaboration (Guilford, 1958; Guilford, as cited in Vincent, et al.,

1950) and as such share the most central scientific foundations, they are in fact moderately different, which makes the alignment of the research results somewhat difficult. Additionally, the different methods do in fact complement and validate each other.

The limits of the qualitative method in effectively quantifying individual factors of creativity are counterbalanced by the statistical quantitative data of certain principal factors.

The triangulation provided by the results of the multiple methods used delivers an independent deduction that serves to support both validity and reliability.

Lastly, the final conclusion of this research may be positive, but the level of this conclusion absoluteness is unfortunately not without some reservation, then more statistical correctional studies should be done, and it is also desirable to investigate more to explore this art impact in various educational conditions.

REFERENCES

[1] Abbs, P. (1983). English within the Arts. A Radical Alternative for English and the Arts in the Curriculum.

[2] Court, A. W. (1998). Improving creativity in engineering design education. *European journal of engineering education, 23* (2), 141-154.

[3] Craft, A. (2003). Creative thinking in the early years of education. *Early Years: An International Journal of Research and Development, 23* (2), 143-154.

[4] Gardner, H. (1999). Intelligence Reframed: Multiple Intelligences For The 21st Century: Basic Books.

[5] Greven, J., & Letschert, J. (2006). Kerndoelen primair onderwijs.

[6] Guilford, J. P. (1968). Intelligence, Creativity, and Their Educational Implications: R. R. Knapp.

[7] Gulbenkian, C. (1982). The Arts in School. *London: Calouste Gulbenkian Foundation*.

[8] Henry, W. (1996). Creative processes in children's musical compositions: A review of the literature. *Update: Applications of Research in Music Education, 15* (1), 10-15.

[9] Kersting, K. (2003). What exactly is creativity. *Monitor on Psychology, 34* (10), 1-40.

[10] Lanier, V. (1955). Creativity: An educational problem. *Art Education, 8* (2), 6-7.

[11] report, A. (December 2014). Implementation of the National Charter for Education and Training 2000-2013; Gains, obstacles and challenges.: The Supreme Education Council.

[12] Robinson, K. (2017). Out of Our Minds: The Power of Being Creative: Wiley.

[13] Torrance, E. P. (1962). *Guiding creative talent*. Englewood Cliffs, NJ, US: Prentice-Hall, Inc.

[14] Webster, P. R. (1987). Conceptual bases for creative thinking in music. *Music and child development,* 158-174.

International Journal of Innovation and Applied Studies
ISSN 2028-9324 Vol. 39 No. 2 Apr. 2023, pp. 986-999
© 2023 Innovative Space of Scientific Research Journals
http://www.ijias.issr-journals.org/

Modélisation d'un système d'information géographique pour une gestion performante d'un réseau moyenne tension par la technique du neutre effectivement mis à la terre

[Modeling a geographical information system for effective management of a medium voltage network using the technique of effectively earthed neutral]

Monkila Nkiwa Barthelemy[1], Muaka Ndombe Makula Justin[2], Jérôme Mwenze Ndala[3], and Teddy Lwamba Muba[4]

[1]Chef de Travaux, Département d'Informatique, Institut Supérieur Pédagogique et Technique de Kinshasa (ISPT-KIN), RD Congo

[2]Professeur Associé, Département d'Informatique, Institut Supérieur Pédagogique et Technique de Kinshasa (ISPT-KIN), RD Congo

[3]Assistant, Département d'Electronique, Institut Supérieur Pédagogique et Technique de Kinshasa (ISPT-KIN), RD Congo

[4]Professeur Associé, Département d'Electricité, Institut Supérieur Pédagogique et Technique de Kinshasa (ISPT-KIN), RD Congo

Copyright © 2023 ISSR Journals. This is an open access article distributed under the ***Creative Commons Attribution License***, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

ABSTRACT: The Geographic Information System today plays a fundamental role in the life of organizations given its direct impact on its strategic and operational areas is built thanks to the contribution of materials provided by three main parameters: digital, electricity and geography, prototype tested at the National Electricity Company of the Democratic Republic of Congo. The advantage of this model is that the data is stored in the server so that the users - customers of the electricity network have access to it with a positive impact not only on the technical and commercial management of sales centers but also on the control system of senior management in real time. The data thus collected in the field made it possible to constitute a database for the operators of the electricity network. The aggregation of the above-mentioned elements has made it possible to develop an effective and efficient geographic information system, therefore efficient, and this by hybridization between database management software, vector drawing and image processing, for decision-making at the level of the company's organizational management system.

KEYWORDS: Remote sensing, topography, database, cartographie, digital, Ease.

RESUME: Le système d'Information Géographique joue aujourd'hui un rôle fondamental dans la vie des organisations vu ses impacts directs sur ses domaines stratégique et opérationnel est construit grâce à l'apport de matériaux fournis par trois principaux paramètres: le numérique, l'électricité et la géographie, prototype expérimenté à la Société Nationale d'Electricité de la République Démocratique du Congo. L'avantage de ce modèle est que les données sont logées dans le serveur pour que les utilisateurs – clients du réseau électrique y aient accès avec incidence positive non seulement sur la gestion technique et commerciale de centres de ventes mais aussi sur le système de pilotage de la haute direction en temps réel. Les données ainsi récoltées sur terrain ont permis de constituer une base des données pour les exploitants du réseau électrique. L'agrégation des éléments ci-haut cités a permis de développer un système d'information géographique efficace et efficient, donc performant et cela par hybridation entre les logiciels de gestion de base des données, le dessin vectoriel et le traitement de l'image, pour une prise de décision au niveau du système de management organisationnel de l'entreprise.

MOTS-CLEFS: Télédétection, topographie, base de données, cartographie, numérique, Ease.

1 INTRODUCTION

Le monde économique contemporain vit l'ère des réformes en cascade. Tous les secteurs sont concernés et celui d'électricité n'est pas épargné. Dans notre étude, il s'agit de doter la Société Nationale d'Electricité, notre champ expérimental, d'un système de gestion de base des données géographique pour raison d'efficacité et d'efficience de son système de pilotage.

La construction de ce modèle a tourné autour de trois composantes, à savoir: le **numérique,** la **géographie** et **l'électricité.** Trois paramètres du numérique qui est la quatrième révolution industrielle ont été associés dont l'informatique, le digital et l'automation. Le deuxième aspect qui

est la géographie fonction avec la topographie, la cartographie, la télédétection [1] et le GPS[1]. Le troisième aspect l'électricité, elle, engrange la production susceptible d'être utilisée par les consommateurs éparpillés sur un espace géographique précis.

Notre question principale dans cette étude est la suivante: **Comment construire un prototype efficace et efficient de gestion de base des données géographiques susceptible de hisser la SNEL SA vers la performance** ? Et comme question subsidiaire, quelle est son incidence sur la structure organico-fonctionnelle de cette entreprise ?

Pour répondre à ces deux préoccupations sus évoquées, la première partie de ce travail sera dédiée aux matériaux de construction du modèle du prototype. Quant à la deuxième partie, elle sera consacrée à la présentation de la nouvelle structure adaptée à la nouvelle donne.

2 CONTEXTE

La mise en œuvre de notre modèle a des incidences réelles non seulement dans l'exploitation du potentiel énergétique très riche de la RDC qui a souscrit aux projets financés par les bailleurs de fonds internationaux tels que la banque mondiale (IDA), union européenne (UE) et banque africaine de développement (BAD) mais aussi au niveau de l'Unité de Coordination et de Management des Projets du Ministère des ressources hydrauliques et de l'électricité (UCM) où a été extrait le projet EASE[2] 2 lot MALT[3]. Ainsi la performance de notre modèle est que qu'il intègre une nouvelle dimension celle d'un système d'information, facteur essentiel dans la gestion moderne de réseau électrique.

La SNEL[4] SA, en tant que société anonyme, est une société des capitaux dont les investisseurs au capital sont des actionnaires. Une société anonyme (SA) est en principe cotée en bourse. Pour cela elle doit avoir au minimum deux actionnaires et au maximum sept: ce qui n'est pas le cas aujourd'hui. Toutefois, elle est dirigée par plusieurs organes dont un conseil d'administration, un comité de gestion, une direction générale et dispose des sièges d'exploitation éparpillés sur l'ensemble du territoire national.

La SNEL SA a gardé son cordon ombilical avec le gouvernement à travers la tutelle technique exercée par le Ministère de l'énergie.

La SNEL SA, dans la Ville-Province de Kinshasa, fonctionne sous forme d'une direction départementale de distribution, en sigle DDK. Celle-ci est déconcentrée sur cinq directions régionales dont DKC[5], DKN[6], DKE[7], DKS[8] et DKO[9]. Elle gère un réseau électrique de 1080 MW

La partie du réseau électrique qui a fait l'objet note étude est celle de la DKO où est expérimentée l'implantation d'un réseau moyenne tension par la technique du neutre effectivement mis à la terre dans le cadre du projet EASE de la banque mondiale avec une incidence positive non seulement sur les consommateurs (fiabilité, régularité et présence constante de l'électricité) mais aussi sur la SNEL SA en termes de recouvrement et de chiffre d'affaires.

La construction du nouveau système d'information part de l'analyse de l'existant de la DKO pour aboutir à la création d'une base de données propre susceptible d'être dispatchée aux différents organes de gestion. Toutefois, pour raison de sécurité un système de redondance a été prévu dont l'emplacement est réservé aux autorités de la SNEL SA.

Pour raison d'efficacité, il a été prévu que le modèle soit adaptable aux **Administrateurs de la base des données,** d'une part et aux **Utilisateurs** d'autre part.

Cette base de données, pour plus de fiabilité et de sécurité a deux sources d'alimentation en énergie électrique, celle propre à la **SNEL SA** et une autre de secours composé d'un **groupe électrogène** (fig 5) et des **panneaux solaires** (fig 6).

3 MODELISATION DU PROTOTYPE DU SIG

Le prototype du modèle de gestion du système d'information géographique proposé comprend quatre dimensions à savoir (fig 1): la dimension topographique [2], le dimension base de données, la dimension cartographique [3] et la dimension langage de programmation avec python [4].

[1] Global Positioning System
[2] Electricity Access Services Expansion ou en français Projet d'Accès et d'Amélioration des Services Electriques
[3] Mise à la terre
[4] Société National d'Electricité Société Anonyme
[5] Direction de Kinshasa Centre
[6] Direction de Kinshasa Nord
[7] Direction de Kinshasa Est
[8] Direction de Kinshasa Sud
[9] Direction de Kinshasa Ouest

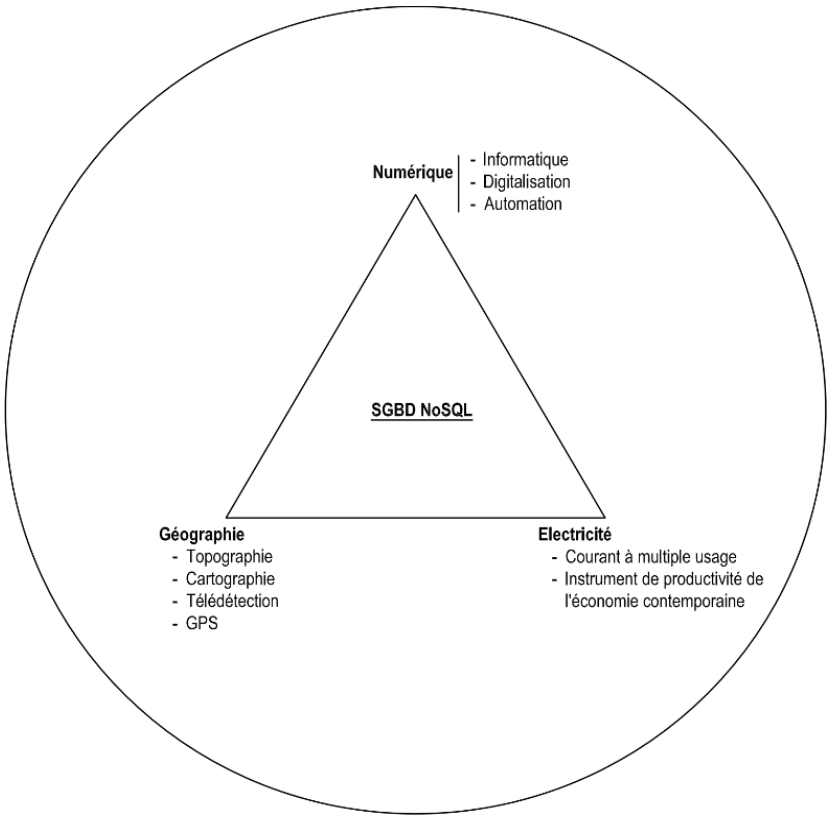


Fig. 1. Modèle du Système d'Information Géographique de la SNEL SA

3.1 DIMENSION TOPOGRAPHIQUE DU PROTOTYPE

3.1.1 PRINCIPE

La topographie est l'ensemble des travaux effectués pour procéder aux relevés métriques nécessaires à l'établissement de cartes et de plans de terrain. D'où la nécessité d'un levé topographique. Celui-ci consiste à collecter des données sur le terrain afin d'en proposer une restitution à l'échelle souhaitée sous forme d'un plan appelé **plan topographique**. Pour ce faire, il est nécessaire d'établir un système de coordonnées tridimensionnel dans lequel seront représentés l'objet ou le terrain relevé. En topographie terrestre, le tachéomètre, le capteur GNSS[10], le lidar statique ou mobile, l'appareil photographique ou l'échosondeur peuvent constituer autant de moyens d'acquisition de données différentes et complémentaires. Dans cette procédure, l'apport du GPS est déterminant dans la mesure où il sert à lever les coordonnées d'un quelconque point sur la terre [5].

Durant cette étape la mesure de la distance entre deux points n'est pas nécessaire à l'exception des coordonnées (x, y, z) d'un point quelconque. Selon le principe du GPS [6], on utilise deux méthodes dont l'une est différentielle et l'autre pseudo différentielle [7].

3.1.1.1 MÉTHODE DIFFÉRENTIELLE

Le système GPS d'origine américaine [8] (USA) est commercialisé avec un dérèglement pour erroné les mesures pour il faut quelques mesures de précaution avant l'utilisation. On a donc imaginé la procédure suivante pour pallier ce mauvais calibrage:

Etape 1: On place un récepteur à un point connu avec grande précision (par des moyens géodésiques conventionnels, ou en mesurant les coordonnées de ce point pendant un laps de temps assez long et en traitant ces données après à l'aide d'un ordinateur);

Etape 2: On raccorde à ce récepteur un émetteur radio qui envoie la position mesurée;

Etape 3: Le mobile à situer possède lui aussi un récepteur GPS, mais dispose en plus d'un récepteur radio et d'un calculateur;

[10] Géolocalisation et Navigation par un Système de Satellites

Etape 4: Le calculateur récupère les données fournies par les deux GPS, et, connaissant la position réelle du GPS de référence, il en déduit une erreur;

Etape 5: Cette erreur sert ensuite à corriger la position du mobile donnée par le GPS.

3.1.1.2 LE MODE PSEUDO DIFFÉRENTIEL

Le système différentiel a l'inconvénient de demander une position de référence précise et bien définie ce qui implique que tout déplacement de la référence doit faire l'objet d'un nouveau levé géodésique.

Pour les projets où la position géodésique exacte n'a pas d'importance, on peut procéder de la façon suivante:

Etape 1: On place le GPS de référence à un point que l'on définit comme référence mais dont on ne connaît pas la position exacte;

Etape 2: Le second GPS est équipé du calculateur et du récepteur radio;

Etape 3: Le calculateur n'effectue plus une correction d'après une valeur absolue mais mesure simplement le déplacement d'un GPS par rapport à l'autre (soustraction de position).

On a donc en sortie du calculateur une position donnée, liée aux repères géodésiques locaux. L'erreur est aussi compensée puisque les 2 positions sont entachées de la même erreur, offset élimé lors de la soustraction.

Ce système est ainsi souple puisqu'il ne nécessite pas de position formelle.

Le topographe est un spécialiste des mesures de terrain. Sa présence est indispensable sur les chantiers de grandes envergures. Faire recours à un topographe sur un chantier c'est consulter un spécialiste du domaine. Il intervient avant, au cours et à la fin du chantier (fig 4).

3.1.2 RÉSULTAT

L'application du principe décrit ci-dessus a permis d'obtenir le résultat présenté dans le tableau ci-dessous:

Tableau 1. Coordonnées cartésiennes de quelques cabines du projet EASE Lot 2 MALT

N°	Poche Noire 7			
	Poteau -Identification	Nom du poteau	Coordonnée en X (en mètre)	Coordonnée en Y (en mètre)
1	PRO0141	PPRO 7-6	524176.5323	9501732.3854
2	PPRO0319	PPRO 7-2	524679.8683	9501367.3751
3	PRO0524	PPRO 7-7	524311.0747	9501452.9300
4	PRO0443	PPRO 7-3	525060.8705	9501131.5640
5	PRO0477	PPRO 7-4	524935.7804	9500934.0073
	Poche Noire 8			
6	PRO0072	PPRO 8-1	523099.6031	9501275.5913
7	PRO0001	PPRO 8-5	523072.2887	9501715.2299
8	PRO0855	PPRO 8-4	523081.4880	9501785.2878
9	PRO0767	PPRO 8-2	523223.4690	9501765.1198
10	PRO0804	PPRO 8-3	523389.2881	9501866.9839
	Poche Noire 9			
11	PRO0779	PPRO 9-1'	521566.0147	9504353.2203
12	PRO0820	PPRO 9-2'	521333.2276	9504428.3804
13	PRO0840	PPRO 9-3'	521231.4666	9504399.4341
14	PRO0020	PPRO 9-13/3	521784.1536	9504402.2938
15	PRO0754	PPRO 9-9'	521462.1820	9504272.7484
16	PRO0020	PPRO 9-13/2	521801.4990	9504297.2885
17	PRO0738	PPRO 9-4'	521600.0245	9504202.9713
18	PRO0337	PPRO 9-8'	521557.1179	9504134.2403
19	PRO0350	PPRO 9-13/4	521784.0038	9504183.3216
20	PRO0572	PPRO 9-6'	521761.3000	9503646.7000
21	PRO0331	PPRO 9-13/1	521804.3629	9503822.1706
22	PRO0524	PPRO 9-5'	522114.5268	9503622.7383
23	PRO0929	PPRO 9-7'	522061.6318	9503788.3537

	Poche Noire 11			
24	PRO0513	PPRO 11-3	526730.5347	9505095.3936
25	PRO0522	PPRO 11-2	526895.5072	9505019.6193
26	PRO0563	PPRO 11-4	527070.2661	9505172.2340
27	PRO0597	PPRO 11-5	527128.9979	9504880.5447
28	PRO0546	PPRO 11-1	527049.2157	9504936.9867

Commentaire:

L'usage de GPS a permis au topographe de déterminer avec précision les 28 lieux de pose de cabines électriques de poches noires 7 (5 points), 8 (5 points), 9 (13 points) et 11 (5 points) en indiquant les coordonnées (x, y) en mètre.

3.1.3 IMPORTANCE DES COORDONNÉES RELEVÉES POUR LE TOPOGRAPHE

Avant le début du chantier, le topographe a pour rôle de prendre des relevés métriques afin de connaître les limites du terrain à exploiter. Il permet de définir le bornage (piquetage) et les limites juridiques du terrain sur lequel doit se réaliser la construction de la ligne électrique. Cette étape du travail peut se faire au bureau dans un premier temps puis sur le terrain.

Au bureau, le topographe peut se servir des cartes détaillées, d'un dossier de demande d'appel d'offre et de tout autre type de plans existants pour identifier le terrain sur lequel la construction doit s'établir. Après avoir fait ce travail, il peut se rendre sur le terrain pour faire la reconnaissance réelle des mesures des cartes.

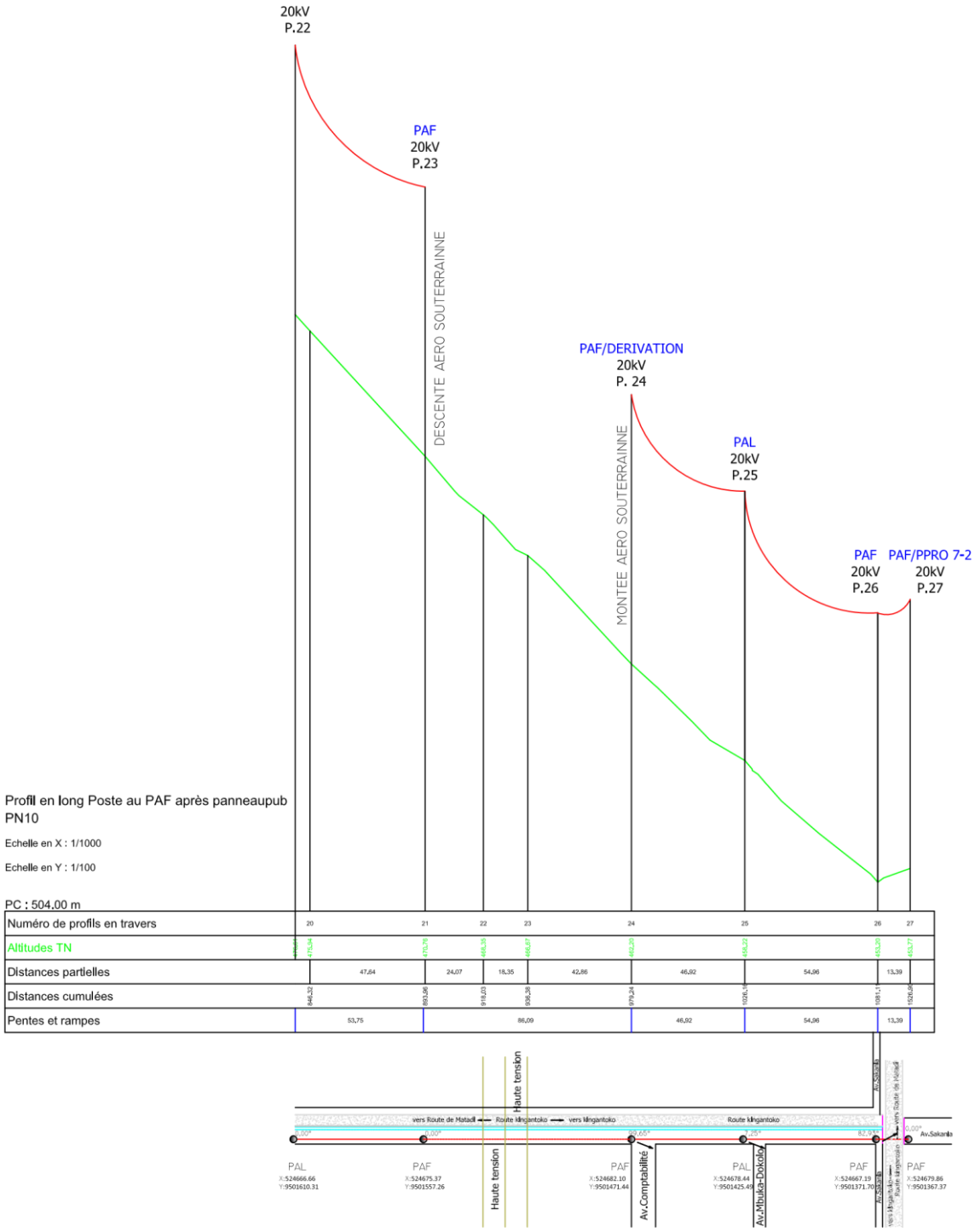


Fig. 2. Une partie du profil en long

Au cours du chantier, le topographe réalise la phase d'implantation. Elle consiste à reporter de manière physique sur le terrain toutes les mesures prises au préalable sur les cartes. Le topographe dans ce cas suit le chantier et s'assure que les mesures sont respectées. Il permet aussi à l'équipe de constructeurs de ne pas dépasser les limites du terrain et de ne pas entrer sur les propriétés d'autrui (tableau 1).

A la livraison du chantier, le topographe réalise la phase du recollement (les plans asbuilt). Elle consiste à s'assurer que la construction réalisée ou le chantier livré est une copie conforme du projet de départ. Il s'agit ici en de comparer ce qui est fait de ce qui a été prévu. Le topographe intervient aussi sur le long terme pour ce qu'on appelle de l'auscultation. Cela consiste à observer les constructions dans leur évolution, dans leur mouvement et de noter les possibles déformations qu'elles peuvent subir.

Pour réaliser les relevés métriques, le topographe se sert de différents appareils et outils de plus en plus modernes de nos jours. Pour prendre les mesures sur le terrain, le topographe se sert d'une station totale qui facilite le travail. Elle prend les mesures en incluant les angles et les distances d'un point à un autre sur le terrain. Il faut préciser que de nos jours les outils du topographe sont de plus en plus robotisés. Ils représentent 80 % du chantier.

3.2 DIMENSION BASE DES DONNÉES DU PROTOTYPE [9], [2]

Les objectifs poursuivis à travers l'élaboration de la base de données géospatiales sont de (fig 4):

- Disposer d'une cartographie dynamique et de statistiques officielles, fiables, uniformisées et à jour du réseau électrique de villes desservie par la SNEL SA [10] sur l'ensemble du territoire national congolais;
- Conception d'une base de données MongoDB [11] orientée documents couplant les données géométriques des différentes infrastructures du réseau électrique sur un noyau relié à un Système d'Information Géographique.

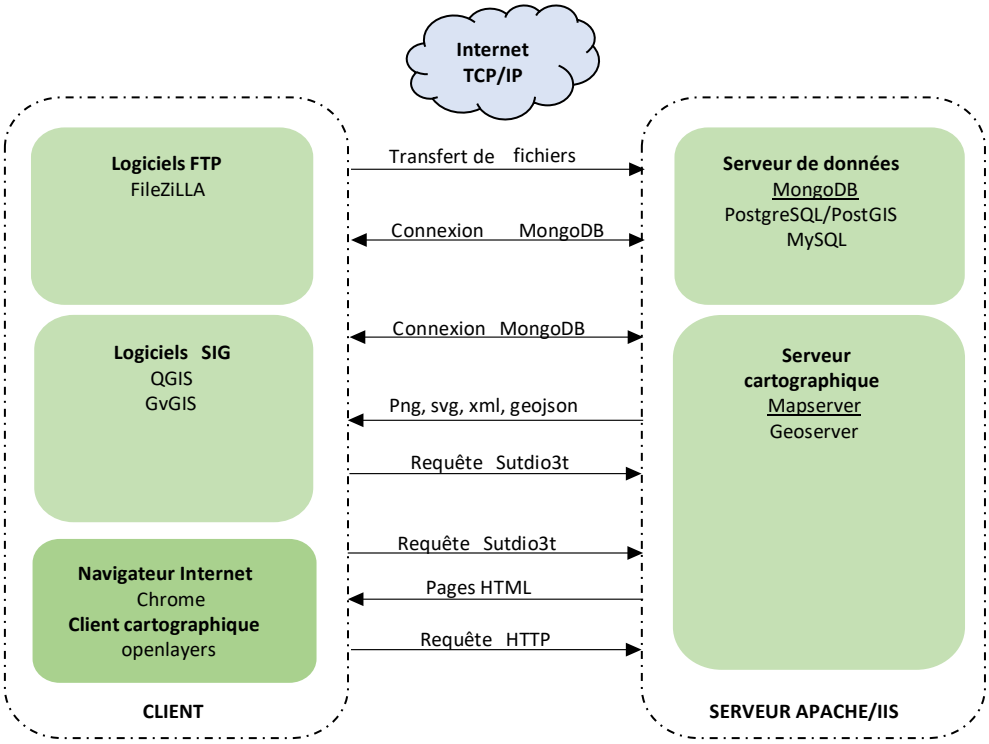


Fig. 3. Modèle de déploiement et de fonctionnement des serveurs

Commentaire:

La base de données fonctionne selon le mode client-serveur [12]. En effet la base de données à plusieurs utilisateurs et chacun peut se connecter à la base de données de n'importe quel endroit où il se trouve sur la surface de la terre.

3.3 DIMENSION CARTOGRAPHIQUE DU PROTOTYPE

DÉPLOIEMENT DE LA BASE DE DONNÉES DANS LES SERVEURS [13]

La base de données est déployée dans les serveurs appropriés dont un serveur de données, un serveur cartographique et un serveur web. Des solutions techniques reposant sur des logiciels à code ouvert et sous licence libre sont utilisables (figs 3 et 4).

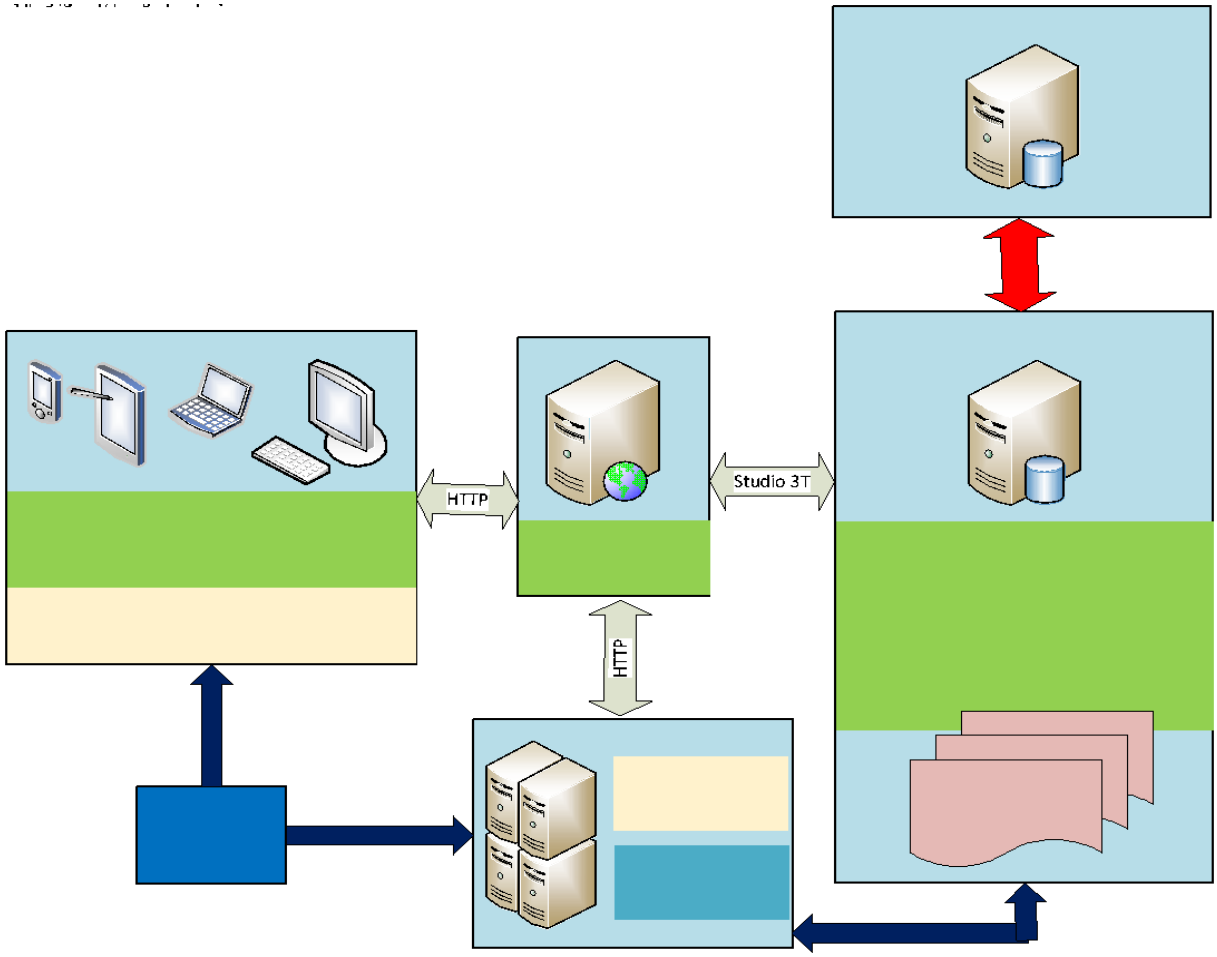


Fig. 4. Schéma de déploiement de la base de données de la DKO de la SNEL SA

Commentaire:

Dans notre modèle, nous avons opté pour les solutions informatiques suivantes avec objectif précis:

- PostgreSQL/PostGIS, MongoDB pour la gestion des données;
- MapServer, Autodesk MapGuide ou encore Geoserveur pour la gestion des cartes;
- Apache ou IIS pour le web.

DÉFINITION ET IDENTIFICATION DES ACTEURS

Les serveurs de base de données (fig 3) sont utilisés pour stocker, récupérer et gérer des données dans des bases de données. Il est également utilisé pour gérer les mises à jour des données. Cela permet à plusieurs serveurs Web et utilisateurs d'accéder simultanément à cette base de données. En contrepartie, la sécurité et l'intégrité des données – présentées en millions d'éléments auxquels des milliers d'utilisateurs peuvent accéder simultanément - sont garanties [14].

En plus de ces fonctions de base, le logiciel de serveur de base de données fournit des outils qui rendent l'administration de la base de données simple et rapide, tels que l'exportation de données, la configuration de l'accès des utilisateurs et la sécurisation des bases de données.

Selon le contexte, le terme **serveur de base de données** (fig 3) peut faire référence au matériel et aux logiciels utilisés pour exécuter les bases de données. En tant que logiciel, le serveur de base de données est la partie principale de l'application de base de données et suit le modèle client-serveur traditionnel. Dans notre modèle, les serveurs de base de données sont des ordinateurs dédiés haut de gamme et performant qui hébergent des bases de données.

Une base **de données** (appelée BDD pour plus de simplicité) est une collection d'informations organisées de manière à faciliter la recherche, la gestion et la mise à jour. Dans cette base de données, les données sont organisées en lignes, colonnes et tables.

Il est indexé afin que les logiciels informatiques puissent facilement trouver l'information qu'ils recherchent. Les données sont mises à jour et parfois supprimées au fur et à mesure que de nouvelles informations sont ajoutées (fig 3).

Dans notre modèle, les bases de données NoSQL [15] sont choisies pour les grandes quantités d'informations qu'elles peuvent contenir comme celles que regorgent le réseau électrique de la SNEL SA. En effet, les bases de données relationnelles n'ont pas été conçues pour le Big Data et des problèmes de performances peuvent survenir si l'ensemble de données est trop volumineux. Les bases de données NoSQL sont idéales lorsque les entreprises doivent analyser de grandes quantités de données non structurées ou de données stockées sur plusieurs serveurs cloud virtuels. Avec l'avènement du big data, les bases de données NoSQL sont de plus en plus utilisées.

La **redondance** est une duplication d'un élément nécessaire au fonctionnement normal d'un système informatique pour compenser la défaillance éventuelle de cet élément, assurant ainsi la continuité des fonctions informatiques essentielles, illustré par la fig 3 ci-haut présenté.

Un **administrateur de base de données** est le responsable de la maintenance d'un tel environnement. Conception du système, mise en œuvre, maintenance, création de règles. Une formation par compétence des employés à la gestion et à l'utilisation de la base de données s'avère nécessaire. Le prototype est présenté à la fig 3 ci-dessus.

Les DBA ont généralement une formation en informatique et une expérience pratique avec une ou plusieurs bases de données. Ils doivent également avoir de l'expérience avec les principaux produits informatiques de gestion de bases de données tels que SQL, SAP et Oracle.

Le modèle permet aux utilisateurs d'accéder facilement et en sécurité à la base de données sur Internet. Les bases de données sont utilisées par une grande variété d'industries (finance, assurance, gouvernement, médias, écoles, électrique) à des fins diverses (gestion des stocks, gestion des ressources humaines, contrôle de la production [16], comptabilité, facturation).

Bref, la base de données d'aujourd'hui apparaît comme un outil indispensable non seulement pour la généralisation de l'information, mais aussi pour sa simplicité d'utilisation et sa simultanéité. Ces types de conteneurs de données sont une source inépuisable d'informations grâce aux outils informatiques qui les mettent à la disposition des utilisateurs pour la prise de décisions.

FONCTIONNEMENT

La base de données doit être disponible à tout moment et pour éviter l'interruption de service en cas de coupure de la source principale (**SNEL SA**), certaines alimentations sont connectées à un système de secours pour assurer la continuité de service.

Cette alimentation de secours est composée de:

- **Groupe électrogène [17]**

Un groupe électrogène est un système autonome capable de produire de l'électricité. La plupart des groupes électrogènes sont constitués d'un moteur thermique qui entraîne un alternateur (figs 4 et 5). Leur taille et leur poids varient de quelques kilogrammes à plusieurs dizaines de tonnes. La puissance du générateur est exprimée en VA, kVA (kilovolt ampères) ou MVA (mégavolt ampères), selon la puissance. Les agrégats les plus puissants sont entraînés par des turbines à gaz ou de gros moteurs diesel [18].

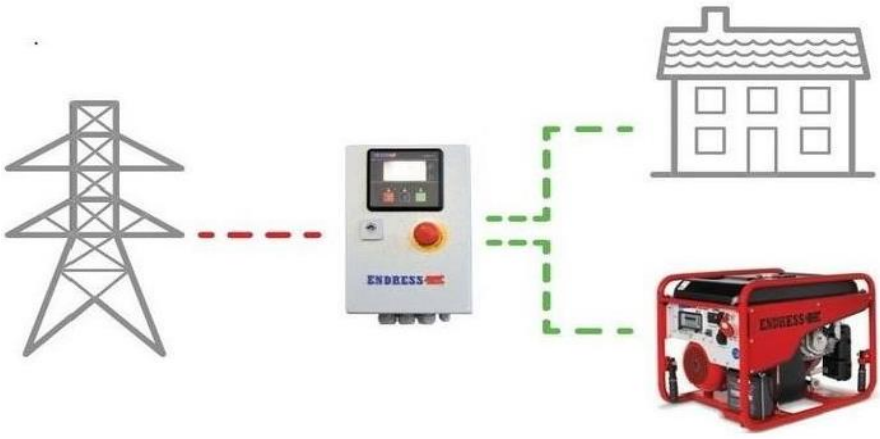


Fig. 5. En cas de coupure du réseau électrique (SNEL): Le groupe électrogène est démarré à la main

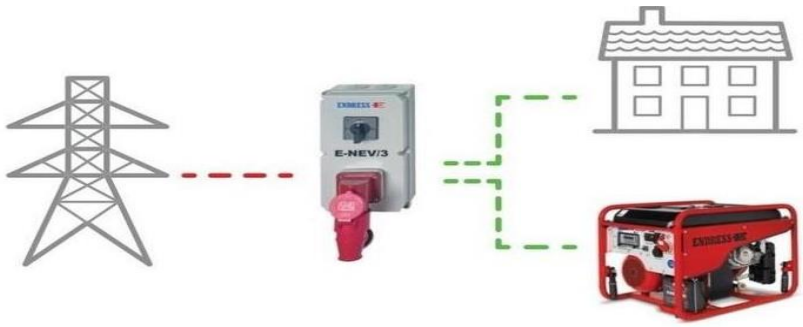


Fig. 6. En cas de coupure du réseau électrique (SNEL): Le groupe électrogène démarre automatiquement

- **Kits solaires**

Autonomes permettent l'alimentation et la production d'électricité dans des lieux isolés non connectés au réseau électrique public. Bien entendu, un kit solaire signifie que la source d'énergie provient de l'énergie solaire, dite énergie renouvelable. Il s'agit en fait de panneaux solaires photovoltaïques. C'est un kit solaire "autonome" car il fonctionne de manière totalement autonome sans avoir à dépendre du réseau électrique public (fig 6).

Ces systèmes photovoltaïques ont des performances différentes telles que [19]:

- ✓ Un panneau solaire de 230V pour générer plus d'énergie;
- ✓ Un kit solaire de 400V pour alimenter une structure plus imposante.

Produire de l'énergie électrique à l'aide d'un système solaire est une solution durable et respectueuse de l'environnement qui peut réduire votre facture d'électricité.



Fig. 7. Tour global d'une installation solaire autonome avec un régulateur MPPT

Légende:

1. Panneau solaire; 2. Batterie; 3. Régulateur MPPT; 4. Onduleur.

Un régulateur MPPT ou Maximum Power Point Tracking (traduction française = " recherche du point de puissance maximum ") est un convertisseur électronique DC/AC (courant continu vers courant alternatif) qui optimise en permanence les paramètres électriques de fonctionnement entre les trois systèmes suivants:

- Le système photovoltaïque (constitué d'un ou plusieurs panneaux solaires);
- Le dispositif batterie (composé d'une ou plusieurs batteries);
- Les applications utilisant l'énergie (moteur, pompe, ordinateur, éclairage et réfrigérateur).

Ces régulateurs peuvent aussi être appelés " Power Trackers", appellation à ne pas confondre avec le terme " Panel Trackers " qui désigne un système mécanique mobile destiné à recevoir des panneaux solaires et capable de suivre la course du soleil (principe du tournesol).

3.4 DIMENSION LANGAGE DE PROGRAMMATION DU PROTOTYPE AVEC PYTHON [20]

3.4.1 ORIGINE DU LANGAGE DE PROGRAMMATION PHYTON

Créé en 1991, le langage de programmation Python apparu à l'époque comme une façon d'automatiser les éléments les plus ennuyeux de l'écriture de scripts ou de réaliser rapidement des prototypes d'applications.

Depuis quelques années, toutefois, ce langage de programmation s'est hissé parmi les plus utilisés dans le domaine du développement de logiciels, de gestion d'infrastructure et d'analyse de données

3.4.2 LANGAGE PYTHON

Python est un langage de programmation open source créé par le **programmeur Guido van Rossum** en 1991. Il tire son nom de l'émission Monty Python's Flying Circus.

Il s'agit d'un langage de programmation interprété, qui ne nécessite donc pas d'être compilé pour fonctionner. Un programme " interpréteur " permet d'exécuter le code Python sur n'importe quel ordinateur. Ceci permet de voir rapidement les résultats d'un changement dans le code. En revanche, ceci rend ce langage plus lent qu'un langage compilé comme le **C**.

En tant que langage de programmation de haut niveau, Python permet aux programmeurs de se focaliser sur ce qu'ils font plutôt que sur la façon dont ils le font. Ainsi, écrire des programmes prend moins de temps que dans un autre langage. Il s'agit d'un langage idéal pour les débutants (fig 4).

3.4.3 AVANTAGES DU LANGAGE PYTHON

Le langage Python doit sa popularité à plusieurs avantages qui profitent aussi bien aux débutants qu'aux experts. Tout d'abord, il est **facile à apprendre et à utiliser**. Ses caractéristiques sont peu nombreuses, ce qui permet de créer des programmes rapidement et avec peu d'efforts. De plus, sa syntaxe est conçue pour être lisible et directe.

Un autre avantage du Python est sa popularité. Ce langage **fonctionne sur tous les principaux systèmes d'exploitation** et plateformes informatiques. De plus, même s'il ne s'agit clairement pas du langage le plus rapide, il compense sa lenteur par sa versatilité.

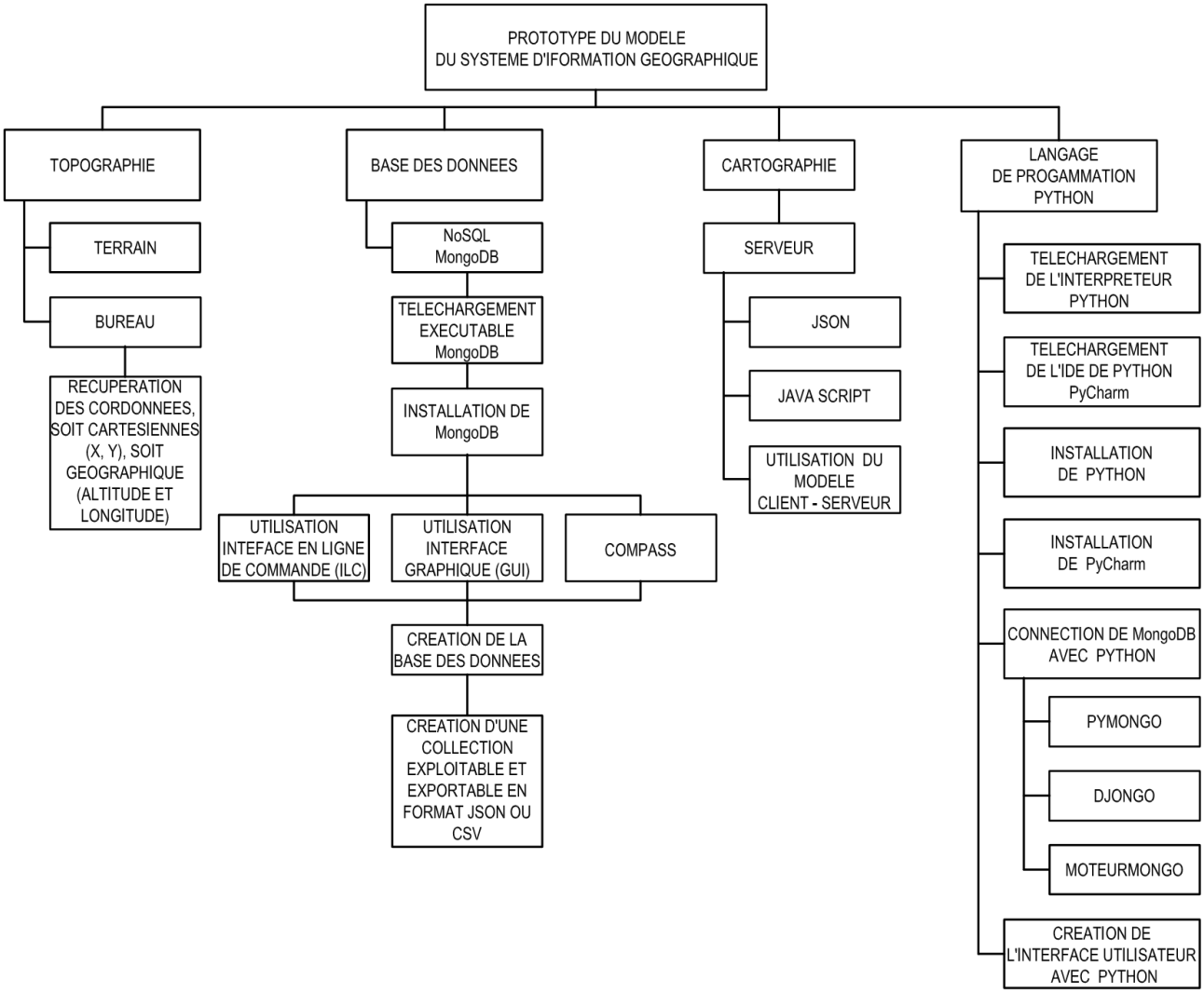


Fig. 8. Procédure de prototypage du Modèle du SIG de SNEL SA

Enfin, même s'il est principalement utilisé pour le Scripting et l'automatisation, ce langage est aussi utilisé pour **créer des logiciels de qualité professionnelle**. Qu'il s'agisse d'applications ou de services Web, le Python est utilisé par un grand nombre de développeurs pour créer des logiciels.

La dimension **topographique,** qui est la première, part des levées topographiques de terrain avec des appareils appropriés notamment une station totale et un GPS différentiel. Ces appareils topographiques, ramenés au bureau, sont connectés à l'ordinateur pour extraire les données. Celles-ci servent à produire les cordonnées cartésiennes (X et Y) (tableau 1) ou géographiques (longitude et latitude) suivant le besoin d'information nécessaire au décideur. La deuxième dimension, celle de **base des données,** se fonde sur le système de gestion de base des données NoSQL avec MongoDB qui peut s'installer soit en utilisant l'interface en ligne (ILC), soit par l'interface graphique (GUI) ou par Compass. Leur combinaison a permis de déboucher à la création d'une collection exploitable en format JSON, lisible sur un serveur cartographique. A la troisième dimension, celle **cartographique,** qui fonctionne en mode client-serveur utilise le langage de programmation Python pour la communication de ces deux acteurs. La quatrième et dernière dimension, celle du **langage de programmation** informatique qui met à la disposition de l'utilisateur un écran de travail appelé interface entre la base des données et le serveur cartographique. Devant la panoplie de langages de programmation informatique, il a été choisi le langage Python souple dans l'élaboration du code (script) et compatible avec java script.

De ce qui précède, notre modèle de prototype a une incidence positive sur la performance de gestion de la SNEL SA. Ce nouveau modèle a permis de restructurer la SNEL SA par l'élévation de l'informatique (fig 5) à une fonction à part entière à la fois centralisée à la Direction Générale et décentralisée dans les autres entités géographiques et fonctionnant comme une Direction Départementale.

Dans le même sens de l'innovation, la Fonction commerciale [21] a été introduite dans la structure organico-fonctionnelle non seulement à la Direction Générale mais aussi à la DDK et DKO (Direction de Kinshasa Ouest) car elle est la plaque tournante du chiffre d'affaires générateur des ventes [22] transformables en recettes/produits, prises en compte par une comptabilité appropriée. C'est à ce prix que la nouvelle Gestion rend la SNEL SA performante.

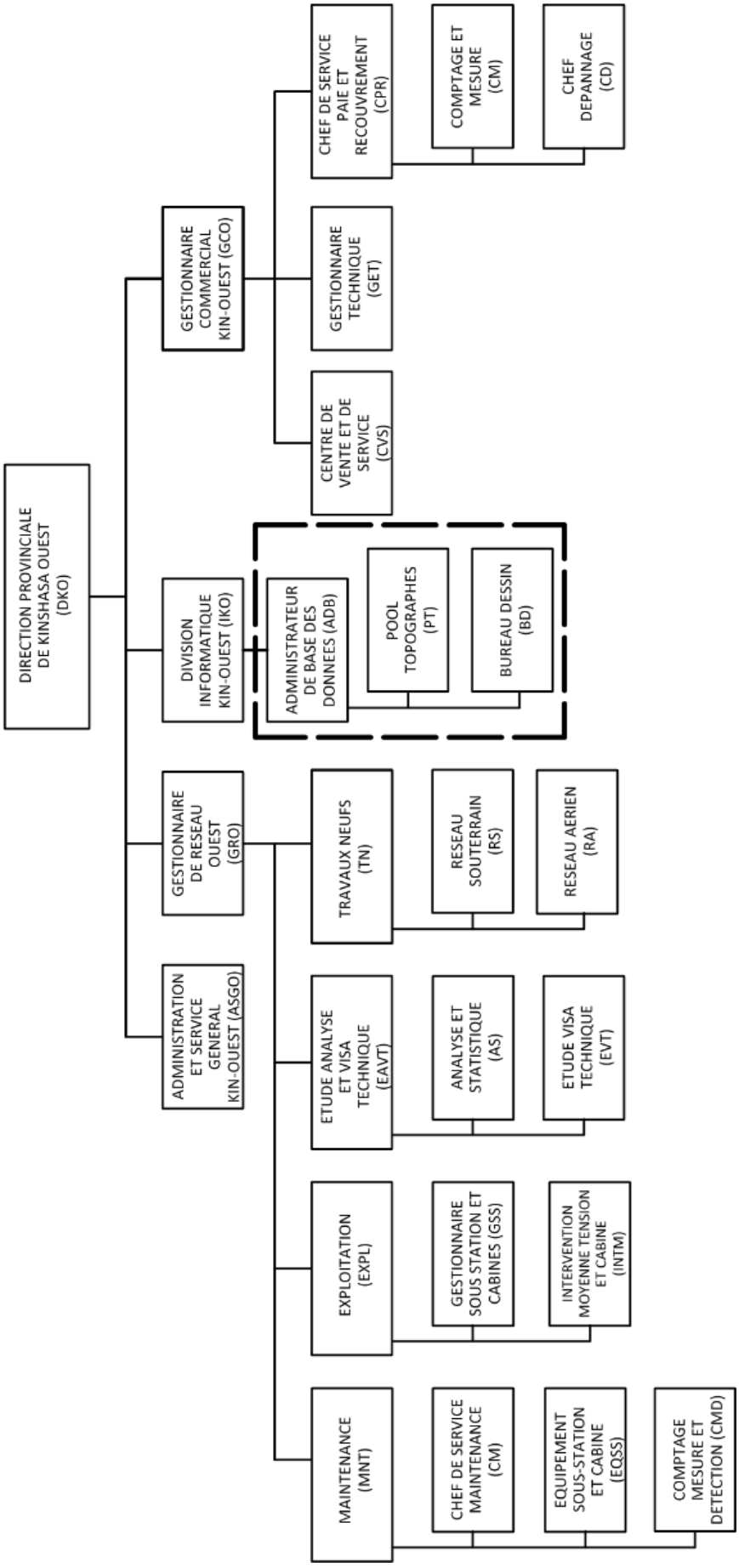


Fig. 9. Nouvelle configuration du service Informatique de la DKO de la SNEL SA

4 CONCLUSION

La modélisation de notre système d'information géographique a exploité quatre dimensions: topographique, base des données, cartographique et langage de programmation Python. La première, part des levées topographiques de terrain avec des appareils appropriés notamment une station totale et un GPS différentiel. Ces appareils topographiques, ramenés au bureau, sont connectés à l'ordinateur pour extraire les données. Celles-ci servent à produire les cordonnées cartésiennes (X et Y) ou géographiques (longitude et latitude) suivant les besoins; la deuxième, celle de base des données, se fonde sur le système de gestion de base des données NoSQL avec MongoDB qui peut s'installer soit en utilisant en interface en ligne (ILC), soit par interface graphique (GUI) ou par Compass. Leur combinaison a permis de déboucher à la création d'une collection exploitable en format JSON, lisible sur un serveur cartographique. À la troisième, celle cartographique, fonctionne en mode client-serveur utilise le java script; la quatrième, celle du langage de programmation Python, permet l'interfaçage entre la base des données et le serveur cartographique. Le langage de programmation informatique adoptée pour un bon fonctionnement de notre modèle du système d'information géographique est le langage Python.

REFERENCES

[1] F. E. González, J. M. Ruiz, et F. M. Acosta, « MANUEL de TÉLÉDÉTECTION SPATIALE ». 21 octobre 2021. [En ligne]. Disponible sur: https://www.grss-ieee.org/wp-content/uploads/2014/07/FR_TUTORIAL_COMPLETO.pdf

[2] C. Brezinski, « Géodésie, topographie et cartographie », Bulletin de la Sabix. Société des amis de la Bibliothèque et de l'Histoire de l'École polytechnique, n° 39, p. 32-66, 2005.

[3] P. Lagacherie, D. Arrouays, et C. Walter, « Cartographie numérique des sols: principe, mise en øeuvre et potentialités », *Etude et Gestion des Sols,* vol. 20, n° 1, p. 83-98, 2013.

[4] J. M. Zelle, *Python programming: an introduction to computer science*. Franklin, Beedle & Associates, Inc., 2004.

[5] B. Abderrahman, « COURS DE NOTIONS DE TOPOGRAPHIE ». 2 août 2018. [En ligne]. Disponible sur: https://fr.scribd.com/document/150911466/cours-topographie-pdf.

[6] T. Brassard, G. Desservy, et D. Joly, « Le GPS comme source de données géographiques à grande échelle: Réalisation d'un test au Svalbard », *L'Espace géographique,* p. 23-30, 1998.

[7] N. Stroobants, *Cours de topographie,* vol. 3. A. Wesmael-Charlier, 1895.

[8] L. M. Reynolds, « Meet Dr. Gladys West, the hidden fig behind your phone's GPS », *Massive Science,* vol. 25, 2019.

[9] R. Ramakrishnan, J. Gehrke, et J. Gehrke, *Database management systems,* vol. 3. McGraw-Hill New York, 2003.

[10] SNEL, «PRESENTATION DE SNEL». 15 juin 2018. [En ligne]. Disponible sur: http://www.snel.cd/about/identite.php/cd001fr.pdf

[11] S. Hoberman, Data Modeling for MongoDB: Building Well-Designed and Supportable MongoDB Databases. Technics Publications, 2014.

[12] M.-E. B. Chaumon et C. Bessière, « Du serveur au client ».

[13] E. Habert, « Qu'est-ce qu'un système d'information géographique », *Laboratoire de cartographie appliquée, IRD,* 2000.

[14] T. Bernhardsen, Geographic information systems: an introduction. John Wiley & Sons, 2002.

[15] C. Strauch, U.-L. S. Sites, et W. Kriha, « NoSQL databases », *Lecture Notes, Stuttgart Media University,* vol. 20, p. 24, 2011.

[16] SNEL-SA, « Production ». 2022. [En ligne]. Disponible sur: https://snel.cd/?page_id=6339#.

[17] S. M. GBANGOU, L. NASSARA, et M. DOSSOU, « Contribution à la maintenance des groupes électrogènes du système d'alimentation secours de l'usine SODECO Parakou 2 », EPAC/CAP/UAC, 2021.

[18] ENDRESS, « Informations sur l'alimentation de secours ». 12 décembre 2022. [En ligne]. Disponible sur: https://www.endress-generator.com/fr/pour-en-savoir-plus/informations-sur-lalimentation-de-secours/.

[19] S. ATCHOU, T. AHOUANGBENAGNON, et V. S. HOUNDEDAKO, « Étude et dimensionnement de l'installation d'un système solaire photovoltaïque d'alimentation secours pour le siège de l'ABERME », EPAC/CAP/UAC, 2011.

[20] G. Swinnen, Apprendre à programmer avec Python. O'Reilly, 2005.

[21] SNEL-SA, « Le commercial ». 2022. [En ligne]. Disponible sur: https://snel.cd/?page_id=6792.

[22] SNEL, « La tarification SNEL ». 25 novembre 2020. [En ligne]. Disponible sur: http://snel.cd/clients/conseils/comprendrefact.php

International Journal of Innovation and Applied Studies
ISSN 2028-9324 Vol. 39 No. 2 Apr. 2023, pp. 1000-1049
© 2023 Innovative Space of Scientific Research Journals
http://www.ijias.issr-journals.org/

Modélisation par éléments finis et optimisation de l'étape de chauffage infrarouge pour le traitement thermique de préformes en PET à l'aide de la commande Linéaire Quadratique (LQR) : Application au four infrarouge de la souffleuse industrielle FG-8 de l'usine de production d'eau minérale VALVITA

[Finite element modeling and optimization of the infrared heating step for the heat treatment of PET preforms using the Linear Quadratic (LQR) control: Application to the infrared oven of the FG-8 industrial blower of the factory of VALVITA mineral water production]

KONGOLO MONGA Epaphrodite, Moïse MUKEPE KAHILU, and Jacques KADIMA KAZAKU

Département d'Électromécanique, Faculté Polytechnique, Université de Lubumbashi, RD Congo

Copyright © 2023 ISSR Journals. This is an open access article distributed under the ***Creative Commons Attribution License***, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

ABSTRACT: Our study focuses on the modeling of infrared radiation heating and the optimal control of the heating process of preforms used in the manufacturing process of PET bottles. In the manufacture of a bottle by injection blow molding, the heat treatment of the preform plays an essential role.

In this work, we have set up an approach which goes from the phenomenological modeling of heat exchanges (conduction, radiation, convection) and which lead to partial differential equations until the numerical integration of these equations.

The approach used is that based on finite elements, since the partial differential equations make it difficult to understand the behavior of the physical system. This choice is due to the fact that it allows to solve numerically the systems with complex geometry.

The term source of radiation integrated into the heat equation was calculated with a Beer-Lambert law applied to each ray emitted by halogen lamps.

The objective is to calculate, under a single digital simulation platform, the complete thermal mapping of the preform as it leaves the oven. It is therefore, using numerical simulation in Matlab, to be able to first predict the longitudinal temperature mapping of the preform, as well as a state representation of the system simulating the temporal temperature profile during of the heating phase.

Secondly, it is about the optimal control of the heating process. This optimization consists of limiting the optimization variables included in the interval (90°C<T_p<120°C), in order to minimize energy consumption while guaranteeing the stability, speed and precision of the process. The goal of optimal control contains two main directions. The first orientation aims for minimum energy while the second seeks to reduce the convergence time of the system.

With the LQR command, we stabilized the system with a response time of 20 seconds less than the specification requirement of 25 seconds and very good accuracy with a static error of 0%. The LQR method offers a command specific to each state, thus taking into account the constraints of the real system. Furthermore, the results obtained are better compared to those obtained in an open loop.

The overshoot was reduced from 43% in open loop to 0% in closed loop so that the temperature of the preform does not deviate from its set temperature.

KEYWORDS: Heating, radiation, infrared, finite elements, preforms, PET preforms.

RESUME: Notre étude porte sur la modélisation du chauffage par rayonnement infrarouge et la commande optimale du processus de chauffage des préformes utilisées dans le procédé de fabrication des bouteilles en PET. Lors de la fabrication d'une bouteille par injection-soufflage, le traitement thermique de la préforme joue un rôle essentiel.

Dans ce travail, nous avons mis sur pied une démarche qui va de la modélisation phénoménologique d'échanges thermiques (conduction, rayonnement, convection) et qui conduisent à des équations aux dérivées partielles jusqu'à l'intégration numérique de ces équations.

L'approche utilisée est celle basée sur des éléments finis, étant donné que les équations aux dérivées partielles rendent difficile l'appréhension du comportement du système physique. Ce choix est dû au fait qu'elle permet de résoudre numériquement les systèmes à géométrie complexe.

Corresponding Author: KONGOLO MONGA Epaphrodite

Le terme source de rayonnement intégré dans l'équation de la chaleur a été calculé avec une loi de Beer-Lambert appliquée à chaque rayon émis par les lampes halogènes.
L'objectif est de calculer sous une unique plateforme de simulation numérique, la cartographie thermique complète de la préforme en sortie du four. Il s'agit donc, à l'aide de la simulation numérique sous Matlab, de pouvoir prédire dans un premier temps la cartographie longitudinale en température de la préforme, ainsi qu'une représentation d'état du système simulant le profil temporel de température lors de la phase de chauffage. Dans un second temps, il s'agit de la commande optimale du processus de chauffage. Cette optimisation consiste à borner les variables d'optimisation comprises dans l'intervalle (90°C<T_p<120°C), dans le but de minimiser la consommation d'énergie tout en garantissant la stabilité, la rapidité et la précision du processus.
L'objectif de la commande optimale contient deux principales orientations. La première orientation vise une énergie minimale tandis que la deuxième cherche à réduire le temps de convergence du système.
Avec la commande LQR, nous avons stabilisé le système avec un temps de réponse de 20 secondes inférieur à l'exigence du cahier de charges de 25 secondes et une très bonne précision avec une erreur statique de 0%. La méthode LQR offre une commande propre à chaque état, prenant donc en compte les contraintes du système réel. Par ailleurs les résultats obtenus sont meilleurs par rapport à ceux obtenus en boucle ouverte.
Le dépassement a été réduit de 43% en boucle ouverte à 0% en boucle fermée afin que la température de la préforme ne s'éloigne pas de sa température de consigne.

MOTS-CLEFS: Chauffage, rayonnement, infrarouge, éléments finis, préformes, préformes en P.E.T.

INTRODUCTION GÉNÉRALE

De nos jours, la modélisation numérique pour la simulation des procédés de mise en forme des matériaux occupe une place incontestable et incontournable dans la réalisation et la fabrication de produits de haute qualité devant répondre à des prix compétitifs sur le marché. C'est pourquoi, afin de réduire les coûts d'expérimentation, de fabrication et d'outillages, les chercheurs ont de plus en plus recours aux outils de la simulation numérique.

La détermination de l'évolution de la température dans la préforme et dans le four est indispensable à la modélisation correcte de tout procédé de mise en forme par soufflage. Les phénomènes thermiques, comme l'échauffement, le refroidissement, doivent être correctement calculés et prédits, avec la plus grande précision. Malheureusement, ce n'est pas toujours le cas et cette précision s'avère d'autant plus délicate et primordiale lorsque des couplages thermomécaniques très complexes sont pris en compte.

Notre étude se limite à développer un modèle phénoménologique jusqu'à l'intégration numérique des équations qui permettent de simuler la distribution de température de la préforme à la sortie du four ; ainsi qu'à la régulation optimale du processus de chauffage IR de préforme en PET.

Hormis, l'introduction et la conclusion ce travail s'étend sur quatre chapitres à savoir :

- Le contexte général décrivant les différents procédés de mise en forme de PET ainsi que les problèmes rencontrés pour chaque procèdes;
- L'étude fonctionnelle de la souffleuse FG-8 de l'usine VALLEY qui présente les différents organes de la souffleuse FG-8 ainsi que leurs fonctionnements ;
- La modélisation de l'étape de chauffage infrarouge dans lequel nous présentons le modèle numérique mis en place pour représenter les interactions thermiques, respectivement, entre le four, la préforme et l'environnement ainsi que la simulation sous Matlab de l'étape de chauffage infrarouge présentant les différentes distributions longitudinales de températures ;
- Et enfin, la commande optimale du processus de chauffage infrarouge passant par la commande LQR dans le but de trouver une cartographie homogène et optimale de température tout en répondants aux exigences du cahier de charges technique.

1 CONTEXTE GENERAL

L'emballage est actuellement un élément clé de la société moderne. En effet, le consommateur achète de nos jours un produit tout aussi bien pour son contenu, que pour son contenant et ce pour plusieurs raisons. Dans ce chapitre, nous présentons le contexte lié à la préparation thermique de préformes P.E.T, le processus de production des bouteilles ainsi que la problématique industrielle à ce processus.

1.1 LE POLYETYLENE TEREPHTATE

Le polyéthylène téréphtalate (PET) découvert en 1941 par J. R. Whinfield et J. Dickson, est un polymère possédant de bonnes caractéristiques mécaniques et une bonne résistance thermique et chimique. En conséquence, ce matériau est utilisé dans des applications très variées pour l'industrie ou les produits du quotidien : fibres textiles, emballages, récipients pour boissons et aliments, etc.

Le PET est un polyester dont l'unité de répétition est représentée par la figure 1. Il est constitué de longues chaînes moléculaires. La cohésion entre ces chaînes est assurée par la liaison des forces Van der Walls.

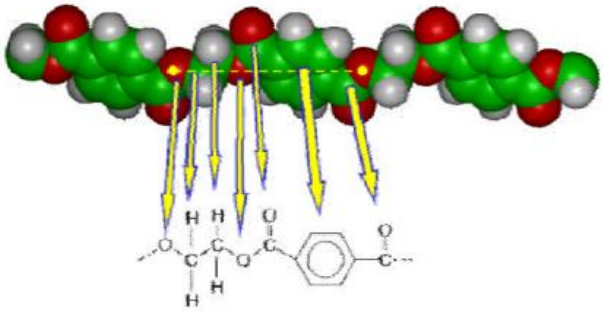


Fig. 1. Motif de répétition du polyéthylène téréphtalate [22]

Le PET est un polymère semi-cristallin, il est donc composé d'une phase amorphe et d'une phase cristalline qui peut atteindre jusqu'à 50% du volume. Pour une température en dessous de la température de transition vitreuse T_g ($T_g \approx 80$ °C), le PET est plutôt rigide avec des chaînes de très faible mobilité ; entre T_g et la température de fusion T_f($T_f \approx 250$ °C), le PET devient plus souple et les chaînes, mobiles, peuvent changer de configuration et faire évoluer la microstructure ; au-dessus de la température de fusion, les liaisons entre les chaînes sont détruites, le PET devient un fluide très visqueux. C'est le deuxième état qui est intéressant pour beaucoup de procédés de fabrication, notamment le procédé de soufflage par bi-orientation, car il permet à la fois de déformer le matériau avec peu d'efforts et de faire évoluer sa microstructure : orientation et cristallisation **[22].**

Le Tableau 1 regroupe les caractéristiques de "thermo formabilité" des principales classes :

Tableau 1. Plages de formabilité des principaux polymères utilisés en thermoformage (A :amorphe, SC : Semi-cristallin) [26]

Polymère	Abréviation	Type	T_g (°C)	T_f(°C)	Plage de formage (°C)
Polystyrène	PS	A	90	-	130-182
Poly (chlorure de vinyle)	PVC	A	90	-	100-155
Poly (acryl butadiène styrène)	ABS	A	90-120	-	130-180
Poly (méthyl méthacrylate)	PMMA	A	100	-	150-190
Polycarbonate	PC	A	150	-	170-200
Polypropylène	PP	SC	5	165	150-165
Polyéthylène Téréphtalate	PET	SC	70	255	120-180
Polyéthylène haute densité	PEhd	SC	-110	134	130-185

1.2 PRESENTATION DU PROCEDE DE MISE EN FORME

Le matériau choisi par les industriels pour ce type d'application est généralement le polyéthylène téréphtalate (P.E.T.). Il a été choisi pour ses diverses propriétés de mise en forme. D'autre part, le PET est transparent dans le visible. Il est également robuste et léger, mais surtout il devient caoutchoutique une fois chauffé au-delà de sa température de transition vitreuse, ce qui va faciliter sa mise en forme.

La figure 2 ci-dessous illustre le procédé de mise en forme de bouteille PET.

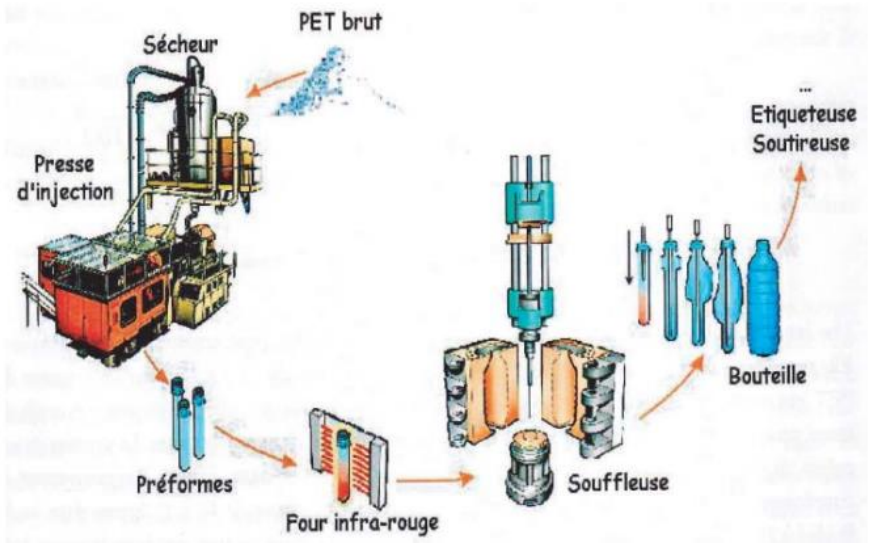


Fig. 2. Illustration du procédé de mise en forme des bouteilles en PET [23]

Il existe aujourd'hui divers procédés de fabrication pour les corps creux, chacun ayant ses propres spécificités. La fabrication des bouteilles d'eau est principalement basée sur l'injection soufflage avec bi-orientation en cycle froid. Ce procédé permet en effet d'importantes cadences de fabrication (environ 50 000 bouteilles/heure). Il est composé de deux parties distinctes. Dans un premier temps, la préforme est fabriquée par injection. Elle est ensuite conditionnée à température ambiante de manière à pouvoir être stockée. **[20]**



Fig. 3. Injection et stockage de la préforme [20]

Dans un deuxième temps, la préforme est chauffée par rayonnement infrarouge (IR) au-delà de 80°C puis étirée à l'aide d'une canne et soufflée par injection d'air comprimé. C'est le moule dans lequel elle est placée qui donne la géométrie finale propre à la bouteille désirée.

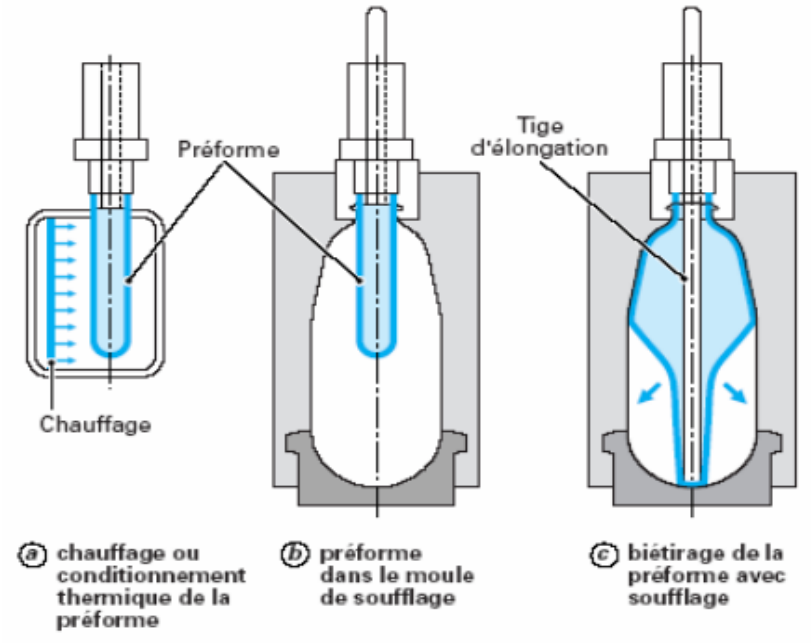


Fig. 4. Réchauffage et étirage-soufflage de la préforme [20]

Ce procédé a pour intérêt principal le découplage parfait entre la fabrication de la préforme et son utilisation pour la fabrication des corps creux. Cela permet une meilleure gestion des flux et surtout des pannes pour l'industriel. Cependant, un tel procédé engendre des difficultés telles que le stockage, l'humidité, la préservation de l'état des préformes mais surtout le réchauffage de la préforme avant la mise en forme.

1.3 LES PROBLEMES RENCONTRES

La bouteille doit répondre avec satisfaction à de multiples critères de qualité. L'un des plus importants est sans aucun doute la répartition de matière finale dans l'épaisseur tout le long de la hauteur de la bouteille fabriquée. Lorsqu'il est sollicité en étirage uni ou biaxial, le P.E.T. manifeste un fort durcissement structural. Le procédé de fabrication doit donc permettre à la matière de dépasser le durcissement structural garantissant ainsi le renforcement des propriétés mécaniques.

Ce phénomène influence ainsi directement la répartition d'épaisseur qui se crée lors de la déformation de la matière. Concrètement, une disparité à ce niveau est susceptible d'entraîner une zone à risque en termes de rupture et de déformation. En effet, la bouteille remplie sera soumise à des conditions de stockage et d'utilisation sévères, telles que l'empilement sur palettes, les chocs des bouteilles entre elles sur la chaîne de fabrication…

Avant d'être produite à grande échelle, une bouteille subit différents tests de qualification. L'objectif de cette phase est de définir de manière optimale la zone critique d'utilisation du produit.

La qualité première de la bouteille concerne sa répartition d'épaisseur qui doit être la plus homogène possible afin de limiter des zones faibles et avoir une structure d'ensemble rigide. Pour y parvenir, plusieurs essais sont effectués comme le poids par zone (découpe de la bouteille en 4 parties, chacune ayant une tolérance en masse à respecter), la mesure d'épaisseur le long de la bouteille et enfin les essais de top-load (écrasement par le goulot d'une bouteille jusqu'à fissuration du matériau). L'enjeu majeur de l'étirage soufflage sera donc de parvenir à cette répartition homogène d'épaisseur. Pour cela, de nombreux paramètres sont à prendre en compte ce qui révèle toute la complexité du procédé comme le montre le tableau suivant :

Tableau 2. Paramètres influents [20].

Paramètres physiques	**Paramètres technologiques**	**Conséquences sur la matière**
Four halogène	- Puissance des lampes - Position des lampes - Puissance du ventilateur - Cinématique du support	Modifie le gradient thermique radial et longitudinal.
Etirage lié à la canne	- Vitesse de la canne - Forme de la canne	Permet d'emmener la matière vers le fond de la bouteille.
Présoufflage	- Pression de présoufflage - Retard au présoufflage	Limite les problèmes d'adhérence entre la canne et la préforme et gonfle la préforme.
Soufflage	- Pression de soufflage	Plaque la préforme contre le moule.
Thermique du moule et de la canne	- Moule et canne thermo-régulé ou non	Refroidit la matière à son contact

Aujourd'hui, l'objectif industriel est simple. Il s'agit de produire des bouteilles plus complexes, plus légères et avec des cadences les plus rapides possibles.

1.4 APPROCHES NUMERIQUES

Les récentes études (Voir **[12]**) ont permis de montrer à quel point l'état thermomécanique de la préforme à l'instant précédant le soufflage-biétirage était prépondérant sur le reste du procédé et influençait directement l'état final de la bouteille. Ainsi, une modélisation de la phase de chauffage IR requiert le plus de précisions possible afin de déterminer avec exactitude la cartographie de la température de la préforme à la sortie de four (i.e., la maîtrise du gradient radial et longitudinal).

Cette phase est pourtant peu étudiée dans la littérature. Dans **[12]** les auteurs ont étudié la distribution 3D des températures, et plus particulièrement des gradients de température établis dans l'épaisseur des préformes en fonction de la puissance électrique des lampes halogènes, des réflecteurs de rayonnement et de l'influence du système aéraulique. Ce système de chauffage a été modélisé en développant un logiciel baptisé « PLASTIRAD », basé sur la méthode des volumes finis et appliqué sur des maillages non-orthogonaux.

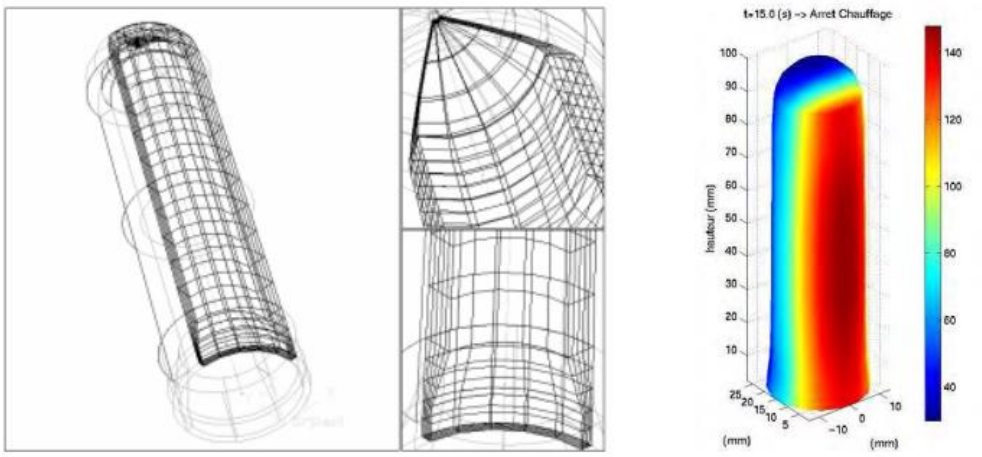


Fig. 5. Maillage et thermogramme caractéristique du chauffage d'une préforme [12].

Dans **[21]** les auteurs utilisent une approche par éléments finis pour modéliser les échanges thermiques entre la préforme mobile et le four infrarouge**.** Ils sont parvenus à calculer le profil de température de la préforme chauffée tout en intégrant dans les équations la rotation et la translation de la préforme, les phénomènes de la convection, ainsi que l'hypothèse d'un corps gris pour le PET.

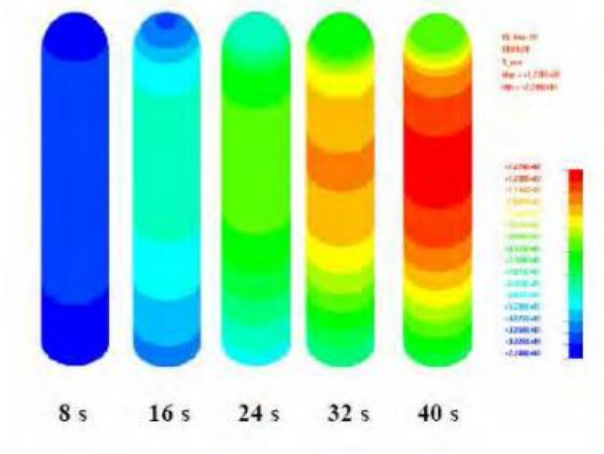


Fig. 6. Prédiction de la température d'une préforme en mouvement [21].

Cette approche ne permet pas de prendre en compte le gradient dans l'épaisseur de la préforme.

2 ETUDE FONCTIONNELLE DE LA SOUFFLEUSE FG-8 DE L'USINE VALLEY

FG-8 est une machine de soufflage de nouvelle génération avec 8 cavités, la vitesse de production est de 12000B/H. Elle est applicable pour les bouteilles d'eau de 300ml, 500ml et 1.5l.

La machine est entièrement entraînée par un servomoteur. En bref, FG-8 est la solution de mise à niveau pour soufflante, c'est l'équipement idéal pour chaque usine de boissons embouteillage.

Dans ce chapitre nous allons présenter les constituants de la souffleuse FG-8 ainsi que son fonctionnement.

2.1 CYCLE DE PRODUCTION D'UNE BOUTEILLE

Voici ci-dessous le cycle de production d'une bouteille à partir d'une préforme :

1. Elévateur de préformes

↓

2. Aligneur de préformes

↓

3. Alimentation de préformes

↓

4. Entrée des Préformes dans le four de chauffage

↓

5. Chauffage des Préformes dans le four

↓

6. Sortie des Préforme du four de chauffage

↓

7. Entrée des Préformes dans le moule

↓

8. Etirement, pré-soufflage, soufflage des préformes

↓

9. Sortie des bouteilles du moule

↓

10. Bouteille prête

La (figure 7) illustre bien le cycle de production d'une bouteille :

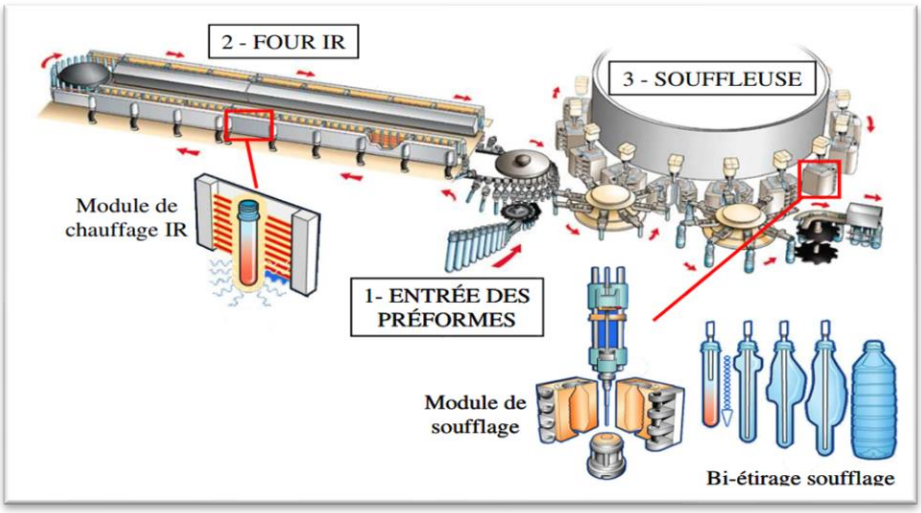


Fig. 7. Illustration du principe général de la fabrication d'une bouteille par injection soufflage en cycle froid par une souffleuse rotative [8]

2.2 SOUFFLEUSE [1]

Elle sert à la fabrication de bouteilles à partir de préformes. Les préformes passent dans un four composé de deux parties une partie pour le chauffage une autre pour répartir la température. Une fois la température repartie, la préforme passe au poste de soufflage de la souffleuse FG-8 (Figure 8) où elle subira le soufflage pour prendre la forme du moule puis refroidi pour être prêt au remplissage.



Fig. 8. Souffleuse FG-8

2.2.1 DISPOSITION GÉNÉRALE DE LA SOUFFLEUSE FG-8

La Figure 9 montre la disposition générale de la Souffleuse FG-8 :

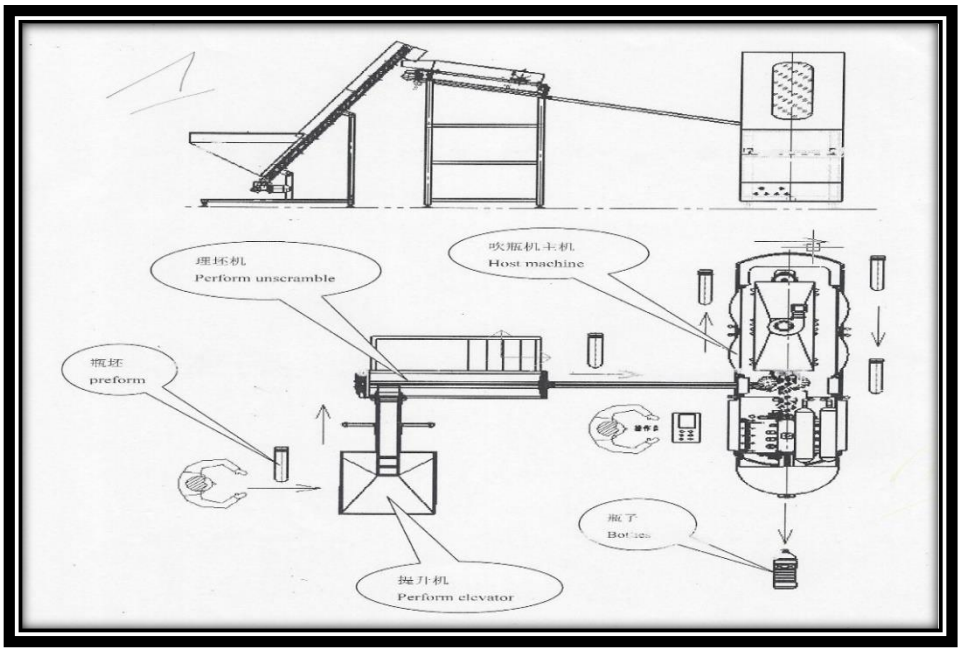


Fig. 9. Disposition de la Souffleuse FG-8 [1]

La FG-8 est une machine de moulage par soufflage d'une bouteille de P.E.T. Elle est composée de trois parties: l'élévateur de préforme, la machine d'alignement et la machine hôte.

2.2.1.1 DISTRIBUTEUR DE PRÉFORME [1]

Le distributeur de préformes (Voir figure 10) a pour fonction d'alimenter de façon continue une machine de production (spécialement la souffleuse) avec des préformes col en haut. Les préformes sont déversées en vrac dans le distributeur. Elles sont ensuite transportées par petit lot pour être positionnées et orientées col en haut et alignées en file indienne.

Elles se déplacent ensuite par gravité vers le rail d'alimentation. La gestion du flux des préformes dans le rail d'alimentation permet de compenser un manque de préformes dans le rail d'alimentation pour éviter des niveaux bas. Pour éviter le blocage des préformes dans le rail d'alimentation, les préformes emboîtées ou mal orientées sont éjectées lors de leur passage sur le rail de stabilisation.



Fig. 10. Distributeur de préforme

L'ascenseur est utilisé pour transporter les rouleaux de préambule pour désembrouiller les préformes. Il fonctionne avec la machine hôte de manière synchrone, et automatiquement contrôlé par le signal envoyé par le système de désembrouillage de la préforme, que la préforme soit manquante ou pleine. La (figure 11) montre le croquis de l'ascenseur de préforme.

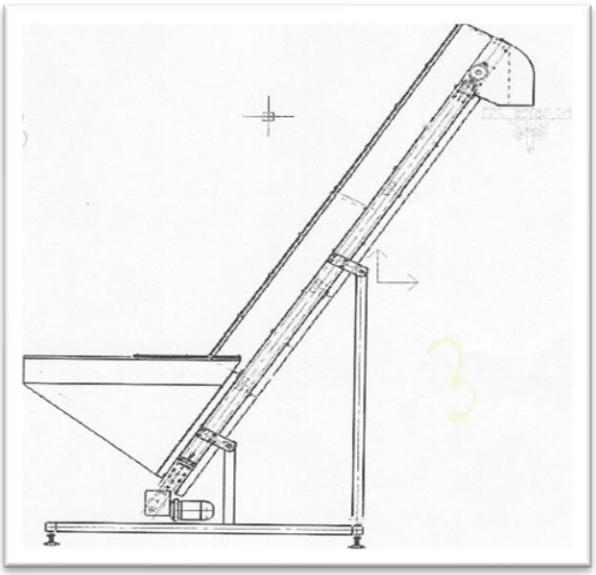


Fig. 11. Ascenseur de préforme

2.2.1.2 MACHINE D'ALIGNEMENT

Le désembrouillage de la préforme est utilisé pour mettre automatiquement la préforme (provenant de l'ascenseur) dans la ligne, et mettre le puits trié dans le dispositif d'alimentation de la préforme. Cet équipement adopte deux rouleaux de rotation pour désembrouiller et transporter la préforme de manière stable et douce. Il est relié à la machine hôte et contrôlé par le signal de manque ou plein de préforme envoyée par le rail de la machine hôte.

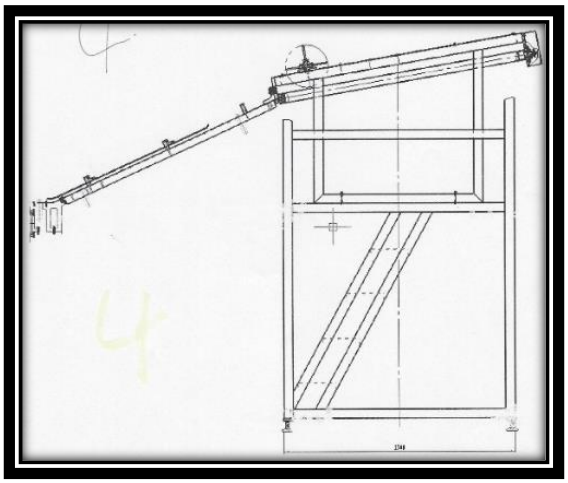


Fig. 12. Aligneuse [1]

2.2.1.3 MACHINE HÔTE

La machine FG-8 est destinée au soufflage haute pression d'articles en P.E.T. La production est assurée à partir de préformes proportionnées en fonction de l'article final. La machine est conçue pour s'intégrer en amont d'une chaîne de remplissage ou fonctionner seule selon les activités de son exploitant. La figure 13 montre la machine hôte :

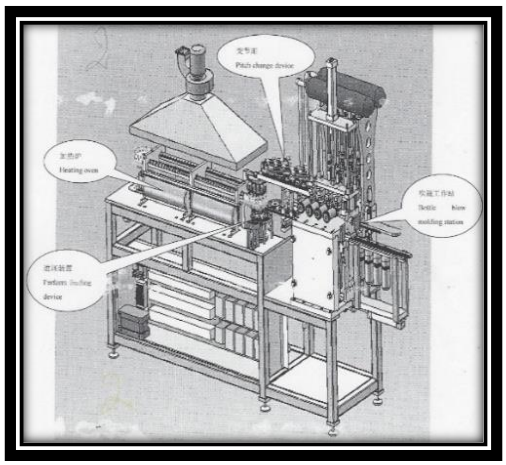


Fig. 13. Machine hôte [1]

2.2.2 PRINCIPE DE FONCTIONNEMENT

L'opérateur place la préforme dans l'ascenseur et l'ascenseur soulève la préforme pour la désembrouiller comme une ligne, puis la glissière de la préforme dans la plaque rotative la transfère dans le système de transmission et pénètre continuellement dans le four de chauffage. Après que la température de préforme atteigne la température de soufflage, elle sera transférée dans le moule et soufflera dans des bouteilles automatiquement. Le Système, et l'alimentation de préforme et la production de bouteilles est automatique. L'opérateur n'a qu'à mettre la préforme dans le silo de l'ascenseur.

2.2.3 DONNÉES TECHNIQUES DE LA MACHINE

Le tableau 3 indique les paramètres de la souffleuse FG-8 :

Tableau 3. Paramètres de la machine FG-8 [1]

Modèle		FG8
Année de conception		08-2017
Nombre de moules (pièce)		8
Capacité (Bouteille par heure)		12000 BPH
Spécification de la Bouteille	Volume maximum (ml)	2000
	Max hauteur (mm)	328
	Diamètre maximal de la bouteille ronde (mm)	105
	Bouteille carrée maxi diagonale (mm)	115
Spécification préforme	Col interne approprié de bouteille (millimètre)	20-25
	Max préforme longueur (mm)	150
Électricité	Puissance totale d'installation (kW)	97
	Puissance totale du four de chauffage (kW)	92
	Puissance réelle du four de chauffage (kW)	50
	Tension / fréquence (V / Hz)	380 (50Hz)
	Plage de fluctuation de tension autorisée	± 10%
Air comprimé	Pression (bar)	30
	Consommation d'air (m^3 / min)	7
Spécification de machine	Dimension de la machine (m) (L * W * H)	5.5X1.3X2.2
	Poids de la machine (kg)	5000

Cette machine est équipée d'un système automatique de chargement et de déchargement de bouteilles. Elle est applicable pour toutes les formes de bouteilles d'eau potable.

2.3 LE SYSTEME DE CHAUFFAGE INFRAROUGE

2.3.1 DESCRIPTION DU MODULE DE CHAUFFAGE

Selon les émetteurs, nous distinguons trois types de fours : à lampes en quartz, en halogène et en céramique. Pour chaque émetteur correspond un domaine de l'infrarouge. Le spectre d'émission des émetteurs en halogène correspond aux longueurs d'onde (courtes) comprises entre **0.78 µm et 1.4 µm** ; celui des émetteurs en quartz correspond aux longueurs d'ondes (moyennes) comprises entre 1.4 µm et 3 µm, et le domaine des émetteurs en céramique correspond aux longueurs d'ondes (longues) comprises entre 3 µm et 15 µm [27]. Dans notre étude nous avons à faire à un four aux lampes halogènes.

La figure 14 montre les modules du four.



Fig. 14. Four Infrarouge

Le Tableau 4 indique les parametres techniques du four :

Tableau 4. Paramètres techniques du four IR

Nombre de modules de chauffage		**2**
Lampe halogène	Nombre par module	**9**
	R_l=Rayon d'une lampe	**6mm**
	h_l=hauteur d'une lampe	**300mm**
	As=Surface latérale d'une lampe	**As=2**$A_s = 2\pi R_l h_l$
	Puissance nominale	**2500W**
	Tension nominale	**400V**
	L=Distance entre deux lampes (entraxe)	**15mm**
	S= Distance de la préforme à une lampe	**17.5mm**
Ventilateurs	Nombre par module	**2**
	Puissance nominale	**75W**
	Tension nominale	**220V**
	Vitesse de rotation nominale	**2600tr/min**

Le four infrarouge est composé de deux modules de chauffage. Chaque module est composé, d'une part, d'un râtelier équipé de lampes halogènes montées sur un panneau radiant, et d'autre part, d'un réflecteur en aluminium poli (Voir figure 15).

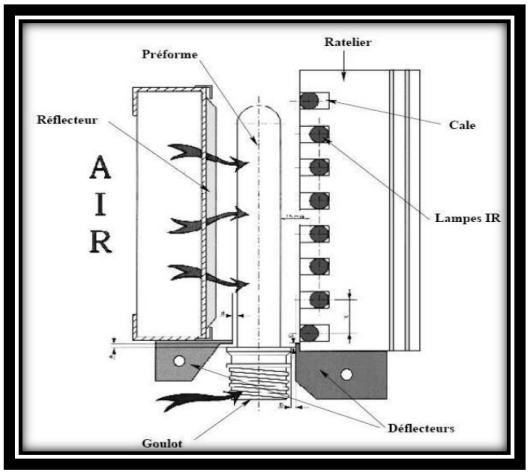


Fig. 15. Schéma d'un module de chauffage infrarouge [3]

La préforme transite entre le râtelier et le réflecteur métallique, absorbant ainsi une fraction du flux radiatif émis par les lampes. La préforme est animée d'un mouvement de rotation afin d'assurer une bonne homogénéité de sa température dans la direction circonférentielle. D'autre part, les modules de chauffage sont généralement équipés d'un système de ventilation. Celui-ci permet d'évacuer la chaleur excédentaire afin de limiter l'échauffement du four, et d'éviter l'usure prématurée des éléments chauffants. Ce système de ventilation contribue aussi à refroidir la paroi externe de la préforme, afin d'éviter que celle-ci ne cristallise thermiquement durant le chauffage.

Enfin, le col de la préforme, injecté aux dimensions définitives de la bouteille, est protégé du rayonnement grâce à deux déflecteurs refroidis par circulation d'eau à **21°C**. Le but d'un tel système est de limiter les risques de déformation du col susceptible de compromettre, après remplissage, l'opération de bouchage de la bouteille. La distance entre deux lampes (entraxe) est de **15mm**. En revanche, chaque lampe peut être rapprochée ou éloignée de la préforme grâce à des cales métalliques. La puissance nominale des lampes est de **2500W** pour une tension nominale de **400V**. Des potentiomètres permettent de modifier les pourcentages de la puissance nominale affectés à chacune des lampes. Ainsi, il est possible de contrôler la répartition du flux radiatif reçu par la préforme.

La Figure 16 illustre bien la disposition des lampes halogènes.

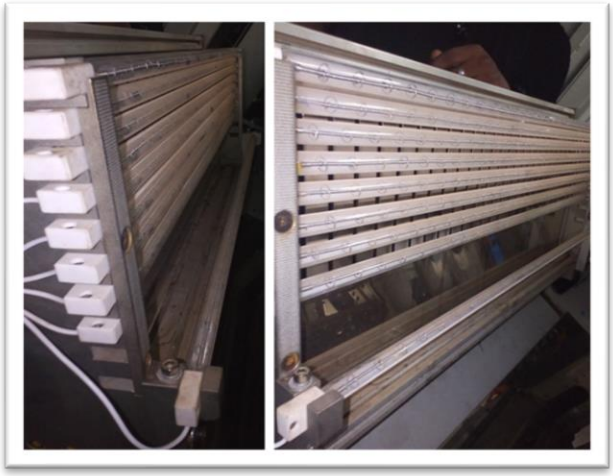


Fig. 16. Disposition des lampes halogènes

Les lampes halogènes sont composées d'un filament de tungstène confiné dans un tube en quartz. Le tube en quartz renferme un gaz neutre (Argon) ainsi que des traces d'élément halogène. Ainsi, le tungstène est isolé du milieu extérieur, et plus particulièrement de l'oxygène au contact duquel il s'oxyde. Le nombre de lampes halogènes est de 9 par module. La distance de la préforme à une lampe est de **17.5mm.**

Le filament se comporte comme un élément résistif, dans lequel le passage du courant se manifeste par une dissipation de chaleur par effet Joule. Pour une lampe réglée à pleine puissance, la température d'équilibre du filament est typiquement de l'ordre de 2400°K, et le rayonnement qu'il émet est majoritairement compris entre 0.5 et 5 µm. L'émission est maximale aux alentours de 1.3 µm, ce qui correspond à un rayonnement dans l'infrarouge court, tel que l'illustre la Figure 17. Le rayonnement émis par le filament représente 90% du rayonnement total émis par la lampe.

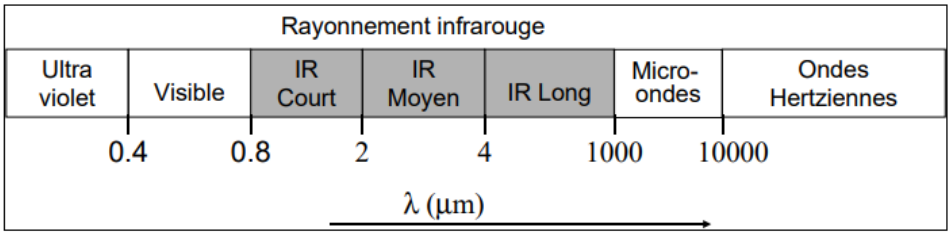


Fig. 17. Bandes spectrales correspondant au rayonnement [7]

Sur cette bande spectrale, le quartz transmet environ 90% du rayonnement ce qui justifie son emploi **[5]** . Il est important de noter que la température du filament, ainsi que son spectre d'émission, varient sensiblement en fonction de la tension appliquée aux bornes de la

lampe. L'étude réalisée par **[5]** révèle qu'une diminution de la puissance d'alimentation induit une diminution de la température du filament, ce qui provoque un décalage du spectre d'émission vers des longueurs d'ondes plus importantes. Ce phénomène joue un rôle important sur le chauffage **IR**.

En effet, l'absorption du PET dépend fortement de la longueur d'onde. Enfin, certaines lampes sont recouvertes d'un revêtement céramique jouant le rôle de réflecteur. A l'issue de la phase de chauffage, la température de la paroi externe de la préforme est très supérieure à celle de la paroi interne.

Généralement, la phase de chauffage est suivie d'une phase de maintien durant laquelle l'émission des lampes est interrompue. La paroi externe de la préforme est alors refroidie par convection, tandis que la paroi interne s'échauffe du fait de la diffusion de la chaleur dans l'épaisseur de la préforme. Cette phase vise à modifier le profil de température dans l'épaisseur de la préforme. Sous réserve que le temps de maintien soit suffisamment long, la température de la paroi interne peut devenir supérieure à celle de la paroi externe. Cette **inversion de température** est souhaitable afin de garantir une déformation homogène, et de conserver la transparence optique de la bouteille.

2.3.2 PRINCIPAUX PARAMETRES DE REGLAGE DU FOUR IR

Les paramètres de réglage du four affectant la distribution de température de la préforme sont indiqués dans le **Tableau 5.**

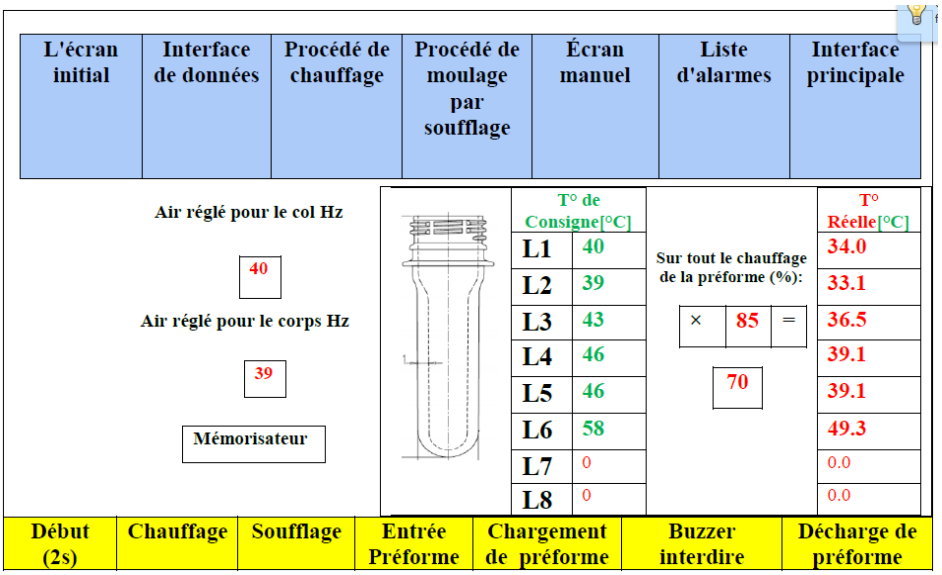
Tableau 5. Paramètres de réglage du Four IR

La vitesse d'avancée de la préforme dans le four IR	Le temps de séjour de préforme au sein du four	Le temps de maintien (sortie du four jusqu'au moule) de préforme	La puissance délivrée au ventilateur
10.1mm/s	**30sec**	**3sec**	**75W à 220V**

2.4 PROCESUS DE CHAUFFAGE

Le **Tableau 6** illustre le processus de chauffage ainsi que les données thermiques pour les préforme de 18g destinées à la fabrication de bouteilles de 300ml et 500ml.

Tableau 6. Données thermiques de chauffage de préformes de 18g



Dans cette partie, l'utilisateur peut régler la température de chauffage de chaque lampe et sauvegarder la page de données.

2.5 PROBLEMATIQUE ET OBJECTIF DU PROJET

Au sein de la société VALVITA, le traitement thermique des préformes constitue une étape importante et cruciale de la chaîne de production d'eau minérale. La qualité de la bouteille censée contenir l'eau est fortement influencée par le chauffage IR de la préforme. Ceci est dû notamment au temps de séjour de préformes au sein du four et au choix heuristique de températures assignées aux éléments du four (typiquement les lampes à infrarouge), qui ne garantit pas une distribution homogène d'énergie sur les zones de la préforme. A ceci s'ajoute le rejet d'un nombre important de pièces ne répondant pas aux spécifications techniques.

Un autre problème est la complexité des phénomènes qui interviennent dans ce processus. En effet comme nous l'avons vu, l'élément clés de ce processus est un four à infrarouge. Ces dispositifs sont connus pour concentrer des grandes incertitudes à cause des phénomènes d'échanges (conduction, rayonnement, convection) et qui conduisent à des équations aux dérivées partielles qui rendent difficile l'appréhension du comportement du système physique.

Fort de tout ceci, nous proposons dans ce travail une démarche qui va dans un premier volet de la modélisation phénoménologique jusqu'à l'intégration numérique des équations. L'approche utilisée est celle basée sur des éléments finis. Ce choix est dû au fait qu'elle permet de résoudre numériquement les systèmes à géométrie complexe.

Et dans un deuxième volet l'optimisation à l'aide du régulateur linéaire quadratique. L'objectif de cette commande consiste à déterminer une cartographie homogène et optimale de température ; tout en garantissant la stabilité, la rapidité et la précision du système en conformité avec les exigences du cahier de charges pour la production des bouteilles de bonne qualité.

3 MODELISATION DE L'ETAPE DE CHAUFFAGE INFRAROUGE

Comme nous l'avons mentionné précédemment, l'étape de chauffage du procédé d'injection-soufflage est critique. Par conséquent, la mise en place d'un modèle thermique pour simuler l'étape de chauffage infrarouge est d'un intérêt majeur. Dans ce chapitre, nous présentons le modèle numérique mis en place pour représenter les interactions thermiques, respectivement, entre le four, la préforme et l'environnement.

3.1 NATURE DES TRANSFERTS THERMIQUES DANS LE CADRE DE L'INJECTION-SOUFFLAGE

L'étape de chauffage infrarouge en injection-soufflage met en jeu des transferts thermiques de trois natures : rayonnement, conduction (ou diffusion) et convection, comme illustré à la figure 18. Le chauffage joue un rôle capital durant la phase de chauffage de la matière thermoplastique. La différence de température entre la matière thermoplastique chauffée et l'air ambiant conduit à l'apparition d'un transfert de chaleur par convection.

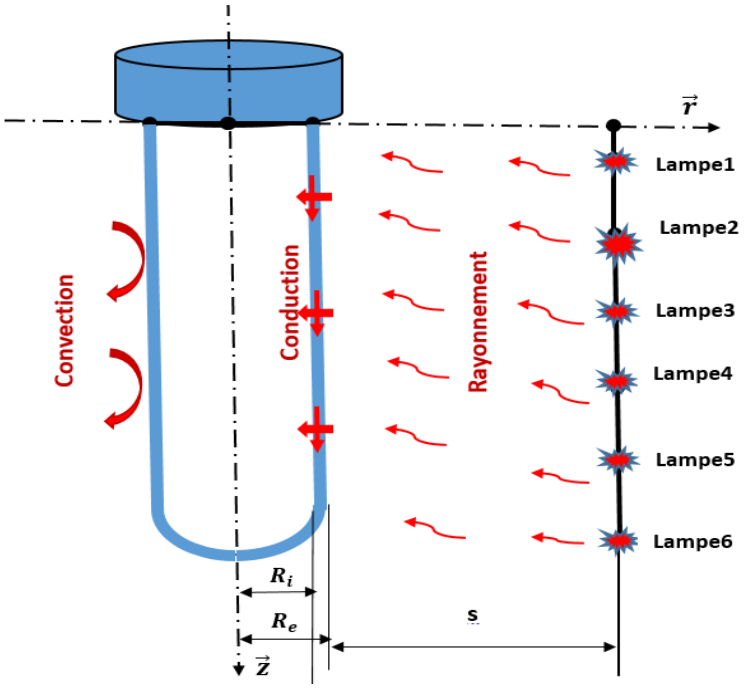


Fig. 18. Nature des transferts thermiques

3.2 MISE EN ÉQUATION DU CHAUFFAGE INFRAROUGE

La modélisation du chauffage infrarouge passe par la résolution de l'équation de conservation d'énergie et de transfert radiatif afin connaitre la température de la préforme. Sous un ensemble d'hypothèses simplificatrices, mais justifiées, le transfert radiatif, au sein de la préforme est estimé.

Avant de présenter les équations thermiques, qui gouvernent l'étape de chauffage infrarouge, nous posons quelques hypothèses simplificatrices.

3.2.1 HYPOTHESES ET JUSTIFICATIONS

3.2.1.1 HYPOTHÈSE DU MILIEU FROID

En thermoformage, les températures des éléments chauffants sont largement supérieures à la température de la préforme. En effet, la température de chauffage d'une préforme PET n'excède pas en général la température de 398 K, ce qui est largement inférieure aux températures des éléments du four utilisées pour l'étape de chauffage qui pouvant atteindre 2000 K. Dans ces conditions, l'utilisation de l'hypothèse d'un milieu froid est légitime **[7,11]**. Cette hypothèse permet de négliger l'intensité radiative totale émise par la surface de la préforme.

3.2.1.2 LOI DE BEER-LAMBERT

Les préformes PET utilisées dans notre étude sont minces. Nous avons également supposé que la propagation du rayonnement est effectuée dans la direction normale. Il s'ensuit que la transmission de la densité de flux à travers la profondeur de la préforme PET s'effectue suivant la loi ci-dessous connue sous le nom de Loi de Beer-Lambert **[13]** :

$$q_\lambda(s) = q_{0,\lambda} e^{(-k_\lambda s)} \tag{3.1}$$

Cette équation traduit le fait que la densité q_0 de flux radiatif incident à la surface de la préforme, dont le taux d'absorption est k_λ, est absorbée selon une loi exponentielle décroissante. L'indice λ représente la longueur d'onde.

3.2.1.3 LOI DE STEFAN-BOLTZMANN

Les émetteurs infrarouges sont supposés des corps noirs. En conséquence, l'énergie émise par ces derniers, précisément les éléments chauffants du four, en fonction de sa température absolue T est donnée par la loi de Stefan-Boltzmann **[14]** :

$E_b(T_s) = \sigma T_s^4$, où σ la constante Stefan-Boltzmann de valeur $5.67.10^{-8}$ W/m^2.K^4.

3.2.2 EQUATION DE CONSERVATION D'ENERGIE

3.2.2.1 MISE EN ÉQUATION

En général, en injection-soufflage, les préformes de polymères utilisées ont des épaisseurs petites par rapport à la profondeur et au rayon de ces dernières. Dans ces conditions, pour connaître l'évolution de la température en tout point de la préforme thermoplastique, et à chaque instant, l'analyse unidimensionnelle de la conduction est suffisante **[28]**. La résolution de l'équation de conservation d'énergie permet de connaître l'évolution de la température en tout point de la préforme thermoplastique. Cette évolution en fonction du temps est régie par l'équation suivante **[5]** :

$$\rho C_p \frac{\partial T}{\partial t} = -\nabla.(\overrightarrow{q_c} + \overrightarrow{q_r}) = -\nabla\overrightarrow{q_c} - \nabla\overrightarrow{q_{rad}} \tag{3.2}$$

Avec :

- ρ , la masse volumique du P.E.T en [kg/m^3] ;
- C_p , la capacité calorifique massique en [J/kgK] ;
- $T = T(z,t)$: Champ scalaire définit sur l'espace unidimensionnel et sur le temps en [K];
- $\overrightarrow{q_c}$ est la densité de flux conductifs reliée au gradient de température selon la loi de Fourier comme suit :

$$\overrightarrow{q_c} = -k\nabla\mathrm{T} \tag{3.3}$$

- k est la conductivité thermique du PET en [W/mK] ;

Dans notre étude, les paramètres ρ , C_p et k sont déterminés au paragraphe **3.2.4.**

- La densité de flux radiatif est notée $\overrightarrow{q_{rad}}$.

En substituant l'équation (3.3) dans l'équation (3.2), on obtient :

$$\rho C_p \frac{\partial T}{\partial t} = \nabla.(k\nabla \mathrm{T}) - \nabla\overrightarrow{q_{rad}} \quad (3.4)$$

La divergence du flux radiatif $\nabla\overrightarrow{q_{rad}}$ présentée dans l'équation (3.4) représente l'énergie radiative absorbée par unité de volume au niveau du point de la matière chauffée. Ce terme est plus communément appelé terme source radiatif. Tout l'enjeu de la modélisation des transferts radiatifs réside dans l'estimation de ce terme source défini au paragraphe **3.2.2, b**.

Notons que les transferts convectifs sont surfaciques sur la frontière Γ du domaine Ω. Ils n'interviennent donc pas explicitement dans l'équation de la chaleur. En revanche, ils peuvent être pris en compte à travers une condition aux limites de type Fourier.

$$\vec{q}.\vec{n} = -k\vec{\nabla}\mathrm{T}.\vec{n} = h_f\left(T - T_f\right) \quad (3.5)$$

Où $h_f[W/m^2K]$ représente le coefficient d'échange convectif en régime forcé supposé contant. Notons que le four considéré dans notre étude possède un système de ventilation (Cfr paragraphe **2.3.1**) et la convection est de type forcé. La valeur du coefficient d'échange moyen h_f en convection forcée est calculée au paragraphe **3.2.4**.

Un autre paramètre qui pouvant être un facteur important dans la détermination du transfert thermique dans la préforme, est la variation de la température ambiante T_f dans le four. Dans notre étude, nous considérons des préformes thermoplastiques de 18g relativement minces. Le temps de chauffage de ces préformes est suffisamment faible (de l'ordre de 33 secondes) pour que la température de l'environnement ne change pas de manière à affecter le modèle. La température ambiante est alors considérée constante.

3.2.2.2 DIVERGENCE DU FLUX RADIATIF

La divergence du flux radiatif, représentant la source radiative $\nabla\overrightarrow{q_{rad}}$, apparaissant dans (3.4), correspond à l'énergie radiative absorbée à l'intérieur du milieu semi-transparent. Son équation est comme suit :

$$S_{rad}(s) = -\nabla\overrightarrow{q_{rad}}(s), \quad (3.6)$$

Où s représente la position de l'intensité spectrale.

À partir de l'hypothèse de milieu froid, l'intensité radiative émise par la préforme chauffée est négligée. En considérant que les préformes chauffées sont minces et la propagation du rayonnement est effectuée dans la direction normale de z, la densité du flux radiatif est exprimée par la loi de Beer-Lambert (1). La divergence du flux radiatif, s'écrit sous la forme :

$$S_{rad}(s) = k_\lambda q_{0,\lambda} exp^{(-k_\lambda s)} \quad (3.7)$$

Où $q_{0,\lambda}$, k_λ et λ représentent, respectivement, la densité de flux radiatif incident à la surface de la préforme, le taux d'absorption de la préforme et la longueur d'onde.

Dans notre étude, le milieu qui sépare la source de la matière thermoplastique est supposé transparent au rayonnement et la surface de la source est diffuse. Pour tenir compte des géométries arbitraires des éléments du four et de la feuille thermoplastique, nous subdivisons leurs surfaces en petites surfaces élémentaires simples. La quantité d'énergie $q_{0,\lambda}$, interceptée par une surface finie thermoplastique A_j , envoyée à partir d'une source de surface finie A_i , est donnée par la relation suivante **[11]** :

$$q_{0,\lambda}(T_s) = \frac{A_i}{A_j} F_{ij} E_{bi}(T_s) \quad (3.8)$$

F_{ij} est le facteur de forme. Il donne la fraction de flux intercepté par la surface de la préforme, le flux étant émis par les différentes surfaces de lampes. La valeur d'un facteur se situe donc entre 0 et 1. Le terme $E_b(T_s)$, quant à lui, représente l'émittance du corps noir définit dans l'hypothèse des émetteurs infrarouges supposés des corps noirs (Voir paragraphe **3.2.1**).

En considérant 6 lampes et p préforme, l'équation (3.8) se met sous la forme (avec i le nombre de lampes) :

$$q_{0,\lambda}(T_s) = \frac{A_i}{A_j}\left(F_{1p}\sigma T_{s1}^4 + F_{2p}\sigma T_{s2}^4 + F_{3p}\sigma T_{s3}^4 + F_{4p}\sigma T_{s4}^4 + F_{5p}\sigma T_{s5}^4 + F_{6p}\sigma T_{s6}^4\right) \quad (3.9)$$

Soit :

$$q_{0,\lambda}(T_s) = \frac{A_i}{A_j}\sum_{i=1}^{n} F_{ip} E_{bi}(T_s) \quad (3.10)$$

En substituant (10) dans (7) on obtient :

$$S_{rad}(s) = k_\lambda \frac{A_i}{A_j} \sum_{i=1}^{n} F_{ip} E_{bi}(T_s)\, exp^{(-k_\lambda s)} \quad (3.11)$$

Soit :

$$S_{rad}(s) = k_\lambda \frac{A_i}{A_j} \sum_{i=1}^{n} F_{ip} \sigma T_{si}^4\, exp^{(-k_\lambda s)} \quad (3.12)$$

Le four dont il est question est doté de réflecteurs en aluminium. Constitués de deux plaques d'aluminium poli situées à l'arrière des lampes et de l'autre côté de la préforme, ces deux réflecteurs sont considérés comme spéculaires. Ils permettent de venir réémettre directement vers la préforme l'ensemble du rayonnement émis du côté opposé.

Ainsi Pour limiter l'étendu de notre étude, les lampes sont considérées comme de corps convexes dans une enceinte constituée par des réflecteurs. Dans notre étude, nous considérons que tous les rayons issus de i lampes arrivent sur p préforme ; et de ce fait $F_{ip} = 1$, et l'équation (3.12) devient :

$$S_{rad}(s) = k_\lambda \frac{A_i}{A_j} \sum_{i=1}^{n} \sigma T_{si}^4\, exp^{(-k_\lambda s)}$$

Ensuite, en rapportant cette expression dans (4) tout en sachant que $S_{rad}(s) = -\nabla\overrightarrow{q_{rad}}(s)$ (cfr. Equation (6)), nous obtenons :

$$\rho C_p \frac{\partial T}{\partial t} = \nabla.(k\nabla \mathrm{T}) + k_\lambda \frac{A_i}{A_j} \sum_{i=1}^{n} \sigma T_{si}^4\, exp^{(-k_\lambda s)} \quad (3.13)$$

L'équation différentielle (13) n'est pas suffisante pour avoir complètement la solution. De ce fait, il faut avoir des contions aux bords ou conditions limites.

3.2.3 JUSTIFICATION ET CHOIX DES CONDITIONS AUX LIMITES

Les conditions aux limites géométriques résultent des différents phénomènes physiques de transfert de chaleur. S'appliquant sur toute ou une partie de la surface extérieure Γ du domaine Ω étudié (de normale sortante $\vec{n}$), ces conditions aux limites sont de plusieurs types. Nous nous contentons ici de présenter les plus fréquentes, traduisant le lien entre la préforme et le milieu extérieur.

CONDITION DE DIRICHLET : TEMPÉRATURE IMPOSÉE

Correspondant au contact avec le système de fixation de la préforme régulé thermiquement, cette condition se met sous la forme :

Quel que soit l'instant : **t** : $T(\mathrm{z} = 0, t) = T_{imp} = 25°\mathrm{C}$ soit $298°\mathrm{K}$. (3.14)

Où T_{imp} représente la température imposée au col de la préforme (cfr. Figure 18).

3.2.4 PROPRIÉTÉS THERMO-PHYSIQUES DU P.E.T ET CALCUL DU COEFFICIENT CONVECTIF h_f

3.2.4.1 MASSE VOLUMIQUE ρ

Il existe à ce jour peu de travaux concernant la simulation du chauffage des préformes dans un four IRC (InfraRouge Court) **[5,7]**. En ce qui concerne le chauffage, la température de la préforme va croître depuis la température ambiante jusqu'à une température souhaitée au-delà de la température de transition vitreuse. Généralement, les bouteilles sont soufflées aux environs de 100°C.

La masse volumique est un paramètre simple à mesurer et de nombreuses valeurs sont facilement identifiables dans la littérature. Comme le montre **[36]**, il est possible de considérer une valeur moyenne fixe pour la masse volumique. Dans notre travail, elle sera considérée comme égale à la moyenne des valeurs trouvées soit 1335 kg.m^{-3}.

3.2.4.2 CHALEUR SPÉCIFIQUE C_p

La détermination de la chaleur spécifique peut être réalisée par DSC (Differential Scanning Calorimetry) pour différentes températures. Ce type de mesure a l'avantage de fournir de bons résultats et surtout d'avoir une bonne répétabilité.

Les auteurs de **[37], [38]** considèrent un C_p fixe. Cette approximation reste grossière. Dans**[21]** il est montré que d'un C_p variable modifie pleinement la cartographie finale en température de la préforme en sortie de moule. La chaleur spécifique diminue entre 80°C à 100°C pour passer de 1600 J/kgK à 1200 J/kgK.

La valeur que nous choisissons dans cette étude est la moyenne donnée par A. Yousefi soit 1400 J/kgK. Elle offre une thermo-dépendance satisfaisante sur la plage de température qui nous concerne et est en accord avec d'autres mesures ponctuelles trouvées dans la littérature.

3.2.4.3 CONDUCTIVITÉ THERMIQUE k

La conductivité thermique du P.E.T. est faible. De nombreuses sources issues de la littérature la quantifie car elle est utilisée pour la modélisation du chauffage de la préforme, mais également du soufflage si la résolution utilise un couplage thermomécanique.

Tableau 7. Valeurs de la conductivité thermique issues de la littérature.

Température (°C)	Conductivité thermique (W.m^{-1}. K^{-1})	Source
Cste	0.253	**[21]**
Cste	0.24	**[38]**
23 °C	Entre 0.12 et 0.4	**[39]**

Dans le cadre de notre étude, nous choisissons finalement de travailler avec une valeur de conductivité thermique constante soit 0.12 W.m^{-1}. K^{-1}.

3.2.4.4 COEFFICIENT D'ABSORPTION k_λ

Cédric Champin **[20]** a démontré que le coefficient d'absorption k_λ diminue quand la profondeur de pénétration augmente. Dans **[20]** l'auteur a identifié un coefficient d'absorption $k_\lambda = 1027m^{-1}$ pour une bande spectrale située dans [0.25-5]μm , pour une profondeur de pénétration équivalente à 1mm. Etant donné que dans notre étude, nous avons une profondeur plus ou moins 3 fois plus grande que celle identifiée dans **[20]** notre k_λ sera plus ou moins 3 fois plus faible que celui identifié **[20]** Dans nos calculs nous considérons un coefficient d'absorption moyen $k_\lambda = 270m^{-1}$

3.2.4.5 COEFFICIENT CONVECTIF h_f

Le calcul du coefficient convectif en régime forcé suit les étapes suivantes **[44]**:

a) Evaluation des propriétés du fluide (air) à la température de référence:

$$T_{ref} = \frac{T_p + T_f}{2} \quad (3.15)$$

Avec T_p la température moyenne de la préforme et T_f la température moyenne de l'ambiance.

Les Propriétés sont évaluées à 120°C pour la préforme et 40°C pour l'air ambiant comme suit :

$\frac{120+40}{2} = 80°C$, soit 353°K proche de 350°K

Et d'après les tables publiées par Frank M. White **[40]**, à 350°K et à pression atmosphérique, on a les propriétés thermophysiques de l'air données dans le tableau 8.

Tableau 8. Air à pression atmosphérique [40]

T	ρ	μ	ν	C_p	k_{air}	α	Pr
°K	kgm^{-3}	kgm^{-1}s^{-1}	m^{2}s^{-1}	Jkg^{-1}K^{-1}	Wm^{-1}K^{-1}	m^{2}s^{-1}	
350	0.998	2.08 .10^{-5}	2.08 .10^{-5}	1009	0.0300	2.98 .10^{-5}	0.697

Avec :

- T, température en kelvin ;
- ρ, masse volumique ;
- μ ,viscosité dynamique ;
- ν,Viscosité cinématique ;
- k_{air} Conductivité thermique ;
- α, diffusivité thermique ;
- Pr, nombre de Prandtl.

b) Le nombre de Nusselt N_u Permet de déduire le coefficient d'échange moyen $\boldsymbol{h_f}$ comme suit :

$$h_f = \frac{N_u * k_{air}}{d} \quad (3.16)$$

Les corrélations en convection forcé donnent selon le régime d'écoulement :

$$N_u = fonction(R_e, P_r)$$

Pour une vitesse de l'air entrainé par le ventillateur de $N = 39\%\ de\ 2600 \frac{tr}{min} = 1014 \frac{tr}{min}$, soit $V = \frac{2\pi N}{60} = \frac{2\pi.1014}{60} = 106\ m/s$ et la longeur caracteristique de la préforme $d = 75mm$ soit $0.075m$

c) Calcul de Reynolds

$$Re_x = \frac{\rho.V}{\mu}.d = \frac{V}{\nu}.d \quad (3.17)$$

$$Re_x = \frac{\rho.V}{\mu}.d = \frac{V}{\nu}.d = \frac{106}{2.08*10^{-5}} * 0.075 = 3.822\ .10^5$$

d) Calcul du Nombre de Nusselt moyen:

Etant donné que $0.6 < Pr < 50$ (voir tableau 8) Donc :

$$N_u = Pr^{1/3} * (0.037 * Re_x^{0.8} - 850) \quad (3.18)$$

$$N_u = Pr^{1/3} * (0.037 * Re_x^{0.8} - 850) = (0.697)^{1/3} * (0.037 * (3.822 * 10^5)^{0.8} - 850) = 205.3$$

e) Calcul du Coefficient d'échange moyen :

$$h_f = \frac{N_u * k_{air}}{d} = \frac{205.3 * 0.03}{0.075} = 82.12\ \mathrm{W}/m^2\mathrm{K}$$

3.3 METHODE GALERKIN STANDARD

La solution de l'équation de conservation d'énergie (3.13) de manière analytique n'est pas toujours possible. Généralement, une alternative est l'utilisation des méthodes numériques. Ils existent plusieurs techniques permettant de résoudre l'équation de conservation d'énergie de manière numérique, la plus utilisée est la méthode des éléments finis **[15], [16].**

L'approche Galerkin standard est utilisée pour résoudre le problème thermique à une seule inconnue (la température). Cette méthode consiste à diviser le domaine physique à traiter en plusieurs sous domaines appelés éléments finis à dimensions non infinitésimales. La solution recherchée est remplacée dans chaque élément par une approximation avec des polynômes simples et le domaine peut ensuite être reconstitué avec l'assemblage ou sommation de tous les éléments **[25].**

La résolution d'un problème physique par éléments finis suit grosso modo les étapes suivantes :

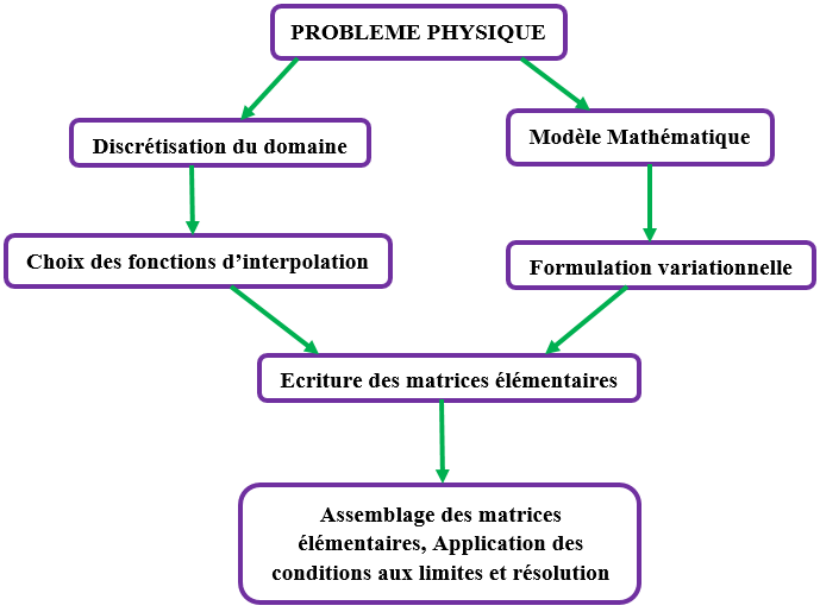


Fig. 19. Etapes générales de la méthode des éléments finis [25]

De ce fait, nous distinguons cinq étapes à savoir :

Etape 1 : Formulation des équations gouvernantes et des conditions aux limites. L'application de la MEF exige une réécriture de ces équations sous forme intégrale. La formulation faible est souvent utilisée pour inclure les conditions aux limites.

Etape 2 : Division du domaine en sous domaines. Cette étape consiste à discrétiser le domaine en éléments et calculer les connectivités de chacun ainsi que les coordonnées de ses nœuds. Elle constitue ainsi la phase de préparation des données géométriques.

Etape 3 : Approximation sur un élément. Dans chaque élément la variable telle que la température, la pression, le déplacement, est approximée par une simple fonction linéaire, polynomiale ou autres. Le degré du polynôme d'interpolation est relié au nombre de noeuds de l'élément. L'approximation nodale est appropriée. C'est dans cette étape que se fait la construction des matrices élémentaires.

Etape 4 : Assemblage et application des conditions aux limite. Toutes les propriétés de l'élément (Capacité thermique, conductivité thermique, masse, rigidité…) doivent être assemblées afin de former le système algébrique pour les valeurs nodales des variables physiques. C'est à ce niveau qu'on utilise les connectivités calculées à l'étape 2 pour construire les matrices globales à partir des matrices élémentaires.

Etape 5 : Résolution du système global : Le système global peut être linéaire ou non linéaire. Il définit soit un problème de propagation qui concerne le cas transitoire (non stationnaire) dans lequel il faut déterminer les variations dans le temps des variables physiques et la propagation d'une valeur initiale **[25].**

3.3.1 FORMULATION VARIATIONNELLE

Afin de formuler dans un sens faible le problème thermique instationnaire de l'Equation (3.13), nous considérons l'espace V des fonctions tests T^* s'annulant sur Γ(condition de Dirichlet). En multipliant (3.13) par T^* et en intégrant par partie sur le domaine Ω, on obtient:

$$\int_\Omega \rho C_p \frac{\partial T}{\partial t} T^* d\Omega - \int_\Omega \nabla.\left(k\vec{\nabla}\mathrm{T}\right)T^* d\Omega = \int_\Omega k_\lambda \frac{A_i}{A_j} \sum_{i=1}^{n} \sigma T_{si}^4 \, exp^{(-k_\lambda s)} \; T^* d\Omega \;\; \forall\, T^* \in V \qquad (3.19)$$

En développant la deuxième intégrale du terme de gauche de 19 en appliquant le théorème de la divergence (également appelé théorème de Green-Ostrogradski ou théorème de flux-divergence), on obtient :

$$\int_\Omega \nabla.\left(k\vec{\nabla}\mathrm{T}\right)T^* d\Omega = \int_\Gamma k\vec{\nabla}\mathrm{T}.\vec{n}.T^* d\Gamma - \int_\Omega k\vec{\nabla}\mathrm{T}.\nabla T^* d\Omega \;\; \forall\, T^* \in V \qquad (3.20)$$

D'autre part, la partie frontalière de l'équation (5) nous permet d'avoir :

$$\int_{\Gamma} k\vec{\nabla}\mathrm{T}.\vec{n}.T^{*}d\Gamma = -\int_{\Gamma} h_f\left(T - T_f\right)T^{*}d\Gamma \quad \forall T^{*} \in V \tag{3.21}$$

Finalement, la formulation faible de l'équation de la chaleur s'exprime comme suit :

$$\int_{\Omega} \rho C_p \frac{\partial T}{\partial t}T^{*}d\Omega + \int_{\Omega} k\vec{\nabla}\mathrm{T}.\nabla T^{*}d\Omega + \int_{\Gamma} h_f\left(T - T_f\right)T^{*}d\Gamma = \int_{\Omega} k_\lambda \frac{A_i}{A_j}\sum_{i=1}^{n}\sigma T_{si}^{4}\, exp^{(-k_\lambda s)}\; T^{*}d\Omega \quad \forall T^{*} \in V \tag{3.22}$$

En gardant les inconnues au premier membre, l'équation de chaleur devient :

$$\int_{\Omega} \rho C_p \frac{\partial T}{\partial t}T^{*}d\Omega + \int_{\Omega} k\vec{\nabla}\mathrm{T}.\nabla T^{*}d\Omega + \int_{\Gamma} h_f T\, T^{*}d\Gamma =$$
$$\int_{\Omega} k_\lambda \frac{A_i}{A_j}\sum_{i=1}^{n}\sigma T_{si}^{4}\, exp^{(-k_\lambda s)}\; T^{*}d\Omega + \int_{\Gamma} h_f T_f\, T^{*}d\Gamma \quad \forall T^{*} \in V \tag{3.23}$$

3.3.2 DISCRÉTISATION PAR LA MÉTHODE DES ÉLÉMENTS FINIS

Le champ de températures $\mathrm{T}(\mathrm{z}\,,\mathrm{t})$ a pour expression sur l'ensemble du domaine V **[17]**:

$$\mathrm{T}(\mathrm{z},\mathrm{t}) = [N_1(\mathrm{z})\ldots N_i(\mathrm{z})\ldots N_n(\mathrm{z})]\begin{Bmatrix} T_1(t) \\ \vdots \\ T_i(t) \\ \vdots \\ T_n(t) \end{Bmatrix} \tag{3.24}$$

$$\mathrm{T}(\mathrm{z},\mathrm{t}) = [N(\mathrm{z})]\{T(t)\}$$

Où :

- n est le nombre de nœuds du maillage.
- Les fonctions $N_i(\mathrm{z})$ sont les fonctions d'interpolation (ou fonctions de forme).
- $[N(\mathrm{z})]$ Est la matrice d'interpolation.
- $\{T(t)\}$ Est le vecteur des températures nodales

Les fonctions d'interpolation vérifient les relations :

$$N_i^{e}\left(z_j\right) = \delta_{ij}\,, N_i\left(z_j\right) = \delta_{ij} \quad \forall i,j \tag{3.25}$$

Où $\left(z_j\right)$ est la coordonnée du nœud j pour l'élément i.

La constante δ_{ij}est donnée par :

$$\delta_{ij} = \begin{cases} 1 & j = i \\ 0 & j \neq i \end{cases} \tag{3.26}$$

3.3.3 DISCRÉTISATION DE LA FORME INTÉGRALE FAIBLE

L'expression du champ de températures vue en (3.24) permet donc d'obtenir la distribution de températures en tous points du domaine global par interpolation (au moyen des fonctions de forme) des valeurs de température nodales. L'objectif, dans le cadre de la résolution d'un problème thermique au moyen de la méthode des éléments finis, est donc d'obtenir le vecteur de températures nodales. La forme intégrale faible (3.23) peut également être discrétisée afin d'obtenir une équation dont la solution est le vecteur de températures nodales. Les expressions ci-dessous permettent de déduire cette équation :

$$T = [N]\{T\} \tag{3.27}$$

On déduit:

$$\frac{\partial T}{\partial t} = [N]\left\{\frac{\partial T}{\partial t}\right\} \tag{3.28}$$

Et :

$$\{\nabla T\} = [B]\{T\} \tag{3.29}$$

Avec :

$$[B] = [\{B_1\} \quad \dots \quad \{B_i\} \quad \dots \quad \{B_n\}] \tag{3.30}$$

Où $\{B_i\}$ dépend du problème traité (spatial, plan, axisymétrique, etc.). En considérant la face de la préforme éclairée par les lampes dans le plan suivant la direction longitudinale, par conséquent $\{B_i\}$ peut s'écrire :

$$\{B_i\} = \left\{\frac{\partial N_i}{\partial z}\right\} \tag{3.31}$$

De même, on a:

$$T^* = [N]\{T^*\} = \{T^*\}^T[N]^T \tag{3.32}$$

D'où

$$\{\nabla T^*\} = [B]\{T^*\}, \{\nabla T^*\} = \{T^*\}^T[B]^T \tag{3.33}$$

En portant les relations ci-dessus dans l'équation (23), on obtient :

$$\int_\Omega \rho C_p[N]\left\{\frac{\partial T}{\partial t}\right\}\{T^*\}^T[N]^T d\Omega + \int_\Omega k[B]\{T\}\{T^*\}^T[B]^T d\Omega + \int_\Gamma h_f[N]\{T\}\{T^*\}^T[N]^T d\Gamma = \int_\Omega k_\lambda \frac{A_i}{A_j}\sum_{i=1}^n \sigma T_{si}^4 exp^{(-k_\lambda s)}\{T^*\}^T[N]^T d\Omega + \int_\Gamma h_f T_f \{T^*\}^T[N]^T d\Gamma \tag{3.34}$$

En mettant en évidence $\left\{\frac{\partial T}{\partial t}\right\}$, $\{T\}$ et $\{T^*\}^T$, l'équation (34) devient :

$$\{T^*\}^T.\left(\int_\Omega \rho C_p[N]^T[N]\, d\Omega\right).\left\{\frac{\partial T}{\partial t}\right\} + \{T^*\}^T.\left(\int_\Omega k[B]^T[B]d\Omega\right).\{T\} + \{T^*\}^T\left(\int_\Gamma h_f[N]^T[N]d\Gamma\right)\{T\} = \{T^*\}^T\int_\Omega k_\lambda \frac{A_i}{A_j}\sum_{i=1}^n \sigma T_{si}^4 exp^{(-k_\lambda s)}[N]^T d\Omega + \{T^*\}^T\int_\Gamma h_f T_f[N]^T d\Gamma \tag{3.35}$$

En groupant tous les termes semblables en $\{T\}$ l'équation (35) devient :

$$\{T^*\}^T.\left[\left(\int_\Omega \rho C_p[N]^T[N]\, d\Omega\right).\left\{\frac{\partial T}{\partial t}\right\} + \left(\int_\Omega k[B]^T[B]d\Omega + \int_\Gamma h_f[N]^T[N]d\Gamma\right).\{T\}\right] = \{T^*\}^T.\left[\int_\Omega k_\lambda \frac{A_i}{A_j}\sum_{i=1}^n \sigma T_{si}^4 exp^{(-k_\lambda s)}[N]^T d\Omega + \int_\Gamma h_f T_f[N]^T d\Gamma\right] \tag{3.36}$$

Enfin l'équation (36) prend la forme suivante :

$$\{T^*\}^T\left([C]\left\{\frac{\partial T}{\partial t}\right\} + [K]\{T\}\right) = \{T^*\}^T\{Q\} \tag{3.37}$$

Soit la fonction résidu : $\mathcal{R}(T, T^*) = \{T^*\}^T\left([C]\left\{\frac{\partial T}{\partial t}\right\} + [K]\{T\} - \{Q\}\right)$ (3.38)

- $\{T\}$ Est le vecteur des températures nodales en Kelvin, il représente le vecteur solution, regroupant tous les nœuds à l'exception de ceux où T_i est imposée sur le bord Γ. $\{T\}$ est la solution recherchée au problème thermique posé.
- $[C]$ Est la matrice de capacité thermique en [J/K], symétrique définie positive, définie par :

$$[C] = \left(\int_\Omega \rho C_p[N]^T[N]\, d\Omega\right) \tag{3.39}$$

Elle joue un rôle en régime transitoire. Elle caractérise la capacité à stocker l'énergie par la préforme. Elle est symétrique par construction.

- $[K]$ Est la matrice de conductivité thermique en [W/K] définie positive telle que :

$$[K] = \int_{\Omega} k[B]^T[B]d\Omega + \int_{\Gamma} h_f[N]^T[N]d\Gamma \quad (3.40)$$

Elle joue un rôle en régime transitoire et permanent. Elle caractérise la capacité de la préforme à transférer l'énergie. Contrairement à sa dénomination, elle contient tout de même un terme caractérisant la convection thermique. Elle est également symétrique par construction.

- $\{Q\}$ Est le vecteur chargement (vecteur des flux nodaux) en [W/m^2]: Elle contient aussi bien l'influence des charges thermiques volumiques que les flux au travers des surfaces du solide. Toutes ces charges et flux sont transformés en flux nodaux afin d'être exploitables par la méthode des éléments finis.

$$\{Q\} = \int_{\Omega} k_\lambda \frac{A_i}{A_j} \sum_{i=1}^{n} \sigma T_{si}^4 \, exp^{(-k_\lambda s)}[N]^T d\Omega + \int_{\Gamma} h_f T_f [N]^T d\Gamma \quad (3.41)$$

3.3.4 CALCULS ÉLÉMENTAIRES ET ASSEMBLAGE

Les matrices [C] et [K] ainsi que le vecteur {Q} sont construits en pratique élément par élément. Pour l'assemblage, il est tout d'abord nécessaire de calculer les matrices $[C^e]$, $[K^e]$ et le vecteur $\{Q^e\}$ caractéristiques de chaque élément dont Ω_e représente le volume de l'élément (e) et Γ_e la partie de Γ qui appartient à la frontière de l'élément (e), comme illustré à la figure 20.

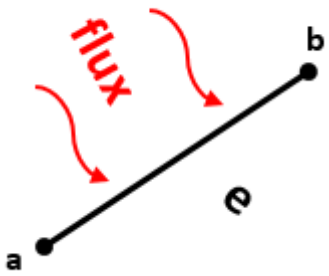


Fig. 20. Représentation d'un élément fini (e) au sein du domaine global

De l'expression du champ de températures dans l´élément (e) :

$$T^e = [N^e]\{T^e\}, \quad (3.42)$$

on déduit :

$$\{\nabla T^e\} = [B^e]\{T^e\} \quad (3.43)$$

De même, on a :

$$T^{e*} = [N^e]\{T^{e*}\} = \{T^{e*}\}^T[N^e]^T \quad (3.44)$$

D'où : $\{\nabla T^{e*}\} = [B^e]\{T^{e*}\}$, $\{\nabla T^{e*}\} = \{T^{e*}\}^T[B^e]^T$ (3.45)

En rapportant ces expressions dans l'équation (38), on obtient:

$$\mathcal{R}(T, T^*) = \sum_e \{T^{e*}\}^T \left([C^e]\left\{\frac{\partial T^e}{\partial t}\right\} + [K^e]\{T^e\} - \{Q^e\} \right) \quad (3.46)$$

Où

$$[C^e] = \left(\int_{\Omega^e} \rho C_p [N^e]^T [N^e] \, d\Omega \right) \quad (3.47)$$

$$[K^e] = \int_{\Omega^e} k[B^e]^T[B^e]d\Omega + \int_{\Gamma^e} h_f[N^e]^T[N^e]\, d\Gamma \quad (3.48)$$

$$\{Q^e\} = \int_{\Omega^e} k_\lambda \frac{A_i}{A_j} \sum_{i=1}^{n} \sigma T_{si}^4\, exp^{(-k_\lambda s)}[N^e]^T d\Omega + \int_{\Gamma^e} h_f T_f [N^e]^T\, d\Gamma \quad (3.49)$$

Dans ces formules, Ω^e représente le volume de l'élément (e) et Γ^e la partie de Γ qui appartient à la frontière de l'élément (e). Ces quantités sont en général ´évaluées numériquement. L'équation (3.46) s'écrit :

$$\mathcal{R}(T, T^*) = \sum_e \{T^*\}^T \left([C^e] \left\{ \frac{\partial T}{\partial t} \right\} + [K^e]\{T\} - \{Q^e\} \right) \quad (3.50)$$

Ces matrices et vecteurs sont ensuite modifiées par expansion afin d'avoir la même dimension que les matrices et vecteur globaux. Elles sont nommées $[C^e]$, $[K^e]$ et $\{Q^e\}$ et leurs seuls termes non nuls sont les termes associés aux degrés de liberté de l'élément (e). Les matrices et vecteur globaux se calculent dès lors par :

$$[C_g] = \sum_e [C^e]\ , [K_g] = \sum_e [K^e]\ , [Q_g] = \sum_e [Q^e]$$

3.4 MAILLAGE DE LA PREFORME DE 18G

La première étape consiste à paramétrer le profil de température longitudinal de la préforme. Pour cela, nous avons choisi un maillage longitudinal linéaire (figure 21). Durant toute l'opération de chauffage, la température du col de la préforme est fixée à $T_1 = 25°C$ soit 298°K, qui est aussi la condition aux limites. Elle vise à limiter la déformation du col durant le chauffage IR.

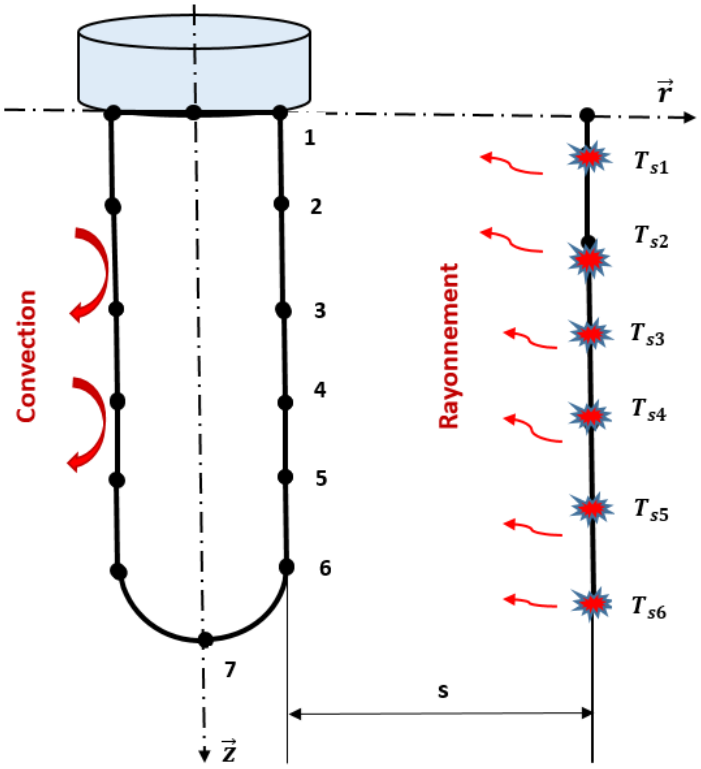


Fig. 21. Maillage de la préforme en élément à deux noeuds

La division du domaine Ω en plusieurs éléments est appelée maillage. On utilise un tableau pour la description du maillage appelé tableau de connectivités. Pour notre étude nous avons un cas de 6 éléments à 7 nœuds.

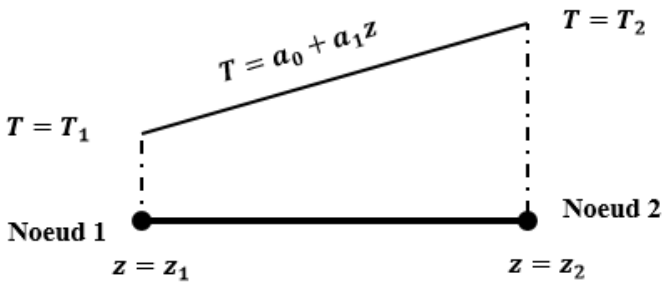
Tableau 9. Tableau des connectivités

Elément	1	2	3	4	5	6
Nœud 1	1	2	3	4	5	6
Nœud 2	2	3	4	5	6	7

3.4.1 DISCRÉTISATION ET INTERPOLATION SUR L'ÉLÉMENT

On peut interpoler la fonction T recherchée dans un élément par un polynôme. L'ordre du polynôme conditionne la précision de la solution approchée. Pour un élément à deux nœuds on peut prendre:

$$T = a_0 + a_1 z \tag{3.51}$$



Soit sous forme vectorielle:

$$T = < 1\ z^n > \begin{Bmatrix} a_0 \\ a_1 \end{Bmatrix} \equiv T = p a_n \tag{3.52}$$

Avec p vecteur ligne contenant les monômes z^n et a_n vecteur colonne contenant les facteurs du polynôme.

Cette approximation de la fonction inconnue T est appelée interpolation polynomiale, elle est fonction de a_0 et a_1 qui sont des coefficients sans valeur physique. Pour utiliser les valeurs de u aux nœuds on cherche une interpolation en fonction de T_1 et T_2. L'interpolation polynomiale aux nœuds s'écrit :

$$\begin{Bmatrix} T_1 \\ T_2 \end{Bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & z_1 \\ 1 & z_2 \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} a_0 \\ a_1 \end{Bmatrix} \equiv T_n = P_n a_n \tag{3.53}$$

L'inverse de ce système d'équations donne les paramètres a_n.

$$a_n = P_n^{-1} T_n \equiv \begin{Bmatrix} a_0 \\ a_1 \end{Bmatrix} = \frac{1}{z_2 - z_1} \begin{bmatrix} z_2 & -z_1 \\ -1 & 1 \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} T_1 \\ T_2 \end{Bmatrix} \tag{3.54}$$

$T = N T_n$ avec N un vecteur ligne contenant des fonctions de z appelées fonctions de forme. Cette interpolation est appelée interpolation nodale puisqu'elle dépend des valeurs aux nœuds de la fonction inconnue T.

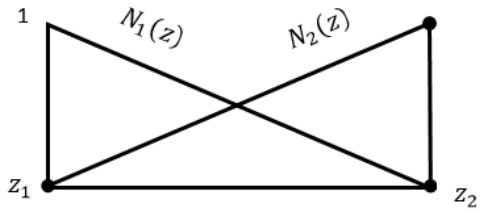
3.4.2 PROPRIÉTÉS DES FONCTIONS DE FORME

Il est intéressant de relever les propriétés suivantes pour les fonctions de forme N :

$$N_1(z) = \frac{z_2 - z}{z_2 - z_1} = \begin{cases} 1 & z = z_1 \\ 0 & z = z_2 \end{cases} ;\ N_2(z) = \frac{z - z_1}{z_2 - z_1} = \begin{cases} 1 & z = z_2 \\ 0 & z = z_1 \end{cases} \tag{3.55}$$

$$N_1(z) + N_2(z) = 1\ \forall z \in [z_1; z_2] \tag{3.56}$$

- Elles prennent la valeur unité aux nœuds de même indice et la valeur nulle aux autres nœuds.
- Leur somme est égale à l'unité sur tout l'intervalle de l'élément :



En gros, les deux fonctions de forme peuvent s'écrire sous forme des polynômes de Jacobi :

$$N_i(z) = \prod_{j \neq i} \frac{z - z_j}{z_i - z_j} \tag{3.57}$$

La matrice dérivée de fonction de forme $[B]$ est alors donnée par :

$$[B_i] = \left[\frac{\partial N_1(z)}{\partial z} \quad \frac{\partial N_2(z)}{\partial z}\right] = \left[\frac{-1}{z_2 - z_1} \quad \frac{1}{z_2 - z_1}\right] \tag{3.58}$$

3.5 SIMULATION

Dans cette section, il est question, à l'aide de la simulation numérique sous MATLAB du modèle trouvé précédemment de calculer les matrices élémentaires qui gouvernent les phénomènes thermiques ensuite de les assembler. Et dans un second temps de pouvoir déterminer la distribution de température en régime stationnaire.

3.5.1 INTÉGRATION DES MATRICES ÉLÉMENTAIRES DE CAPACITÉS THERMIQUES $[\mathbf{C^e}]$:

Dans l'hypothèse où l'épaisseur de la préforme reste constante durant le processus de chauffage, la matrice de capacité élémentaire donnée par l'équation (3.47) peut s'écrire :

$$[C^e] = \int_z \rho C_p A_e [N^e]^T [N^e]\, dz \tag{3.59}$$

Avec :

$$A_e = \pi(R_e^2 - R_i^2). \tag{3.60}$$

L'équation (3.59) est celle que nous allons implémenter sur MATLAB pour l'intégration de toutes les matrices élémentaires de capacités thermique.

Après implémentation sur MATLAB, nous trouvons :

$$C_g = \begin{bmatrix} 1.1432 & 0.5716 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0.5716 & 2.2863 & 0.5716 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0.5716 & 2.2863 & 0.5716 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0.5716 & 2.2863 & 0.5716 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0.5716 & 2.2863 & 0.5716 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0.5716 & 2.2863 & 0.5716 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0.5716 & 1.1432 \end{bmatrix}$$

3.5.2 INTÉGRATION DES MATRICES ÉLÉMENTAIRES DE CONDUCTIVITÉS THERMIQUES $[\mathbf{K^e}]$

La matrice $[B^e]$ de l'équation (3.48) étant constante sur l''élément. En considérant l'hypothèse de la constance de l'épaisseur de l'élément et si de plus les coefficients k et h_f du matériau sont constants, la matrice de conductivité élémentaire (3.48) se réduit à :

$$[K^e] = k z_e A_e [B^e]^T [B^e] + \int_z h_f t_e [N^e]^T [N^e]\, dz \tag{3.61}$$

Avec z_e la longueur élémentaire et $t_e = 2\pi(R_e - R_i)$.

L'équation (3.61) est celle que nous allons implémenter sur MATLAB pour l'intégration de toutes les matrices élémentaires de conductivités thermiques. Après implémentation nous trouvons :

$$K_g = \begin{bmatrix} 0.0070 & 0.0014 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0.0014 & 0.0139 & 0.0014 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0.0014 & 0.0139 & 0.0014 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0.0014 & 0.0139 & 0.0014 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0.0014 & 0.0139 & 0.0014 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0.0014 & 0.0139 & 0.0014 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0.0014 & 0.0070 \end{bmatrix}$$

3.5.3 INTÉGRATION DES MATRICES ÉLÉMENTAIRES DE CHARGE $[\mathbf{Q^e}]$

En vertu de la constance de l'épaisseur de la préforme, l'équation (3.49) peut prendre la forme suivante :

$$\{Q^e\} = \int_z k_\lambda \frac{A_i}{A_j} \sum_{i=1}^{n} \sigma T_{si}^4 \, exp^{(-k_\lambda s)} A_e \, [N^e]^T dz + \int_z h_f T_f t_e [N^e]^T dz \tag{3.62}$$

Après implémentation sur MATLAB, nous trouvons :

$$Q_g = \begin{Bmatrix} 3.0297 \\ 6.0593 \\ 6.0593 \\ 6.0593 \\ 6.0593 \\ 6.0593 \\ 3.0297 \end{Bmatrix}$$

3.5.4 RÉGIME STATIONNAIRE

En régime stationnaire, la variation de la température en fonction du temps est nulle. De ce fait, partant de :

$$[C_g]\left\{\frac{\partial T}{\partial t}\right\} + [K_g]\{T\} = \{Q_g\}, \tag{3.63}$$

on déduit :

$$[K_g]\{T\} = \{Q_g\} \tag{3.64}$$

Les températures nodales inconnues du maillage à l'instant t_n quelconque sont égales à :

$$\{T\}_n = [K_g]^{-1}\{Q_g\} \tag{3.65}$$

Pour une plage des températures d'entrées(commande) pour chaque lampe (données expérimentales), illustrées dans le tableau (10).

Tableau 10. Valeurs de températures d'entrées $\{T\}_s$ en [°C]

Températures de Commande						
TEMPERATURE	**LAMPE 1**	**LAMPE 2**	**LAMPE 3**	**LAMPE 4**	**LAMPE 5**	**LAMPE 6**
$\{T\}_s$ **en [°C]**	40**°C**	39**°C**	46**°C**	43**°C**	43**°C**	58**°C**

Nous trouvons après l'implémentation sur Matlab, les températures de sorties (préforme) illustrées dans le tableau 11 suivant.

Tableau 11. Valeurs de températures longitudinales

Température Nodales $\{T\}_n$						
T1 [°C] : Imposée	**T2[°C]**	**T3 [°C]**	**T4 [°C]**	**T5 [°C]**	**T6 [°C]**	**T7 [°C]**
25°C	68.4 **°C**	93.6 **°C**	91.1 **°C**	91.3 **°C**	91.3 **°C**	91.3 **°C**
à 0cm	à 1.25 cm	à 2.5 cm	à 3.75 cm	à 5 cm	à 6.25 cm	à 7.5 cm

L'allure de la courbe de température en regime stationnaire est illustrée par la figure 22.

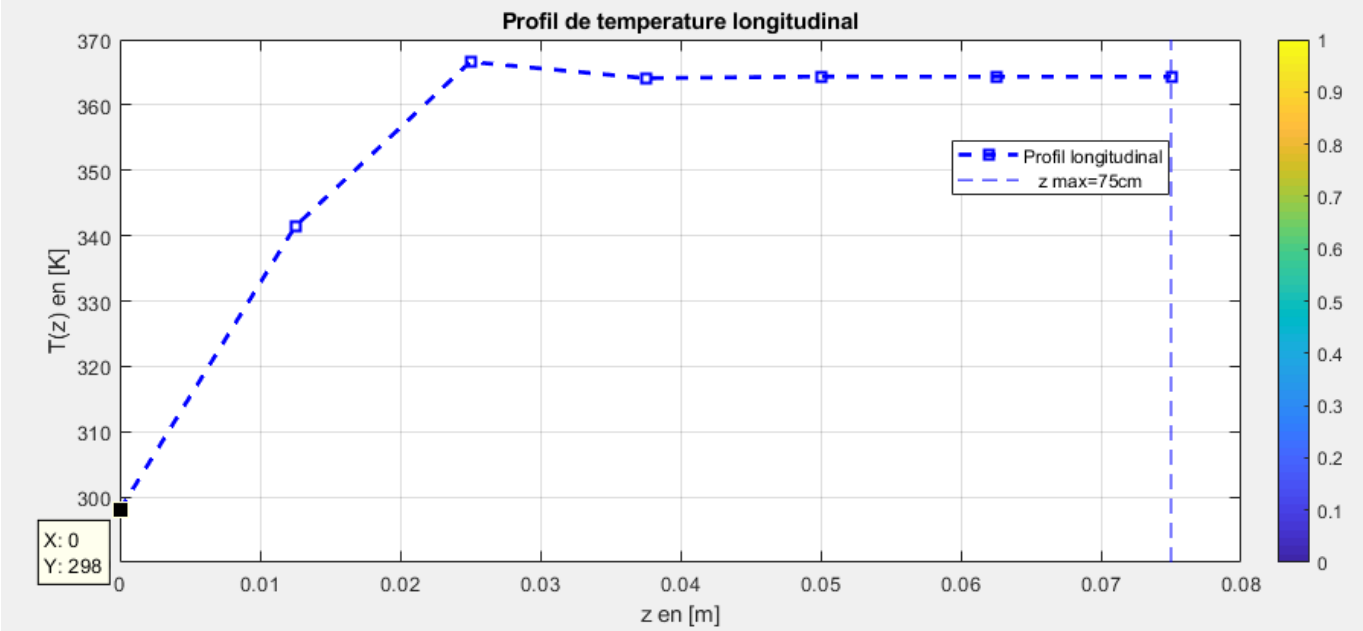


Fig. 22. Distribution de température en fonction de la profondeur

Nous constatons que la température au nœud T_1 est bien celle imposée au col de la préforme et devant rester constante tout au long du processus de chauffage.

3.6 CONCLUSION

Dans ce chapitre il a été question de modéliser le processus de chauffage infrarouge. Pour y arriver plusieurs hypothèses et phénomènes de transfert de chaleur ont été considérés. Le modèle mathématique obtenu étant une équation aux dérivées partielles non linéaires, une approche de résolution numérique par élément finis a été formulée. Le prochain chapitre sera consacré à sa simulation ainsi que sa commande optimale.

4 COMMANDE OPTIMALE DU PROCESSUS DE CHAUFFAGE INFRAROUGE

4.1 INTRODUCTION

Le chauffage IR de préforme en P.E.T est un système moins précis et lent en boucle ouverte. Une commande optimale est donc nécessaire. Dans ce chapitre, nous allons présenter deux techniques de commande optimale dans le cas linéaire. Le but étant de déterminer la commande la mieux adaptée pour ce genre de système.

L'objectif d'une régulation ou d'un asservissement est d'assurer le fonctionnement d'un procédé selon des critères prédéfinis par un cahier des charges malgré les perturbations agissant sur ce système asservi, le cahier des charges qui est traduit le plus souvent en consigne définit des critères qualitatifs à imposer comme la stabilité, la précision, la rapidité, la bande passante…etc.

4.2 L'ESPACE D'ÉTAT

Le régulateur en question est appliqué sur un système linéaire, qui peut être représenté par un modèle d'état sous la forme matricielle suite à une linéarisation comme suit:

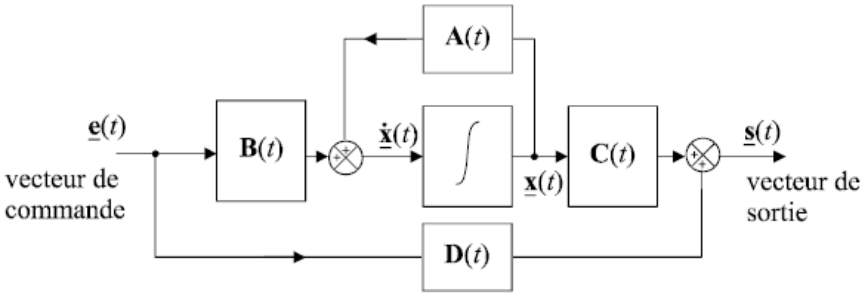


Fig. 23. Représentation schématique d'une modélisation d'état [45]

Avec x : La variable d'état qui représente dans notre cas le vecteur température T

$$\begin{cases} \dot{x}(t) = Ax(t) + Be(t) \\ s(t) = Cx(t) + De(t) \end{cases} \quad (4.1)$$

La première équation s'appelle l'équation de commande. La seconde, équation d'observation.

- $x(t)$ Est appelée vecteur d'état du système de dimension n.
- $e(t)$ Est appelée vecteur d'entrée ou vecteur de commande du système de dimension ℓ.
- $s(t)$ Est appelée vecteur de sortie du système de dimension m.
- A Est appelée matrice d'état du système de dimension n×n.
- B Est appelée matrice d'entrée ou de commande du système de dimension n×ℓ.
- C Est appelée matrice de sortie du système de dimension m×n.
- D Est appelée matrice la matrice de transmission directe du système de dimension m×ℓ

Les équations linéarisées du système (3.63) peuvent également être représentées sous forme d'espace d'état si elles sont réarrangées en une série d'équations différentielles de premier ordre illustrée ci-dessous :

$$[C_g]\left\{\frac{\partial x}{\partial t}\right\} = -[K_g]\{x\} + \{Q_g\}\{e(t)\} \quad (4.2)$$

$$\left\{\frac{\partial x}{\partial t}\right\} = [C_g]^{-1}(-[K_g]\{x\} + \{Q_g\}\{e(t)\}) \quad (4.3)$$

$$\left\{\frac{\partial x}{\partial t}\right\} = -[C_g]^{-1}[K_g]\{x\} + [C_g]^{-1}\{Q_g\}\{e(t)\} \quad (4.4)$$

Posons :

$$-[C_g]^{-1}[K_g] = [A] \text{ et } [C_g]^{-1}\{Q_g\} = \{B\} \quad (4.5)$$

En substituant (4.5) dans l'équation (4.4), nous obtenons :

$$\dot{x}(t) = [A]x(t) + \{B\}e(t) \quad (4.6)$$

Après calcul sur Matlab (Cfr Annexe A.2), nous obtenons les matrices A, B, C et D suivantes :

$$A = \begin{bmatrix} -0.0067 & 0.0022 & -0.0006 & 0.0002 & 0 & 0 & 0 \\ 0.0011 & -0.0069 & 0.0012 & -0.0003 & 0.0001 & 0 & 0 \\ -0.0003 & 0.0012 & -0.0067 & 0.0011 & -0.0003 & 0.0001 & 0 \\ 0.0001 & -0.0003 & 0.0011 & -0.0066 & 0.0011 & -0.0003 & 0.0001 \\ 0 & 0.0001 & -0.0003 & 0.0011 & -0.0067 & 0.0012 & -0.0003 \\ 0 & 0 & 0.0001 & -0.0003 & 0.0012 & -0.0069 & 0.0011 \\ 0 & 0 & 0 & 0.0002 & -0.0006 & 0.0022 & -0.0067 \end{bmatrix}$$

Le vecteur de commande B est donné par :

$$B = \begin{Bmatrix} 1.7668 \\ 1.7668 \\ 1.7668 \\ 1.7668 \\ 1.7668 \\ 1.7668 \\ 1.7668 \end{Bmatrix}$$

La matrice de sortie C est donnée par :

$$C = [0 \quad 0 \quad 0 \quad 0 \quad 0 \quad 0 \quad 1]$$

La matrice d'intervention directe de l'entrée sur la sortie de dimension D est :

$$D = [313]$$

4.3 ANALYSE DU MODELE D'ETAT

4.3.1 ETUDE DE LA STABILITÉ

Le concept de stabilité est très important dans le fonctionnement de tout système physique. Dans cette section nous allons étudier la stabilité en boucle ouverte du système de chauffage IR de préforme en P.E.T. Une méthode simple pour l'évaluation de la stabilité d'un système linéaire est de calculer les valeurs propres de sa matrice d'évolution, données par la solution du polynôme caractéristique. Avec la matrice d'évolution A du modèle linéarisé du système de chauffage IR.

Le polynôme caractéristique est donné par : $|\lambda I - A|$

La commande $Eig\ (A)$ sous Matlab fournit immédiatement les valeurs propres de la matrice $[A]$, soit :

$$\lambda = \begin{Bmatrix} -0.0097 \\ -0.0089 \\ -0.0073 \\ -0.0061 \\ -0.0054 \\ -0.0049 \\ -0.0050 \end{Bmatrix}$$

Nous constatons que toutes les valeurs propres sont négatives. Donc le modèle de notre système est stable en boucle ouverte.

4.3.2 ETUDE DE LA COMMANDABILITÉ

La commandabilité est une propriété caractéristique du couplage entre l'entrée et la sortie du système et fera donc intervenir les matrices A et B. **Kalman** a proposé un critère simple construit à partir de ces deux matrices.

THÉORÈME DE KALMAN [47] :

Considérons un système LTI représenté par un vecteur d'état x, et une équation d'évolution de l'état (4.6) :

$$\dot{x}(t) = [A]x(t) + \{B\}e(t)$$

Où $A \epsilon \mathcal{R}^{n \times n}$, $B \epsilon \mathcal{R}^{n \times \ell}$ est commandable si et seulement si la matrice de la matrice de commandabilité C_{com} est de rang n.

$$rang(\boldsymbol{\mathcal{C}}_{com}) = rang([B \quad AB \quad A^2B \quad \dots \quad A^{n-1}B]) = n$$

Un système est commandable si $rang(\boldsymbol{\mathcal{C}}_{com}) = n$. On définit plus généralement le degré de commandabilité d'un système comme le rang de la matrice de commandabilité. Si $rang(\boldsymbol{\mathcal{C}}_{com}) < n$, alors le système est partiellement commandable.

Dans notre cas, la matrice de commandabilité $\boldsymbol{\mathcal{C}}_{com}$ est (Voir code Matlab en annexe A.2) :

$$\boldsymbol{\mathcal{C}}_{com} = \begin{bmatrix} 1.7668 & -0.0087 & 0.0000 & -0.0000 & 0.0000 & -0.0000 & 0.0000 \\ 1.7668 & -0.0086 & 0.0000 & -0.0000 & 0.0000 & -0.0000 & 0.0000 \\ 1.7668 & -0.0086 & 0.0000 & -0.0000 & 0.0000 & -0.0000 & 0.0000 \\ 1.7668 & -0.0086 & 0.0000 & -0.0000 & 0.0000 & -0.0000 & 0.0000 \\ 1.7668 & -0.0086 & 0.0000 & -0.0000 & 0.0000 & -0.0000 & 0.0000 \\ 1.7668 & -0.0086 & 0.0000 & -0.0000 & 0.0000 & -0.0000 & 0.0000 \\ 1.7668 & -0.0087 & 0.0000 & -0.0000 & 0.0000 & -0.0000 & 0.0000 \end{bmatrix}$$

Le rang de la matrice de commandabilité vaut :

$$rang(\boldsymbol{\mathcal{C}}_{com}) = \mathbf{4}$$

Nous constatons que le $rang(\boldsymbol{\mathcal{C}}_{com}) < 7$. Le système est partiellement commandable.

4.3.3 ETUDE DE L'OBSERVABILITÉ

Un critère de Kalman existe également pour la notion d'observabilité et fait intervenir la matrice dynamique A et la matrice de sortie C.

THÉORÈME DE KALMAN [47]. :

Considérons un système LTI représenté par un vecteur d'état x, et une équation d'évolution de l'état (4.6) :

$$\dot{x}(t) = [A]x(t) + \{B\}e(t)$$

Où $A \epsilon \mathcal{R}^{n \times n}$, $C \epsilon \mathcal{R}^{m \times n}$ est observable si et seulement si la matrice la matrice la matrice d'observabilité $\mathcal{O}$ est de rang n.

$$rang(\mathcal{O}_{obs}) = rang\left(\begin{bmatrix} C \\ CA \\ CA^2 \\ \vdots \\ CA^{n-1} \end{bmatrix}\right) = n$$

L'observabilité d'un système de matrices caractéristiques (A, C) sera appelée observabilité de la paire (A,C). Dans notre cas, la matrice d'observabilité $\mathcal{O}_{obs}$ est :

$$\mathcal{O}_{obs} = \begin{bmatrix} 0.0000 & 0.0000 & 0.0000 & 0.0000 & 0.0000 & 0.0000 & 1.0000 \\ -0.0000 & 0.0000 & -0.0000 & 0.0002 & -0.0006 & 0.0022 & -0.0067 \\ 0.0000 & -0.0000 & 0.0000 & -0.0000 & 0.0000 & -0.0000 & 0.0000 \\ -0.0000 & 0.0000 & -0.0000 & 0.0000 & -0.0000 & 0.0000 & -0.0000 \\ 0.0000 & -0.0000 & 0.0000 & -0.0000 & 0.0000 & -0.0000 & 0.0000 \\ -0.0000 & 0.0000 & -0.0000 & 0.0000 & -0.0000 & 0.0000 & -0.0000 \\ 0.0000 & -0.0000 & 0.0000 & -0.0000 & 0.0000 & -0.0000 & 0.0000 \end{bmatrix}$$

Le rang de la matrice d'observabilité vaut :

$$rang(\mathcal{O}_{obs}) = 6$$

Nous constatons que le $rang(\mathcal{O}_{obs}) < 7$, le système est partiellement observable.

4.4 COMMANDE PAR RETOUR D'ETAT

Le but de cette section est de synthétiser une loi de commande linéaire par retour d'état pour le chauffage infrarouge de préforme en P.E.T. Cette commande est synthétisée sur la base des matrices d'état du modèle linéaire. Les lois de commande présentées sont la commande par placement de pôles et la commande Linéaire Quadratique (LQR).

4.4.1 STRUCTURE DE LA LOI DE COMMANDE

Les équations du système en boucle fermée sont **[48]**:

$$\begin{cases} \dot{x} = Ax(t) + Bu(t) \\ s(t) = Cx(t) + De(t) \\ u(t) = e(t) - Kx(t) \end{cases} \quad (4.7)$$

L'équation d'état du système en boucle fermée s'écrit :

$$\dot{x} = \left[Ax(t) + B[e(t) - Kx(t)]\right] = (A - BK)x(t) + Be(t) \quad (4.8)$$

Par conséquent, la matrice d'état du système en boucle fermée vaut ($A - B$K). La dynamique du système en boucle fermée est donc fixée par les valeurs propres de la matrice ($A - B$K) ; ces valeurs propres sont les racines de l'équation caractéristique:

$$Det(SI - (A - BK)) = 0 \quad (4.9)$$

4.4.2 PLACEMENT DE PÔLES PAR RETOUR D'ÉTAT

Nous supposerons que toutes les variables d'état sont mesurables et sont disponibles pour la rétroaction. Si le système considéré est complètement contrôlable, alors les pôles du système en boucle fermée peuvent être placés à n'importe quel endroit désiré au moyen d'un retour d'état à travers une matrice de gain approprié.

4.4.2.1 PRINCIPE

Le principe est de déterminer une commande telle que les pôles du système en boucle fermée soient convenablement placés dans le plan complexe et satisfassent des spécifications d'amortissement, et de rapidité **[49]**. Les pôles de la fonction de transfert étant les valeurs propres de la matrice d'état.

Le but est donc de réaliser un asservissement modifiant convenablement la matrice d'état du système. C'est-à-dire faire imposer au système un comportement spécifié ou des performances désirées à travers l'application d'une loi de commande qui place les pôles du système en boucle fermée aux positions qui réalisent ces performances. La détermination des pôles désirés en boucle fermée est basée sur des critères de réponse transitoire et/ou de réponse fréquentielle, telles que la vitesse, l'amortissement, ou la bande passante, aussi bien que sur des conditions sur le régime permanant.

Autrement dit il s'agit de trouver une loi de commande linéaire, telle que les pôles du système de commande en boucle fermée avec cette loi coïncident exactement avec les racines d'un polynôme :

$$P(s) = s^n + p_n s^{n-1} + \cdots + p_2 s + p_1 \quad (4.10)$$

La loi de commande qui satisfait l'objectif précédent est alors appelée : « commande à placement de pôles ».

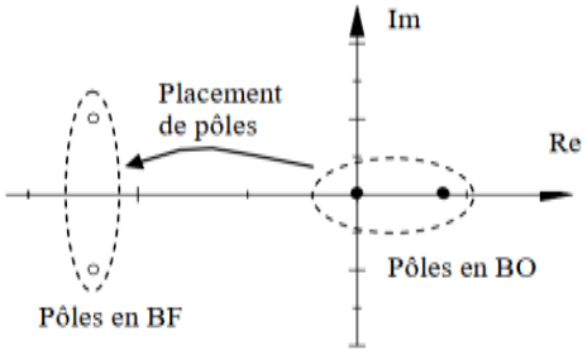


Fig. 24. Principe du placement de pôles [50]

En d'autres termes, le principe consiste à introduire des nouveaux paramètres dans un système de telle manière que nous puissions contrôler la localisation des pôles du système en boucle fermé. Le système contrôlé d'ordre n en boucle fermée aura alors une équation caractéristique d'ordre n qui sera de la forme : $s^n + a_{n-1}s^{n-1} + \cdots + a_1 s + a_0$

Alors, si nous pouvons introduire n paramètres dans notre système que nous désirons contrôler et que nous les relions aux coefficients de l'équation caractéristique ci-dessus, tous les pôles du système en boucle fermée peuvent donc être placés à n'importe quelle position désirée.

Considérons les équations d'état linéaires du système données par :

$$\dot{x} = Ax + Bu \tag{4.11}$$

En utilisant la loi de commande suivante : $u = -Kx$ (4.12)

La figure 25 montre le système défini par l'équation (4.11), en boucle ouverte puis en boucle fermée, sous l'effet de la loi de commande (4.12).

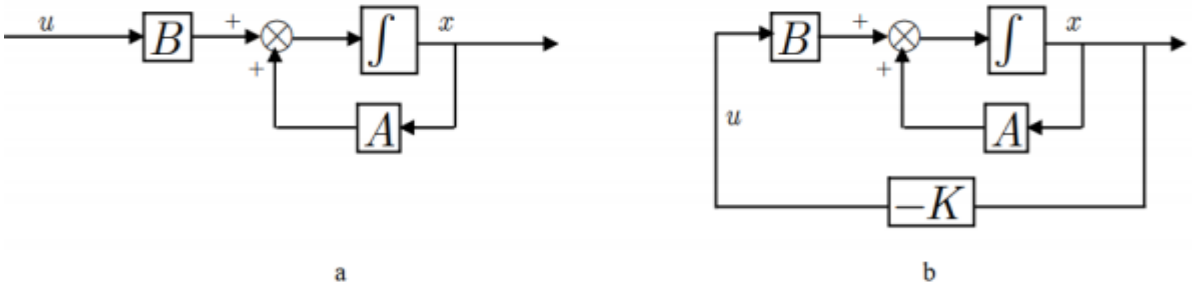


Fig. 25. (a) Système en boucle ouverte, (b) Système en boucle fermée [50]

Ce qui signifie que le signal de commande est déterminé par le vecteur d'état instantané. Une telle loi de commande est appelée retour d'état. La matrice K de dimension $(1xn)$ est appelée matrice de gain. La substitution de l'équation (4.12) dans l'équation (4.11) donne :

$$\dot{x} = (A - BK)x \tag{4.13}$$

La solution de cette équation est donnée par :

$$x(t) = e^{(A-BK)} * x(0) \tag{4.14}$$

Où $x\ (0) = T_0 = 313°K$ est l'état initial. Les caractéristiques de stabilité et de la réponse transitoire sont déterminées par les valeurs propres de la matrice $[A - BK]$. Si la matrice de gain K est choisie correctement, la matrice $[A - BK]$ peut être une matrice stable, et pour chaque $x\ (0)\ \neq\ 0$, il est possible que le vecteur x(t) tend vers 0 quand t tend vers l'infini. Les valeurs propres de la matrice $[A\ -BK]$ sont appelées les pôles de régulation. Si ces pôles de régulation sont placés dans le côté gauche du plan s, alors x (t) tend vers 0 lorsque t tend vers l'infini. Mais avant tout ça, le système doit vérifier une condition nécessaire et suffisante pour pouvoir placer ses pôles via un retour d'état.

4.4.2.2 CALCUL DU GAIN DU RETOUR D'ÉTAT

Le but est de calculer la matrice de régulation K de façon à imposer les pôles du système bouclé. Ce problème est équivalent à imposer le polynôme caractéristique du système. Soit $P(s)$ le polynôme désiré de degré n. Pour calculer la matrice de gain K nécessaire pour le placement de pôles, plusieurs méthodes existent dans la littérature.

Les étapes du calcul de la commande sont alors les suivantes :

1. Calcul de la matrice $(A - BK)$.
2. Calcul du polynôme caractéristique de $(A - BK)$. Il vaut $det(sI - (A - BK))$.
3. Identification du polynôme caractéristique de $(A - BK)$ avec le dénominateur de la fonction de transfert de la boucle fermée.

4.4.3 COMMANDE LINÉAIRE QUADRATIQUE (LQR)

On parle de commande linéaire quadratique : LQ ou LQR pour « linear Quadratic regulator », le système est linéaire et la commande est quadratique, la commande optimale est un retour d'état sous la forme: $u = -Kx(t)$

Qui a pour but de minimiser Le critère quadratique J qui s'exprime par la formule suivant :

$$J = \int_0^\infty (x^T Q x + u^T R u) dt \tag{4.15}$$

Ou x présente le vecteur d'état, Q est une matrice diagonale de pondération d'ordre (nxn) qui assure la pénalisation du vecteur d'état pour chaque variable d'état selon le coefficient attribué, R est un scalaire qui représente la pénalisation sur l'énergie fournie en entrée **[47]**.

SITUATION :

On veut amener x à un état désiré :

- A moindre cout.
- Bien réagir aux perturbations.
- Contrôler U linéairement grâce à x de manière optimale.

4.4.3.1 PRÉSENTATION DE LA MÉTHODE LQR

Considérons un système linéaire sous forme d'équation d'état suivant :

$$\begin{cases} \dot{x}(t) = A(t)x(t) + B(t)u(t) \\ y(t) = Cx(t) + Du(t) \end{cases} \tag{4.16}$$

Où on va supposer que la paire (A, B) est stabilisable, c'est-à-dire qu'il n'y a pas de mode instable et ingouvernable dans le système. Soit un régulateur par retour d'états dont le processus a pour équation d'état l'équation (4.16). Le problème simplifié du régulateur linéaire quadratique consiste à trouver la matrice du correcteur K qui minimise la fonction du coût (ou le critère de performance) suivant :

$$J(x_0, u) = \frac{1}{2} x^T(t_f) S x(t_f) + \frac{1}{2} \int_{t_0}^{t_f} (x^T(t) Q(t) x(t) + u^T(t) R(t) u(t)) dt \tag{4.17}$$

Les matrices de pondération Q et R sont définies positives et symétriques. Et S est la matrice de solution de l'équation de **Ricatti** (est définie positive et symétrique). Le Lagrangien s'écrit alors :

$$L(x, u, p, t) = p^T A(t) x + p^T B(t) u + \frac{1}{2}(x^T Q(t) x + u^T(t) R(t) u) \tag{4.18}$$

La loi de commande optimale est obtenue si la dérivée du lagrangien par rapport à la loi de commande est nul :

$$\frac{\partial L}{\partial u} = B^T(t) p + R(t) u = 0 \tag{4.19}$$

Donc, on peut tirer l'optimale à partir d'équation (4.19) :

$$u_{opt} = -R^{-1}(t)B^T p(t) \tag{4.20}$$

Où :

$$p(t_f) = Sx(t_f) \tag{4.21}$$

Le principe du maximum donne la condition suivante :

$$\dot{p} = -\frac{\partial L}{\partial x} = -A^T(t)p - Q(t)x \tag{4.22}$$

Alors l'équation dynamique du système en boucle fermée s'écrit :

$$\dot{x} = A(t)x(t) - B(t)\, R^{-1}(t)B^T(t)p(t) \tag{4.23}$$

Les équations (4.22) et (4.23) peuvent se mettre sous la forme d'un système matriciel appelé système **Hamiltonien** :

$$\frac{d}{dt}\begin{pmatrix} x(t) \\ p(t) \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} A(t) & -B(t)\, R^{-1}(t)B^T(t) \\ -Q(t) & -A^T(t) \end{pmatrix}\begin{pmatrix} x(t) \\ p(t) \end{pmatrix} \tag{4.24}$$

Ecrivons $p(t) = P(t)x(t)$, avec comme condition finale $P(t_f) = S$.

L'équation (4.24) s'écrit alors :

$$\dot{p}(t) = -\big(A^T(t)P(t) + Q(t)\big)x(t) \tag{4.25}$$

Avec $\dot{p}(t) = \dot{P}(t)x(t) + P(t)\dot{x}(t)$. En intégrant l'équation précédente dans l'équation d'état (4.16) du système, l'équation (4.24) s'écrit en omettant la référence au temps afin d'alléger les notations :

$$\big(\dot{P} + PA + A^T P - PBR^{-1}B^T P + Q\big)x = 0 \tag{4.26}$$

La solution est alors obtenue en résolvant l'équation (différentielle) de **Ricatti** suivante :

$$\dot{P} + PA + A^T P - PBR^{-1}B^T P + Q = 0 \tag{4.27}$$

Avec la condition finale $P(t_f) = S$. Remarquons que la condition :

$$x^T\big(P + PA + A^T\dot{P} - PBR^{-1}P + Q\big)x = 0 \tag{4.28}$$

S'écrit aussi :

$$\frac{d}{dt}(x^T Px) + x^T Qx + u^T Ru \tag{4.29}$$

Il est intéressant de noter que la commande optimale obtenue s'écrit comme un retour d'état $u = -K(t)x$

Avec :

$$K = -R^{-1}B^T P \tag{4.30}$$

Un schéma explicite du système de commande optimale avec critère quadratique est donné comme suit :

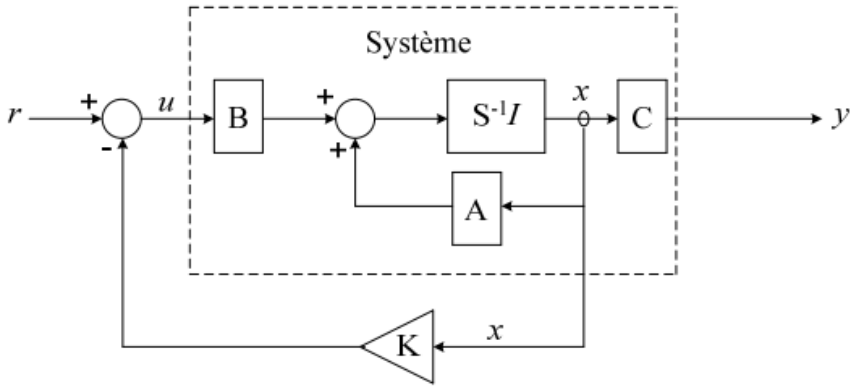


Fig. 26. Commande optimale en boucle fermée [47]

Sous l'action de la consigne, la commande prend alors la forme suivante :

$$u = r.K_r - Kx \tag{4.31}$$

Où r représente la consigne imposée par le cahier de charge et K_r l'erreur statique. En substituant (4.33) dans l'équation de commande (4.18) on obtient :

$$\dot{x} = (A - BK).x + B.r.K_r \tag{4.32}$$

4.4.3.2 CHOIX DES MATRICES DE PONDÉRATION

Il est intéressant de remarquer d'abord que la multiplication des pondérations Q et R par un même scalaire laisse inchangé le gain K. En effet, soit P solution de (4.30) et soit le nouveau problème basé sur les pondérations $\tilde{Q} = \rho Q$ et $\tilde{R} = \rho R$. On vérifie que $\tilde{P} = \rho P$ est solution de l'équation de Riccati correspondante. En effet :

$$\tilde{K} = -\tilde{R}^{-1}B^T\tilde{P} = -R^{-1}B^TP = K \tag{4.33}$$

Sans restriction, les pondérations peuvent être choisies symétriques. Elles sont généralement choisies diagonales. Ainsi, on se ramène au choix de n scalaires pour l'état et de p scalaires pour la commande. Voici une méthode simple de choix et de modification des pondérations en vue d'aboutir à un correcteur satisfaisant.

1. Au départ, on choisit généralement des pondérations égales aux matrices identité.
2. Dans une seconde étape, on accélère ou décélère globalement le système en multipliant la matrice Q par un scalaire ρ (accélération avec $\rho > 1$ et décélération avec $\rho < 1$), jusqu'à obtenir une dynamique moyenne adaptée.
3. Dans le cas où certains états auraient des dynamiques trop lentes par rapport à d'autres, on peut choisir d'augmenter la pondération de Q correspondant aux premiers.
4. Dans le cas où certains actionneurs seraient trop sollicités par rapport à d'autres, on peut choisir d'augmenter la pondération de R leur correspondant.

La différence avec la commande par placement de pôles apparaît dans le fait que la matrice de gain K est calculé en fonction des contraintes imposées sur le système, contraintes qui s'expriment à travers les pondérations R et Q.

4.5 APPLICATION SUR LE PROCESSUS DE CHAUFFAGE IR

4.5.1 CAHIER DE CHARGE

Dans notre cas, l'optimisation consiste à borner les variables d'optimisation. De ce fait, les valeurs admissibles pour la température de la préforme découlent du comportement rhéologique du P.E.T. En effet, nous savons que le P.E.T adopte un comportement vitreux-caoutchoutique sur une gamme de température comprise entre sa température de transition vitreuse T_g et sa température de fusion T_f.

En dehors de cette plage de températures, la pression de soufflage n'est pas suffisante pour assurer une déformation convenable. Les bornes adoptées sont donc (90°C<T_p<120°C) ; pour la commande, nous allons travailler avec la valeur moyenne qui est de 105°C soit 378°K.

Pour la commande, il est souhaitable que le système se stabilise en moins de 25 secondes, et en outre, que la température ne dépasse pas de plus de 105°C.

En résumé, les exigences de conception sont les suivantes :

- Temps de stabilisation pour l'évolution de température de moins de 25 secondes ;
- Température de la préforme ne doit jamais être supérieur à 105°C soit 378°K;
- Erreur stationnaire inférieure à 5% pour la température.

4.5.2 SIMULATION EN BOUCLE OUVERTE

4.5.2.1 RÉPONSE INDICIELLE EN BOUCLE OUVERTE

La réponse en boucle ouverte à une entrée échelon unitaire est représentée ci-dessous :

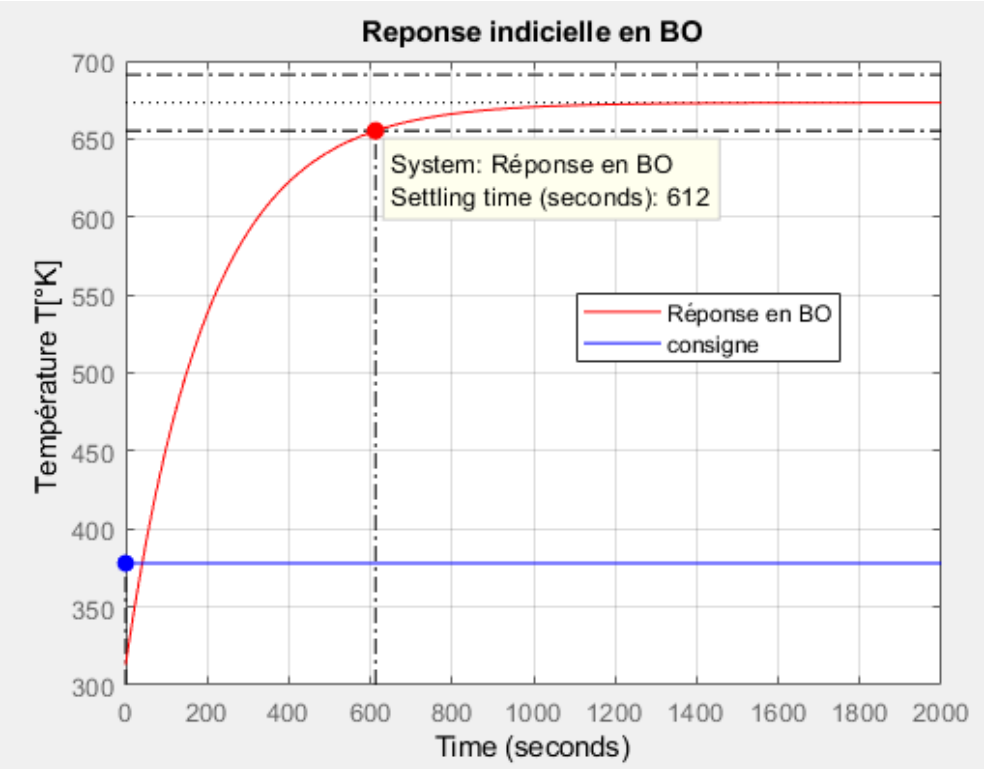


Fig. 27. Réponse Indicielle en boucle-ouverte

Le système est stable en boucle ouverte mais le temps de réponse est assez grand de 612 secondes ainsi qu'un large dépassement de la consigne fixée à 378°K. La réponse atteint le régime permanant à 673°K soit une erreur statique de 43%.

Ce résultat montre bien qu'en boucle ouverte le processus de chauffage soit stable, il nécessite une action de correction pour améliorer sa rapidité et sa précision en vue de satisfaire les exigences du cahier de charge. L'analyse faite au paragraphe 4.3.1 et l'examen des pôles et zéro du système en boucle ouverte prouve cette stabilité.

4.5.2.2 LES PÔLES ET ZÉROS DU SYSTÈME EN BOUCLE OUVERTE

La cartographie des pôles et zéros du système en boucle ouverte montre que tous les pôles sont à parties réelles négatives. Ce qui indique que le système est stable.

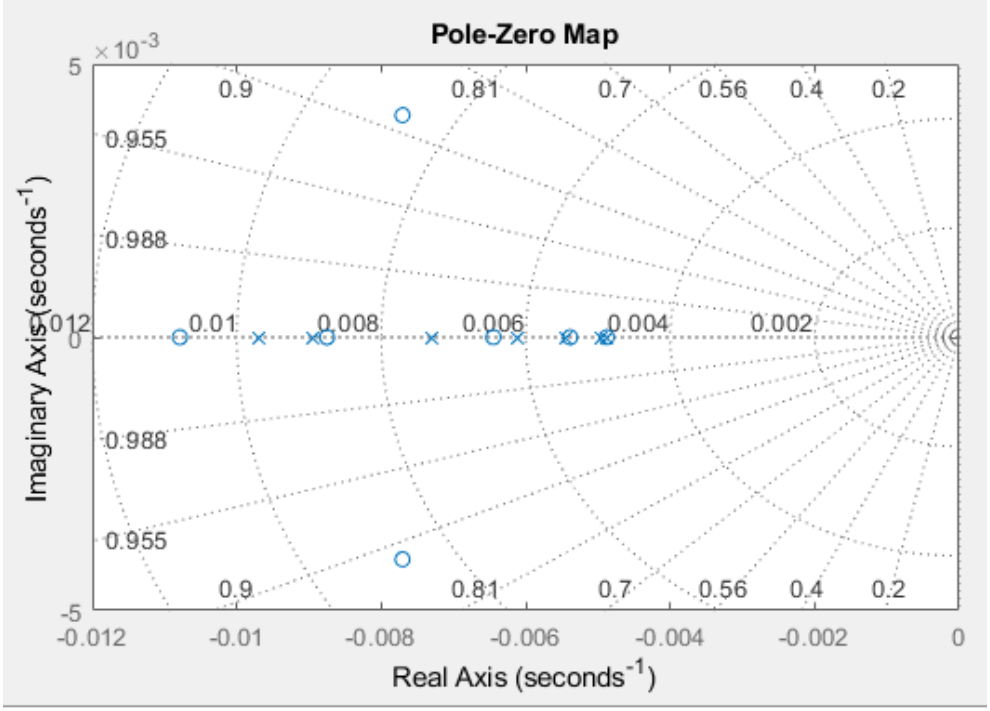


Fig. 28. Pôles et zéros du système

Il ressort de l'analyse ci-dessus qu'une sorte de contrôle devra être conçu pour améliorer la rapidité du système. Dans notre étude deux exemples de contrôleurs seront présentés à titre comparatif : commande par placement de pôles et commande LQR en conformité avec le cahier de charge.

4.5.3 COMMANDE LQR

En utilisant la commande $lqr\ (A, B, Q, R)$ sous Matlab où il suffit d'introduire la matrice Q avec comme coefficient multiplicateur $\rho_1 = 10^{-2}$ et le scalaire R avec comme coefficient multiplicateur $\rho_2 = 10^{2}$ ainsi que les matrices de la représentation d'état du système. Nous obtenons les résultats suivants :

4.5.3.1 MATRICE SOLUTION DE L'ÉQUATION DE RICATTI S

$$S = \begin{bmatrix} 0.0000 & -0.0000 & 0.0000 & -0.0000 & 0.0000 & -0.0000 & -0.0000 \\ -0.0000 & 0.0000 & -0.0000 & 0.0000 & -0.0000 & 0.0000 & 0.0001 \\ 0.0000 & -0.0000 & 0.0000 & -0.0000 & 0.0000 & -0.0000 & -0.0004 \\ -0.0000 & 0.0000 & -0.0000 & 0.0000 & -0.0001 & 0.0002 & 0.0016 \\ 0.0000 & -0.0000 & 0.0000 & -0.0001 & 0.0003 & -0.0012 & -0.0069 \\ -0.0000 & 0.0000 & -0.0000 & 0.00002 & -0.0012 & 0.0066 & 0.0297 \\ -0.0000 & 0.0001 & -0.0004 & 0.0016 & -0.0069 & 0.0297 & 0.3771 \end{bmatrix}$$

4.5.3.2 GAIN D'OPTIMISATION K

$$K = [-0.0000 \quad 0.0000 \quad -0.0000 \quad 0.0000 \quad -0.0001 \quad 0.0006 \quad 0.0071]$$

4.5.3.3 GAIN INTEGRAL K_i

$$K_i = 1.6$$

4.5.3.4 MATRICE D'ÉTAT EN BOUCLE FERMÉE $H = A - BK$

$$H = \begin{bmatrix} -0.0067 & 0.0022 & -0.0006 & 0.0001 & 0.0002 & -0.0011 & -0.0125 \\ 0.0011 & -0.0069 & 0.0012 & -0.0004 & 0.0003 & -0.0011 & -0.0125 \\ -0.0003 & 0.0012 & -0.0067 & 0.0011 & -0.0001 & -0.0010 & -0.0125 \\ 0.0001 & -0.0003 & 0.0011 & -0.0067 & 0.0014 & -0.0014 & -0.0124 \\ -0.0000 & 0.0001 & -0.0003 & 0.0011 & -0.0064 & 0.0001 & -0.0128 \\ 0.0000 & -0.0000 & 0.0001 & -0.0004 & 0.0014 & -0.0080 & -0.0114 \\ -0.0000 & 0.0000 & -0.0000 & 0.0001 & -0.0004 & 0.0011 & -0.0192 \end{bmatrix}$$

4.5.3.5 VALEURS PROPRES DE LA MATRICE D'ÉTAT EN BOUCLE FERMÉE $E = eig(A - BK)$

$$E = \begin{Bmatrix} -0.0183 \\ -0.0097 \\ -0.0089 \\ -0.0073 \\ -0.0061 \\ -0.0050 \\ -0.0054 \end{Bmatrix}$$

Nous remarquons que toutes les valeurs propres de la matrice d'état en boucle fermée sont toutes négatives. Ceci prouve à suffisance que le modèle du système en boucle fermé est stable.

4.5.3.6 RÉPONSE DE LA COMMANDE LQR

La réponse en boucle fermée de la commande LQR est représentée ci-dessous :

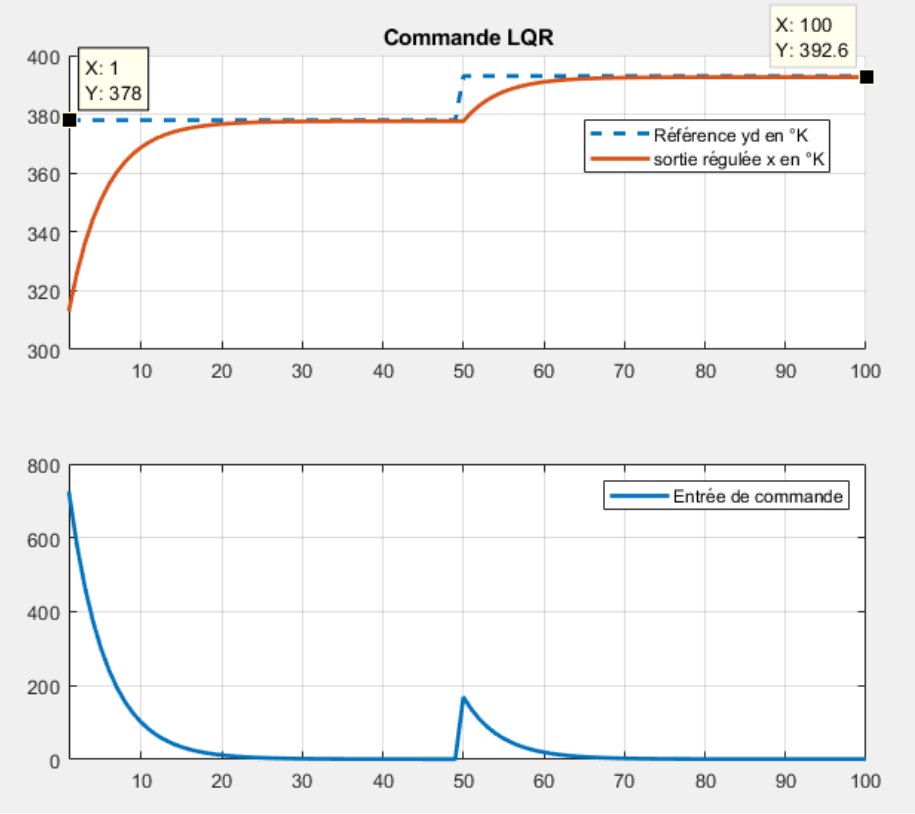


Fig. 29. Régulation par la commande par la commande LQR

D'après la figure ci-dessus, on remarque qu'avec un bon choix des paramètres R et Q et K_i, on arrive à assurer une bonne correction du système. La figure montre bien qu'on arrive à stabiliser le système avec un temps de réponse de 20 secondes inférieur à l'exigence du cahier de charge de 25 secondes et une très bonne précision avec une erreur statique de 0%. La méthode LQR offre une commande propre à chaque état, prenant donc en compte les contraintes du système réel. Par ailleurs les résultats obtenus sont meilleurs par rapport à ceux obtenus en boucle ouverte.

Le dépassement a été réduit de 43% en boucle ouverte à 0% en boucle fermée afin que la température de la préforme ne s'éloigne pas de sa température de consigne. Étant donné que toutes les exigences de conception données ont été remplies, aucune autre itération n'est nécessaire. Avec plusieurs essaies en changeant la valeur de consigne de 105°C soit 378°K à 120°C soit 393°K, la sortie suit la consigne parfaitement. Nous avons ainsi trouvé le compromis entre la stabilité, la précision et la rapidité du système.

La résolution du modèle par la méthode d'EULER (Voir code Matlab en annexe A.2) nous a permis également de confirmer l'homogénéité de l'évolution de température sur tous les nœuds de la préforme.

L'évolution de la température à la consigne de 105°C soit 378°K pour un temps de simulation i<50 est donnée par le tableau suivant :

Tableau 12. Evolution de température pour i<50

POUR LA CONSIGNE DE 105°C SOIT 378°K POUR i<50							
	EVOLUTION DE TEMPERATURES AUX NŒUDS EN [°C]						
i	**N1**	**N2**	**N3**	**N4**	**N5**	**N6**	**N7**
1	25	40	40	40	40	40	40
2	25	52.8053	52.8051	52.8052	52.8051	52.8053	52.8047
3	25	63.0743	63.074	63.0741	63.074	63.0743	63.0733
4	25	71.3094	71.309	71.3091	71.309	71.3094	71.3079
5	25	77.9134	77.9129	77.9131	77.9129	77.9134	77.9115
6	25	83.2095	83.2088	83.209	83.2088	83.2095	83.2072
7	25	87.4565	87.4558	87.4561	87.4558	87.4565	87.4539
8	25	90.8624	90.8616	90.8619	90.8616	90.8624	90.8595
9	25	93.5938	93.5929	93.5932	93.5929	93.5938	93.5905
10	25	95.7841	95.7831	95.7835	95.7831	95.7841	95.7806
11	25	97.5407	97.5396	97.54	97.5396	97.5407	97.5368
12	25	98.9493	98.9482	98.9486	98.9482	98.9493	98.9452
13	25	100.079	100.0778	100.0782	100.0778	100.079	100.0746
14	25	100.9849	100.9836	100.9841	100.9836	100.9849	100.9803
15	25	101.7114	101.7101	101.7105	101.7101	101.7114	101.7065
16	25	102.2941	102.2927	102.2931	102.2927	102.2941	102.2889
17	25	102.7613	102.7598	102.7603	102.7598	102.7613	102.7559
18	25	103.1361	103.1345	103.135	103.1345	103.1361	103.1304
19	25	103.4366	103.435	103.4355	103.435	103.4366	103.4307
20	25	103.6776	103.6759	103.6765	103.6759	103.6776	103.6714
21	25	103.8709	103.8692	103.8697	103.8692	103.8709	103.8645
22	25	104.0259	104.0241	104.0247	104.0241	104.0259	104.0193
23	25	104.1503	104.1484	104.149	104.1484	104.1503	104.1434
24	25	104.25	104.2481	104.2487	104.2481	104.25	104.2429
25	25	104.33	104.328	104.3287	104.328	104.33	104.3226

La température au col de la préforme (nœud 1) est fixée par la condition aux limites de Dirichlet à 25°C et reste constant tout au long du processus de chauffage. Nous avons limité le tableau à $i = 25$ parce partir de $i = 20$ la température commence à converger jusqu'à i=50. Donc il y a stabilité.

En changeant la consigne à 120°C soit 393°K L'évolution de la température pour un temps de simulation i>50 est donnée par le tableau suivant :

Tableau 13. Evolution de température pour i >50

POUR LA CONSIGNE DE 105°C SOIT 393°K A PARTIR DE i>50							
	EVOLUTION DE TEMPERATURES AUX NŒUDS EN [°C]						
i	N1	N2	N3	N4	N5	N6	N7
51	25	107.6232	107.6195	107.6207	107.6195	107.6232	107.6095
52	25	110.0039	110	110.0013	110	110.0039	109.9898
53	25	111.913	111.9091	111.9104	111.9091	111.913	111.8987
54	25	113.4441	113.4401	113.4414	113.4401	113.4441	113.4294
55	25	114.6719	114.6678	114.6692	114.6678	114.6719	114.657
56	25	115.6565	115.6524	115.6537	115.6524	115.6565	115.6413
57	25	116.4461	116.4419	116.4433	116.4419	116.4461	116.4307
58	25	117.0794	117.0751	117.0765	117.0751	117.0794	117.0637
59	25	117.5872	117.5829	117.5843	117.5829	117.5872	117.5713
60	25	117.9945	117.9901	117.9916	117.9901	117.9945	117.9783
61	25	118.3212	118.3167	118.3182	118.3167	118.3212	118.3047
62	25	118.5831	118.5786	118.5801	118.5786	118.5831	118.5664
63	25	118.7932	118.7886	118.7901	118.7886	118.7932	118.7762
64	25	118.9617	118.957	118.9586	118.957	118.9617	118.9445
65	25	119.0968	119.0921	119.0937	119.0921	119.0968	119.0793
66	25	119.2052	119.2004	119.202	119.2004	119.2052	119.1875
67	25	119.2922	119.2873	119.2889	119.2873	119.2922	119.2742
68	25	119.3619	119.357	119.3586	119.357	119.3619	119.3437
69	25	119.4179	119.4128	119.4145	119.4128	119.4179	119.3994
70	25	119.4628	119.4577	119.4594	119.4577	119.4628	119.444
71	25	119.4988	119.4936	119.4953	119.4936	119.4988	119.4798
72	25	119.5277	119.5224	119.5242	119.5224	119.5277	119.5084
73	25	119.5509	119.5456	119.5473	119.5456	119.5509	119.5314
74	25	119.5695	119.5641	119.5659	119.5641	119.5695	119.5497
75	25	119.5845	119.579	119.5808	119.579	119.5845	119.5644

En changeant de consigne l'évolution de température suit parfaitement la référence jusqu'à 120°C. Nous constatons que distribution de température est homogène sur toute la zone de la préforme garantissant ainsi la production de bouteille de bonne qualité.

4.6 CONCLUSION

Dans ce chapitre nous avons fait l'analyse du modèle d'état dont la stabilité, la commandabilité et l'observabilité. Nous avons présenté la structure de la commande par retour d'état. Ensuite nous avons présenté deux méthodes de commandes classiques par retour d'état : la commande par placement de pôles et la commande linéaire quadratique (LQR). Nous avons choisi la commande LQR pour l'application sur le processus de chauffage IR de préforme. Cette dernière nous a permis de trouver des résultats satisfaisants en rapport avec le cahier de charge technique.

5 CONCLUSION GENERALE

Chaque aventure a un commencement et une fin dit-on ? D'où pour terminer ce travail réalisé dans une atmosphère de bonne humeur et de sérieux, nous atterrissons sur une note disant que l'étude du problème de la diffusion de la chaleur avec source radiative dans une préforme P.E.T nous a permis de contrôler le système de façon optimale. Le choix de ce sujet a été basé sur le problème de distribution uniforme de températures en chauffage infrarouge des préformes P.E.T pour la fabrication des bouteilles.

L'enjeu est de trouver la distribution uniforme de température, la stabilité, la précision et la rapidité du système, tout en garantissant un chauffage adéquat. Cet objectif est donc en adéquation avec les exigences industrielles de plus en plus fortes vis à vis de la qualité des bouteilles et de la rentabilité du procédé. Deux problématiques découlent de cet objectif :

- Quelle doit être la distribution de température dans la préforme à l'issue du chauffage IR ?
- Comment régler le système et le maintenir stable et précis à une valeur de cosigne ?

Pour répondre à ces problématiques, nous avons modélisé classiquement le problème thermique transitoire, avec la température comme variable d'état.

Nous nous sommes intéressés à la résolution numérique de ce problème thermique en détaillant l'approche la plus connue et la plus utilisée, la méthode Galerkin standard munie d'éléments finis linéaires.

La simulation de ce problème thermique nous a permis de côtoyer le logiciel Matlab, les différentes méthodes numériques de discrétisation des équations différentielles ainsi que la méthode d'Euler pour la résolution de l'équation d'état du système en régime transitoire.

De plus, La commande LQR nous a permis de trouver le compromis entre la stabilité, la rapidité et la précision du modèle d'état tout en garantissant une cartographie homogène de températures à la surface de la préforme répondant aux normes techniques pour la production de bouteilles de bonne qualité lors du processus de soufflage.

D'après ce qui précède, notre sujet de mémoire peut être considéré comme étant un enrichissement au problème traité en transfert de chaleur, de commande optimale de processus et aussi une initiation à la recherche scientifique.

La force nous est donc de parler moins et de demeurer attentifs aux résultats d'un avenir que nous souhaitons fructueux.

PERSPECTIVE

Malgré ces résultats encourageants, beaucoup de points restent encore à éclaircir :

- L'inaccessibilité au four nous a empêcher de prélever les températures en temps réel pouvant nous permettre de leur identification avec les valeurs numériques calculées. C'est pourquoi, il serait intéressant d'approfondir la validation du modèle avec des mesures expérimentales.
- La rotation de la préforme ainsi que son avance dans le four n'ont pas été modélisées. De la même manière, certains éléments comme les réflecteurs avant et arrière n'ont pu être pris en considération par manque de temps. Leur modélisation pourrait apporter des éléments intéressants, notamment dans le calcul des pertes énergétiques.

Ce travail reste une œuvre humaine et donc pas parfait ; toutes les suggestions ainsi que les remarques seront les bienvenues dans le but de son amélioration.

NOMENCLATURE

P.E.T	Polyethylene terephthalate
MEF	Méthode des éléments finis
Tg	Température de transition vitreuse
Tm	Température de fusion
Pr	Nombre adimensionnel de Prandtl
Ra	Nombre adimensionnel de Rayleigh
Hf	Coefficient moyen d'échange convectif
$\overrightarrow{q_c}$	Vecteur densité de flux conductif
$\overrightarrow{q_r}$	Vecteur densité de flux radiatif
$q_{\lambda 0}$	Densité de flux radiatif spectrale incidente
T	Temps
Δt	Intervalle de temps
$\Delta\lambda$	Bande spectrale
Γ_e	Surface d'un volume de contrôle Ω_e
Ω_e	Volume de contrôle
K_λ	Coefficient d'absorption spectral
λ	Longueur d'onde
ρ	Masse volumique
σ	Constante de Stefan-Boltzmann
∇T	Vecteur gradient de température
$\nabla\overrightarrow{q_r}$	Divergence du vecteur densité de flux radiatif (terme source radiatif)
LQR	Commande linéaire quadratique

REMERCIEMENTS

Au terme de nos études universitaires, symbolisées par l'aboutissement de ce travail marquant la fin de notre formation de Master ingénieur civil en électromécanique, il est pour nous un devoir d'exprimer nos reconnaissances à l'endroit de tous ceux qui sans eux nous ne serions ce que nous sommes aujourd'hui.

Ainsi, il est pour nous, un réel plaisir d'exprimer notre profonde gratitude à l'endroit du Professeur ***Dr.Ir. Moïse MUKEPE KAHILU***, notre Directeur ; au doctorant ***Ir. Jacques KADIMA KAZAKU,*** notre Co-directeur ; pour votre contribution grandiose dans notre formation ; l'affection que vous avez toujours témoignée envers nous reste un support indispensable pour notre vie ; en acceptant de nous prendre en charge scientifiquement ; recevez ainsi mes remerciements les plus sincères pour vos conseils constructifs.

Nous ne passerons sous silence l'apport combien précieux de tout le corps professoral de la Faculté Polytechnique et de manière particulière, à tous les professeurs, assistants et chargés des cours du département d'électromécanique pour leurs enseignements et conseils qui ont fait de nous ce que nous sommes, qu'ils veuillent trouver ici, l'expression de notre profonde gratitude.

Nous ne pouvons pas oublier d'être reconnaissant au professeur ***Dr.Ir. Jean-Paul KATOND*** l'administrateur de l'entreprise ***VALLEY***, à l'ingénieur ***SWEDI MASUMBUKO*** notre maître de stage ainsi qu'à l'ingénieur ***AIME BANZA*** le chef de service**,** pour avoir accepté d'orienter l'évolution, et la finition triomphale de ce grand travail de **TITAN** ainsi pour avoir soutenue notre formation au sein de l'entreprise ***VALLEY S.A.R.L***.

Enfin, merci à notre **SEIGNEUR JESUS-CHRIST** l'intelligence infinie, créateur, en qui est notre joie, notre confiance, notre force et notre réconfort, source de notre inspiration, pour l'amour sans pareil qui nous a accompagné durant toute notre vie estudiantine.

Nous disons merci !

REFERENCES

[1] Documentation technique de SIDEL fournie à l'entreprise VALLEY, 2017
[2] M. Battou Boudjema - M. Dehmous - M. Berrefas Aghiles, *étude, automatisation et supervision d'une souffleuse bi-orientée,* 2013
[3] E.GORLIER, "Caractérisation rhéologique et structurale d'un pet. application au procédé de bi-étirage soufflage de bouteilles", Thèse de Doctorat, ENSMP, 2001.
[4] E.DELOYE, "Effet de l'architecture de chaine sur le comportement en injection soufflage de copolyesters PET – Etude expérimentale", Thèse de Doctorat, ENSMP, 2006.
[5] Maxime Bordival**, "**Modélisation et optimisation numérique de l'étape de chauffage infrarouge pour la fabrication de bouteilles en PET par injection-soufflage'' Thèse de Doctorat,2009
[6] Venkateswaran G., Cameron M.R., Jabarin S.A (1997) : Effects of Temperature Profiles Trough Preform Thickness on the Properties of reheat-blown PET Containers. *Advances in Polymer Technology*, l7(3), pp. 237-249.
[7] Monteix S (2001) : *Modélisation du Chauffage Convecto-Radiatif de Préformes en PET pour la Réalisation de Corps Creux*, Thèse de Doctorat, en Science et Génie des Matériaux, École Nationale Supérieure des Mines, Paris.
[8] Ghobadnam M., Mosaddegh P., Rejani M.R., Amirabadi H., Ghaei A (2015) : Numerical and experimental analysis of HIPS sheets in thermoforming process, *International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 76(5-8), pp. 1079–1089.
[9] Lebaudy P., Grenet J (2001): Heating Simulation of Multilayer Performs, *Applied Polymer Science*, 80(14), pp. 2683-2689.
[10] Marco Y (2003) : *Caractérisation Multi-axiale du Comportement et de la Microstructure d'un Semi-Cristallin : Application au cas du PET*, Thèse de Doctorat, ENS Cachan, France
[11] Erchiqui F., Hamani I., Charrette A (2009) : Modélisation du chauffage infrarouge des membranes thermoplastiques semi-transparentes par la méthode des éléments finis, *International Journal of Thermal Sciences*, 28, pp. 73-84.
[12] Monteix S., Schmidt F., Le Maoult Y., Ben-Yedder R., Diraddo R.W., Laroche D (2001): Experimental Study and Numerical Simulation of Perform or Sheet Exposed to Infrared Radiative Heating, *Journal of Materials Processing Technology*, 119, pp. 90-97.
[13] Esser K., Haberstroh E., Hüsgen U., Weinand D (1987): Infrared radiation in the processing of plastics: Precise adjustment–the key to productivity, *Advances in Polymer Technology*, 7(2), pp. 89-128.
[14] Modest M.F (2003): *Radiative Heat Transfer*, Second ed., Academic Press.
[15] Zienkiewicz O., Taylor R (1991): The Finite Element Method, McGraw Hill, New York.
[16] David H (2004): Fundamentals of Finite Element Analysis, McGraw-Hill, New York.
[17] Méthode des éléments finis : thermique Yves Débarde Université du Mans Master Modélisation Numérique et Réalité Virtuelle (2011).
[18] J.-F. Imbert – Analyse des structures par éléments finis, 3 éd., Cépaduès, 1995.
[19] N. Soyris, " Modélisation tridimensionnelle du couplage thermique en forgeage à chaud ". Thèse de Doctorat Mécanique Numérique. Ecole des Mines de Paris (1990).
[20] Cédric Champin. Modélisation 3D du chauffage par rayonnement infrarouge et de l'étirage soufflage de corps creux en P.E.T. Mécanique [physics.med-ph]. École Nationale Supérieure des Mines de Paris, 2007.

[21] A. Yousefi, R. DiRaddo and A. Bendada, " Simulation of the mobile preform reheat in injection stretch blow moulding process ". Polymer Proceeding Society 17. Montreal, Canada. May 21-24 (2001).
[22] Mistou, S., Karama, M., Dalverny, O., Siguier, J.M., Guigue-Joguet, P. Mesure 3D sans contact des déplacements et déformations sur des films plastiques transparents par stéréo-corrélation3D non-contact measurement of strain and displacement on transparent plastic films by stereo correlation. Mécanique & Industries, 4 (6), 637-664, (2003).
[23] Yun Mei LUO « Modélisation thermo-visco-hyperélastique du comportement du PET dans les conditions de vitesse et de température du procédé de soufflage » Décembre 2012
[24] Yves JANNOT « Transferts Thermiques » *Ecole des Mines Nancy 2012*
[25] Abdelghani SEGHIR « Cours Méthode des Éléments Finis » 2005-2014
[26] Peter W.K (2009): Fundamentals of Plastics Thermoforming, Morgan & Claypool, USA.
[27] Kahina Bachir-Cherif (2019): « Optimisation de l'étape de chauffage infrarouge en thermoformage à l'aide de méta-heuristiques ».
[28] Venkateswaran G., Cameron M.R., Jabarin S.A (1997): Effects of Temperature Profiles Trough Preform Thickness on the Properties of reheat-blown PET Containers. Advances in Polymer Technology, l7 (3), pp. 237-249.
[29] Gorlier E., Haudin J.M., Billon N (2001): Strain-induced Crystallization in Bulk Amorphous PET Under Uni-axial Loading, Polymer, 42(23), pp. 9541-9549.
[30] Marco Y (2003) : Caractérisation Multi-axiale du Comportement et de la Microstructure d'un Semi-Cristallin : Application au cas du PET, Thèse de Doctorat, ENS Cachan, France.
[31] Lebaudy P., Grenet J (2001): Heating Simulation of Multilayer Performs, Applied Polymer Science, 80(14), pp. 2683-2689.
[32] Siegel R., Howell J (2001): Thermal Radiation Heat Transfer, Fourth ed., Taylor and Francis, Hemisphere.
[33] Modest M.F (2003): Radiative Heat Transfer, Second ed., Academic Press.
[34] R. Siegel, J. Howel, "Thermal radiation heat transfer". Third Ed Hemisphere publishing corporation (1992).
[35] H. Leuenberger, R.A. Person, "Compilation of radiation shape factors for cylindrical assemblies". ASME. Paper n°56-A-144, November (1956).
[36] K. G. Mayhan, J.W. James, W. Bosch, "Poly(ethylene Terephtalate).I. Study of Crystallization Kinetics". Journal of Applied Polymer Science. Vol 9 (1965).
[37] L. Martin, D. Stracovsky, D. Laroche, A. Berdatti, R. Ben-Yedder, R. DiRaddo, " Modeling and experimental validation of the stretch blow molding of P.E.T. ". Polymer Proceeding Society 15. New-York, USA (1999).
[38] Z. J. Yang, E. Harkin-Jones, G. H. Menary and C. G. Armstrong, "A Non-Isothermal Finite Element Model for Injection Stretch-Blow Molding of PET Bottles With Parametric Studies ". Polymer Engineering and Science. Vol 44, n°7, pp 1379-1390. July (2004).
[39] Good fellow Society, Technical data for PET.
Disponible sur http://www.goodfellow.com/csp/active/gfMaterialInfo.csp?MATID=ES30&result=64.
[40] Frank M.White, Heat and Mass transfer, Addison-Wesley, 1998. Disponible sur fr.m.wikipedia.org/wiki/Air
[41] Kahina Bachir-Cherif « Optimisation de l'étape de chauffage infrarouge en thermoformage à l'aide de méta-heuristiques » 16 septembre 2019.
[42] Céline Pelissou « Discrétisation spatio-temporelle du problème thermique à deux champs : application au procédé de forgeage à chaud » 2006.
[43] Raddy J.N (2006): Introduction to the Finite Element Method, McGraw-Hill, New York.
[44] Mcours.com « ch. 4 : détermination du coefficient d'échange par convection ».
[45] *Yves Granjon : «* Systèmes linéaires, non linéaires, à temps continu, à temps discret, représentation d'état » Cours et exercices corrigés. Dunod, Paris, 2001, 2010
[46] Draguna Vrabie, Vassilis L. Syrmos,Optimal control, John Wiley & Sons, 2012-01 04 - 552 pages.
[47] Dr. H. Merabet Boulouiha : « notes de cours : techniques de commande avancée » (2014/2015)
[48] Nice (2008). CHAPITRE 3: Commande linéaire
[49] TIOURA A, ZEROUAL W : « Commande du système pendule –chariot par les techniques de l'espace d'état ». UNIVERSITE LARBI BEN M'HIDI OUM EL BOUAGHI, Master Informatique Industrielle, (2010).
[50] TOUATI TAOUFIK : Analyse et commandes d'un pendule inversé (2019/2020)

ANNEXE

A1. IMPLEMENTATATION DE L'EQUATION DE CHALEUR

```
function Transfert_de_Chaleur_avopt()
close all; clc
n=6;            %Nombre d'éléments
nn=n+1;         %Nombre de noeuds
h=0.075;      %Longeur du Domaine en [m]
he=h/n;       %Longeur pour chaque élément
z=(0:he:h);  %Points donnés pour la variable indépendante
p=0.00005;       % Precision
Tn=zeros(nn,1);  % Initialisation du vecteur de température

%%Processus itératif direct pour gérér le régime permanant %%
% ------------------------------------------------------------

iter=0;   %Initialisation pour le nombre d'iterations
tic       % Début du temps
it=1.0;   %Initialisation de it
   while(it>0)
       [Tn1]=assembly(Tn,n,he);
       it=0.0;
       for i=1:nn
           if(abs(Tn(i)-Tn1(i))>p)
               it=it+1;
               break;
           end
       end
       Tn=Tn1;
       iter=iter+1;
   end
   disp('Solution=:');

%%Affichage des résultats%%%
% --------------------------

fprintf('Nombre elements=%d\n',n)
disp('z Tn')
disp([z',Tn])
fprintf('Nombre iterations=%d\n',iter)
%%%%%Traçage de l'évolution de la temperature%%%%%
% ------------------------------------------------
plot(z,Tn,'--bs','Linewidth',2)
xlabel('z en [m]')
ylabel('T(z) en [K]')
grid on
title('Profil de temperature longitudinal')
toc                   %Donne le temps Total
end

%%%Determination des matrices  élémentaires et assemblage%%%
% ------------------------------------------------------------

function [F1]=assembly(~,n,he)
nn=n+1;
C=zeros(nn,nn);  % Initialisation de la matrice de capacité
K=zeros(nn,nn);  % Initialisation de la matrice de conductivité
Q=zeros(nn,1);   % Initialisation de la matrice de charge
syms z           % z comme variable symbolique
N=[1-z/he,z/he]; %fonction d'interpolation linéaire
B=diff(N,z);     %Derivée de la fonction d'interpolation

%Détermination de matrices élémentaires de capacité thermique[C^e ],
%conductivité thermique[K^e ] et les matrices de charges {Q^e }
%*****************************************************************

%Propriétés thermophysiques du P.E.T
%-----------------------------------
```

```
rho=1335;         %Densité, rho [kg/m3]
Cp=1400;          %Chaleur spécifique, Cp [J/kgK]
pi=3.14;
k=0.12;           %Conductivité thermique, k [W/mK]
hf=82.12;         % hf(coefficient de convection) [W/m2K]


% INTEGRATION DES MATRICES ELEMENTAIRES DE CAPACITES THERMIQUES [Ce]:
% ---------------------------------------------------------------------
Ri=0.00777; %rayon interieur en [m]
Re=0.01035; %rayon exterieur en [m]
s=0.0175;  % Distance entre lampe et préforme en [m]
Ae=pi*(Re^2-Ri^2);
te=2*pi*(Re-Ri);

c11=int(rho*Cp*Ae*(N')*N,z,0,he);

% INTEGRATION DES MATRICES ELEMENTAIRES DE CONDUCTIVITES THERMIQUES [Ke]:
% ---------------------------------------------------------------------------
k11=(k*Ae*he*(B')*B)+int(hf*te*(N')*N,z,0,he);

% INTEGRATION DES MATRICES ELEMENTAIRES DE CHARGES THERMIQUES [Qe]:
% ---------------------------------------------------------------
%Valeurs de Températures sources de chaque lampe en [K] :
%-------------------------------------------------------
Ts1=40+273;       % Temperature de commande de la 1ere Lampe
Ts2=39+273;       % Temperature de commande de la 2e Lampe
Ts3=46+273;       % Temperature de commande de la 3e Lampe
Ts4=43+273;       % Temperature de commande de la 4e Lampe
Ts5=43+273;       % Temperature de commande de la 5e Lampe
Ts6=58+273;       % Temperature de commande de la 6e Lampe
Ts=(Ts1^4+Ts2^4+Ts3^4+Ts4^4+Ts5^4+Ts6^4);

kl=270;   %Coefficient d'absorption, k_lambda [m-1] pour lambda compris dans l'intervalle [0.25-
5]um
sigma=5.67*10^-8; %constante de Stephan Boltzman
Tf=40+273;
RL=0.006; %Rayon d'une lampe
hL=0.3; % Hauteur d'une lampe
Ai=2*pi*RL*hL; % Surface laterale de chaque lampe

% Aj=surface laterale de chaque élément du maillage:
Aj=te*he;

q1=(int(kl*(Ai/Aj)*sigma*Ts*exp(-kl*s)*Ae*(N'),z,0,he))+(int(hf*Tf*te*(N'),z,0,he));

%%%Assemblage selon la matrice de connectivité%%%
% ------------------------------------------------
lmm=[];
for i=1:n
    lmm=[lmm;[i,i+1]];  %Matrice de connectivité
    lm=lmm(i,:);


    C(lm,lm)=C(lm,lm)+c11;
    disp('Matrice de capacité thermique C=')
    disp((C))

    K(lm,lm)=K(lm,lm)+k11;
    disp('Matrice de conductivité thermique K=')
    disp((K))

    Q(lm)=Q(lm)+q1;
    disp('Matrice de charge thermique Q=')
    disp((Q))

end
```

```
%%%Imposition des conditions aux limites%%%
% ----------------------------------------
K(1,1)=1.0; K(1,2)=0;
Q(1,1)=298; Q(2,1)=Q(2,1)-K(2,1)*298;
% SOLUTION EN REGIME STATIONNAIRE [K]{T}={Q}:
% ----------------------------------------
Tn=K\Q;   %Mieux que l'utilisation de inv(K)*Q
F1=Tn;
end
```

A2. ANALYSE DU MODELE EN BOUCLE OUVERTE

```
 close all; clc
%% SIMULATION DU MODELE EN BOUCLE OUVERTE
%--------------------------------------%
% Initialisation des Matrices thermique du système
%**********************************************%

Cg=[1.1432    0.5716         0         0         0         0         0;
    0.5716    2.2863    0.5716         0         0         0         0;
         0    0.5716    2.2863    0.5716         0         0         0;
         0         0    0.5716    2.2863    0.5716         0         0;
         0         0         0    0.5716    2.2863    0.5716         0;
         0         0         0         0    0.5716    2.2863    0.5716;
         0         0         0         0         0    0.5716    1.1432];


Kg=[0.0070    0.0014         0         0         0         0         0;
    0.0014    0.0139    0.0014         0         0         0         0;
         0    0.0014    0.0139    0.0014         0         0         0;
         0         0    0.0014    0.0139    0.0014         0         0;
         0         0         0    0.0014    0.0139    0.0014         0;
         0         0         0         0    0.0014    0.0139    0.0014;
         0         0         0         0         0    0.0014    0.0070];

Qg=[3.0297;
    6.0593;
    6.0593;
    6.0593;
    6.0593;
    6.0593;
    3.0297];

% DYNAMIQUE DU SYSTEME
%*********************%

A=-1*(Cg\Kg); % Matrice d'état en boucle ouverte
B=Cg\Qg; % Matrice de commande
C=[0 0 0 0 0 0 1]; % Matrice de sortie
D=313; %  Matice de transmission directe avec comme perturbation T[ambiant]=313°K

%% systeme en boucle ouverte
Gbo=ss(A,B,C,D);
r=378; % Consigne
rc=ss(r); % systeme en fonction de la consigne

step(Gbo,'r',rc,'b')
grid on
ylabel('Température T[°K]')
title('Reponse indicielle en BO')

Kdc=dcgain(Gbo); % gain statique en BF
Kr=(Kdc-r)/Kdc;  % Erreur statique
disp('Erreur statique en BO Kr=')
disp((Kr))
```

A3. COMMANDE OPTIMALE LINEAIRE QUADRATIQUE (LQR)

```
 close all; clc; clear all;

%COMMANDE LINEAIRE QUADRATIQUE(LQR)
%*****************************%

% Initialisation des Matrices thermique du système
%************************************************%

Cg=[1.1432    0.5716         0         0         0         0         0;
    0.5716    2.2863    0.5716         0         0         0         0;
         0    0.5716    2.2863    0.5716         0         0         0;
         0         0    0.5716    2.2863    0.5716         0         0;
         0         0         0    0.5716    2.2863    0.5716         0;
         0         0         0         0    0.5716    2.2863    0.5716;
         0         0         0         0         0    0.5716    1.1432];


Kg=[0.0070    0.0014         0         0         0         0         0;
    0.0014    0.0139    0.0014         0         0         0         0;
         0    0.0014    0.0139    0.0014         0         0         0;
         0         0    0.0014    0.0139    0.0014         0         0;
         0         0         0    0.0014    0.0139    0.0014         0;
         0         0         0         0    0.0014    0.0139    0.0014;
         0         0         0         0         0    0.0014    0.0070];


Qg=[3.0297;
    6.0593;
    6.0593;
    6.0593;
    6.0593;
    6.0593;
    3.0297];

% DYNAMIQUE DU SYSTEME
%*********************%

A=-1*(Cg\Kg); % Matrice d'état en boucle ouverte
B=Cg\Qg; % Matrice de commande
C=[0 0 0 0 0 0 1]; % Matrice de sortie
D=313; %  Matice de transmission directe avec comme perturbation T[ambiant]=313°K

%% ANALYSE DU MODELE D'ETAT
%************************%

% STABILITE
Val_propres=eig(A);
disp('Valeurs propres Val_propres=')
disp((Val_propres))

%CALCUL DE LA COMMANDABILITE
%***************************%
Cctrb=ctrb(A,B);
disp('Matrice de commandabilité Ccom=')
disp((Cctrb))

Rctrb=rank(Cctrb);
disp('Rang de la matrice de commandabilité Rctrb=')
disp((Rctrb))

% OBSERVABILITE
OB=obsv(A,C);
disp('Matrice d_observabilité O=')
disp((OB))
```

```
Robsv=rank(OB);
disp('Rang de la matrice d_observabilité Robsv=')
disp((Robsv))
%% CALCUL DE MATRICE DE PONDERATION
rho1=(10^-2);     % Coefficient supplémentaire
Q=C'*rho1*C;      %Matrice de pondération symetrique définie positive
disp('Matrice de pondération Q=')
disp((Q))
r=(1);
rho2=10^2;        % Coefficient supplémentaire
R=rho2*r;         %Matrice de pondération défini positif
disp('Scalaire de pondération R=')
disp((R))

%% Implementation de la boucle de régulation
% Gain de retour d'état
[K,S,E]=lqr(A,B,Q,R);
disp('Gain d_optimisation K=')
disp(K)
disp('Matrice Solution de l_équation de RICATTI S=')
disp(S)
disp('Valeurs propres de la matrice d_etat en boucle fermee E=eig(A-B*K)')
disp(E)

H=(A-B*K);     %Matrice d'état en boucle fermée
disp('Matrice d_etat en boucle fermée H=')
disp((H))

% resolution par la métode d'Euler
x0=ones(7,1)*313;% Condition initiale T=40°C soit 313°K
M=100; % Nombre de point de discrétisation temporelle
% Définition de la Boucle de consigne
for i = 1:M
    yd(i) = x0(2,1)+65;
    if i>=M/2
        yd(i) = x0(2,1)+80;
    end
end
Ki=1.6; % Gain intégral
x=x0;
for i=1:M
dt=0.01;
e=yd(i)-x;
u=-K*x+Ki*sum(e);
v(i) = u(i);% Variable de commande
 x(:,1+i)=(eye(7)+dt*A)*x(:,i)+dt*B*u(i);
end
%imposition de la condition aux limites de dirichlet
x(1,:)=298; % La température au col de la préforme est 25°C SOIT 298°K pour tout t

%% Simulatiobn partie régulation
figure(1)
subplot(2,1,1)
hold on
plot(yd,'--','LineWidth',2)
plot(x(7,:),'LineWidth',2)
legend('Référence yd en °K ','sortie régulée x en °K')
xlim([1 M])

grid
title('Commande LQR')
hold off
subplot(2,1,2)
plot(v,'LineWidth',2)
legend('Entrée de commande')
xlim([1 M])
grid
```

International Journal of Innovation and Applied Studies
ISSN 2028-9324 Vol. 39 No. 2 Apr. 2023, pp. 1050-1056
© 2023 Innovative Space of Scientific Research Journals
http://www.ijias.issr-journals.org/

L'écriture de l'errance dans « *L'aîné des orphelins »* de Tierno Monénembo

[The writing of wandering in « *L'aîné des orphelins »* by Tierno Monénembo]

Pidabi Gnabana

Ecole Normale Supérieure (ENS) d'Atakpamé, Togo

Copyright © 2023 ISSR Journals. This is an open access article distributed under the ***Creative Commons Attribution License***, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

ABSTRACT: This article aims to highlight the different manifestations of wandering and their impact on the characters. From an approach based on narratology and sociocriticism, the article has shown that the text gives to read a scriptural wandering which is manifested by spatio-temporal anachronisms and intercalated narratives. This form of wandering is the reflection of the narrator's physical wandering, which prefigures itself as the manifestation of a consciousness that has lost its bearings and is seeking to define itself. The tumultuous course of the narrator also refers to a mental wandering in a crooked universe marked by the inhuman actions of the genociders who prefigure animality. Through the writing of wandering, the article shows that the novel is an outlet for the suffering and frustration of the characters. Therefore, it promotes what founds the need for a new humanism.

KEYWORDS: Writing about wandering, novel, inhuman behavior, trauma, new humanism.

RESUME: Cet article a pour office de mettre en lumière les différentes manifestations de l'errance et leur impact sur les personnages. A partir d'une démarche basée sur la narratologie et la sociocritique, l'article a montré que le texte donne à lire une errance scripturale qui se manifeste par les anachronismes spatio-temporels et des récits intercalés. Cette forme d'errance est le reflet de l'errance physique du narrateur qui se préfigure comme la manifestation d'une conscience qui a perdu ses repères et qui cherches à se définir. Le parcours tumultueux du narrateur renvoie également à une errance mentale dans un univers de travers marqué par des agissements inhumains des génocideurs qui préfigurent l'animalité. Par le biais de l'écriture de l'errance, l'article laisse voir que le roman est un exutoire à la souffrance et à la frustration des personnages. Partant, il promeut ce qui fonde la nécessité d'un nouvel humanisme.

MOTS-CLEFS: Ecriture de l'errance, roman, agissement inhumain, traumatisme, nouvel humanisme.

1 INTRODUCTION

Suite au génocide rwandais en 1994, une multitude de récits a été produite soit pour tenter d'identifier les causes, soit pour dresser le bilan, soit encore pour faire revivre les faits à partir des témoignages des survivants. *L'aîné des orphelins* de Tierno Monénembo reste l'un de ces écrits. Dans ce conflit ethnique où les mots sont difficiles à trouver pour décrire l'innommable, l'auteur a su user de la fiction romanesque pour dresser le parcours tumultueux d'un présumé génocidaire. C'est une activité artistique bien difficile de démêler ce massacre hallucinant où le voisin d'hier qui partageait un repas avec vous n'hésitait pas à vous tuer le lendemain le plus férocement possible. Etudier l'écriture erratique dans *L'aîné des orphelins* vise à ressortir les différentes manifestations de l'errance à partir d'un examen de procédés narratifs usés par le romancier pour mieux exprimer ce phénomène. Pour y parvenir, il importe de questionner l'enchaînement du récit, le regard sur une société encline à la belligérance et la destinée de l'humanité. Le Rwanda, de par le génocide qu'il a connu, fait l'objet d'étonnement, et pour cause, ceux qui tuent ne savent pas pourquoi ils le font et ceux qui sont massacrés ne savent non plus pour quelle raison ils le sont.

Corresponding Author: Pidabi Gnabana

Tout comme le questionnement qui entoure le supposé génocidaire, Faustin, l'étonnement est matérialisé dans le texte par un retour itératif d'interrogations. La problématique de l'errance dont fait l'objet le présent article trouve justement son fondement dans l'absence de réponse à ces interrogations. L'étude s'appuie sur la narratologie de G. Genette (1972) et sur la sociocritique de C. Duchet (1971). La narratologie, discipline qui étudie les mécanismes internes d'un récit intéresse cette étude en ce qui concerne les anachronies récitatifs qui enroulent le texte. La sociocritique, selon C. Duchet (1976, p. 4), propose une lecture sociohistorique du texte en tentant de construire « une poétique de la socialité, inséparable d'une lecture de l'idéologique dans sa spécificité textuelle ». Pour mieux cerner les déambulations aussi bien au niveau du récit qu'à celui du narrateur, l'article se penche particulièrement sur l'errance scripturale, le parcours tumultueux du narrateur et les travers de la belligérance.

2 L'ERRANCE SCRIPTURALE

L'écriture romanesque implique des choix techniques qui engendrent un résultat particulier susceptible de répondre aux perspectives voulues et entretenues par l'auteur. En ce sens, le récit qui sous-tend cette écriture met en œuvre, entre autres, des effets de distance afin de créer un mode narratif précis, qui gère la « régulation de l'information narrative » (G. Genette, 1972, p. 184) fournie au lecteur. *L'aîné des orphelins* donne à lire un récit à narrateur autodiégétique matérialisé par les pronoms personnels « je, me, te, nous", les adjectifs possessifs « mon, mes sa » et les adverbes de temps « demain et après-demain » (*L'aîné des orphelins*[1], p. 13). L'analyse des procédés stylistiques telles la variation des foyers narratifs et une apparente désorganisation du récit dont l'intrigue est éclatée au gré des failles de la mémoire du narrateur et de ses luttes intérieures laisse voir sur le plan temporel un foisonnement des anachronismes, des analepses internes qui rompt la linéarité du récit. Ces anachronismes rendent l'intrigue fluctuante et parfois insaisissable. En effet, le début du récit donne à dire que le narrateur narre sa propre histoire: « Je n'en veux au sort. J'en veux à Thaddée. Il ne me reste plus aucune chance: ils viendront me tuer demain ou après-demain » (Idem). Ces propos liminaires du narrateur placent le récit dans une narration simultanée où le narrateur vit et se raconte en même temps (G. Genette, 1983, p. 55). Au détour d'une page, plus précisément, à l'entame de la deuxième rubrique, le narrateur décline son identité: « Je m'appelle Faustin, Faustin Nsenghimana. J'ai quinze ans. Je suis dans une cellule de la prison centrale de Kigali. J'attends d'être exécuté. Je vivais avec mes parents au village de Nyamata quand les *avènements* ont commencé » (LAO, p. 14). A la page suivante, le lecteur fait face à un autre récit: « Selon le sorcier Funga, en quittant la terre, l'âme du président Habyarimana aurait maudit le Rwanda. Le sorcier Funga est un menteur. Il y a bien longtemps que le Rwanda est maudit » (LAO, p. 15). Sur les trois premières pages du roman, le lecteur assiste à la narration simultanée, à celle ultérieure: mention d'un indice temporel « cette époque-là » et l'histoire du sorcier Funga. Il se crée alors une distorsion de la structure linéaire du texte: le fait de présenter sa situation carcérale avant de décliner son identité et les jeux narratifs.

Le chassé-croisé des récits est légion dans le texte. A cela, s'ajoutent les anachronismes temporels. A l'entame du récit, le narrateur faisait savoir qu'ils viendront le tuer le lendemain ou l'après-lendemain. Dans la cinquième rubrique, il dit: « Il y a maintenant trois ans que je suis là, dans la prison centrale de Kigali... » (Ibidem, p. 25). L'anachronisme se lit entre l'avant et l'après. Dans l'ordre des choses, c'est après le verdict du procès que l'inculpé est fixé sur son sort. Ainsi, en faisant savoir à l'entame du récit qu'il sera exécuté le lendemain, le lecteur suppose que le verdict est déjà prononcé. Partant de cette logique, il devient anachronique de faire entendre qu'on vient de passer trois ans en prison à la page 25. Seule l'errance scripturale peut expliquer cette distorsion temporelle. Se positionnant dans le contexte de l'intrigue afférent aux corollaires du génocide, le lecteur peut doublement interpréter ces anachronismes.

La première interprétation se situe dans la recherche de l'intentio auctoris (F. Duval, 2008, p. 27-42). C'est l'orientation la plus pratiquée, surtout lorsque les anachronismes sont conscients. Le texte est alors perçu comme la manifestation de la pensée de l'auteur et de son intention expressive de reconstituer les circonstances qui ont présidé la production du texte. Les circonstances dans le corpus se lisent à travers l'expression « les *avènements* » mis en exergue dans le texte.

La seconde se fonde sur l'intentio lectoris (Idem). Elle concerne l'effet que le texte produit sur les lecteurs, en d'autres termes, la compréhension du texte par les lecteurs et la signification qu'ils lui attribuent. Emettre le jugement d'anachronisme exige que le lecteur se rende compte du décalage référentiel. C'est d'ailleurs ce décalage relevé dans le corpus qui justifie l'anachronisme.

[1] Pour la suite de l'étude, *L'aîné des orphelins* sera abrégé LAO.

Que ce soit dans l'une ou l'autre des interprétations, le nominatif « avènement », un usage euphémique, constitue un paramètre déterminant dans la chronologie de la narration. Evitant le substantif « génocide", jugé, certainement, trop heurtant, le narrateur a préféré avènement pour marquer la venue première de ce massacre en Afrique. K. Efoui, pour contourner le mot « guerre » dans son œuvre *La Polka,* recourait plutôt à l'expression « les évènements » (1998, p. 10). De toute évidence, en situation particulière, l'écrivain opte pour une narration particulière. Au sujet de la distorsion temporelle, I. Ly écrivait dans son roman *Toiles d'araignées*: « Hier et aujourd'hui se confondaient dans une sorte d'apathie » (1982, p. 211).

Au-delà des anachronismes temporels, d'autres techniques narratives telles les analepses sont notables dans le corpus. A la page 35, il surgit tout autre récit qui renvoie le lecteur à l'origine des hostilités:

> *Après m'être enfui de mon village natal de Nyamata, je comptais rejoindre les grottes de Byumba, pour retrouver mes parents, quand je rencontrai le sorcier Funga sous un flamboyant. Mais je n'eus pas le courage de poursuivre mon chemin. A vrai dire, je n'en voyais plus la nécessité. Mes parents y étaient-ils encore, sur cette lointaine terre de Byumba ? (LAO, p. 35).*

Ce retour en arrière, si déroutant, plonge le lecteur dans un autre univers, loin de celui carcéral, tout en le situant dans un contexte de justification de la situation pendante du narrateur. Il se produit un changement de temps de narration: de la dominance du présent dans le premier récit, la narration glisse dans l'imparfait et le passé simple. Loin de simples analepses, il est plus question de récits intercalés. Selon G. Genette, (1972, p. 242-243), les récits intercalaires sont déterminés par le type de relation qu'ils entretiennent avec le récit premier. Lorsque la relation est causale, l'on a affaire à une fonction explicative. En effet, ce retour du narrateur sur son départ du village explique en partie son incarcération.

D'autres récits intercalés pointent dans le texte, donnant des informations sur l'avant et l'après les avènements. L'on peut lire le passage du narrateur par le QG, sa rencontre avec Claudine, une amie, son séjour et sa fuite de la Cité des Anges bleus, la trouvaille de ses sœurs et frère, son aventure avec le Cameraman Rodney, l'histoire du cerf-volant, le récit sur le début des avènements. Tous ces récits alternent avec le récit premier, celui du séjour du narrateur en prison.

En réalité, la lecture de *L'aîné des orphelins* plonge le lecteur dans un dédale récitatif où il a l'impression de progresser dans le récit premier mais aussitôt bascule dans des récits secondaires relatant l'arrière fond de la vie du narrateur. Mieux, à la page 114, le récit du crime commis sur Musinkôro qui a abusé de la sœur du narrateur, Esther, débouche sur la troisième visite de Claudine en prison. C'est tout comme si l'auteur vaudrait apporter la lumière sur le réel motif de l'incarcération de Faustin.

Tout cet enchevêtrement donne l'impression d'une immersion dans un univers romanesque sans issue plausible. Cette errance à laquelle est soumis le lecteur est à l'image du parcours tumultueux du narrateur.

3 UN PARCOURS AUX DESTINS INCONNUS

L'aîné des orphelins s'ouvre sur l'expression du regret:

> *J'en veux à Thadée. [...] Quelques jours avant la chute de l'avion, j'avais reçu au marché hebdomadaire de Bugesera un message d'Oncle Sentama (depuis la dernière saignée, il habite de l'autre côté du lac, au pays appelé Tanzanie): « Viens, fils de ma sœur, disait-il… » Mais il était là, Thadée, avec son nez qui respire la malchance et ses grandes oreilles qui entendent tout. […] Nous devons nous préparer. Si l'on partait plutôt mardi ? Mardi, c'est trop loin, Oncle Sentama va s'impatienter ! tiens-je de le raisonner. Mais il était écrit au ciel que sa bouche aurait toujours le dessus sur la mienne [...] Pourtant, trois jours après, on abattait l'avion du président. Et voilà les avènements (LAO, p. 13-14).*

Cet extrait renseigne sur l'attitude attentiste du narrateur diverti par son ami Thadée. Son projet de rejoindre son oncle de l'autre côté de la frontière a été remis en cause. La conjonction de coordination « mais » marquant l'opposition a restreint toutes ses chances de se retrouver de l'autre côté des frontières avant le début des avènements. Cette malchance qui sous-tend le chagrin de la perte de la possibilité qui lui était offerte d'éviter le tourment reste le point de départ de son enfermement.

Deux cercles d'enfermement se lisent à travers le texte: l'enferment à l'intérieur du pays et à l'intérieur des prisons. Celui qui est enfermé ne s'appartient plus. Il est déboussolé, perdant ainsi ses aptitudes de mobilité objectivée. Il navigue à vue, mieux, il erre. C'est dans cette situation malencontreuse que le narrateur et ses autres compagnons se sont retrouvés.

Le massacre lancé par des hommes entourant les collines de Nyamata et exhortant les gens à aiguiser les machettes et les couteaux a jeté des colonnes de populations dans l'errance. Le narrateur, Faustin, qui n'avait que treize ans et dont les parents ont été massacrés avançait avec un air pensif et préoccupé, au rythme d'autres refugiés sans destination fixe:

> *Le plus difficile, c'est d'imaginer encore Funga là-dedans. Peut-être parce que je l'avais reconnu parmi les réfugiés qui tentaient d'atteindre le Zaïre, ce jour où il m'offrit de la viande boucanée. Je ne me souviens plus où c'était: Muhazi, Rutongo, Kayonza ou quelque faubourg de Kigali ? Quand on s'est terré autant que je venais de le faire, impossible de se souvenir ! L'image n'était pas bien nette: trop de fantômes et de zones d'ombre autour de lui, et la nature renvoyait de telles couleurs qu'on se serait cru dans un autre monde. Mais c'était bien Funga... (LAO, p. 16).*

La perte de souvenance, corollaire du génocide, est l'une des pathologies de l'errance. Les errants perdent tous les repères, avançant de ce fait à vue, traumatisés par les atrocités des massacres. Personne n'est épargné, y compris le vieux Funga qui trônait au milieu des réfugiés, pourtant considéré par tout le village comme une personnalité nantie de pouvoirs magiques. C'est paradoxalement lui qui fait le lavage de cerveau à Faustin: « Oublie ton père, oublie ta mère ! Quand les choses sont ce qu'elles sont, on ne pense pas à son père, on ne pense pas à sa mère, on pense à sauver sa peau ! » (Idem). L'errance suscitée par les massacres est une autre réalité dans laquelle l'on oublie tout ce qu'il a de plus cher. Les réfugiés erraient, pas sur des terres étrangères, mais entre des collines bien connues où, malheureusement, ils s'égaraient. Cet égarement renforce l'idée d'enferment géographique et psychologique des hommes qui se meuvent encore grâce à l'instinct de survie. Faustin évoque cet enfermement, ou encore mieux ce piétinement de l'espace:

> *Je fonçai à travers les champs de maïs et les courettes encombrées de briques et de charbon de bois. Je courus le restant de la nuit, revenant probablement plusieurs fois au même endroit, avant de m'affaler essoufflé dans un champ de manioc. Je me rendis compte, sous la lumière de l'aube, que je me trouvais non loin de la Cité des Anges bleus,... C'était le bestial instinct de survie qui m'avait conduit là (LAO, p. 124).*

Le piétinement se lit à travers l'expression « revenant probablement plusieurs fois au même endroit ». L'errance physique qui se manifeste par la perte de repères est saisie par « plusieurs fois au même endroit ». Cette déambulation provoque aussi le trouble psychique qui prive le sujet de réflexion agissante d'où le recours à l'adverbe « probablement ». Pour le narrateur, le mouvement qui s'observait n'était que celui intérieur et involontaire qui se justifie par « le bestial instinct de survie ». Cet instinct de survie serait lui aussi appuyé par celui adelphal puisque c'est justement dans cette Cité que se trouvaient ses sœurs et frère recueillis dans la forêt.

Néanmoins, le narrateur laisse voir que dans sa pérégrination, il repérait des points d'attache toponymique tels le cours de l'Akanyaru, les routes, les bananeraies, le flamboyant, les bosquets d'acacias... Ces relais, même s'ils donnent l'impression d'une progression, cette dernière reste stérile car ne débouchant sur aucune échappatoire.

La prison, le second cercle fermé dans lequel divague le narrateur, est un autre tracé sinueux au travers duquel il use les jours en attendant son procès. Depuis sa fugue et son arrestation qui firent de lui une « obscure personne » (LAO, p. 46), le narrateur a transité par le camp de Rutongo avant d'être écroué définitivement dans la prison centrale de Kigali. Durant ce parcours teinté de souvenirs de ses parents introuvables, Faustin, sans connaissance de la destination finale, sous l'égide de son bourreau, a fait les frais des puanteurs provoquées par le génocide: «... dans la puanteur des caniveaux où, au fil des jours, la pisse des ivrognes et des putes avait surpassé en volume le sang coagulé et la cervelle gluante des cadavres [...] On avait mis le temps à la casse, comme une vieille épave » (LAO, p. 47). Le vocabulaire funeste et macabre de cet extrait renseigne sur la mélancolie et le traumatisme que vivent les rescapés dont le narrateur. Le traumatisme fait perdre toute notion de temps et, pourtant, Faustin évoluait vers la prison.

En cellule, cette notion de temps était persistante: «... j'ai bien cru que c'était la fin quand ils m'ont enlevé les menottes, les lacets et la ceinture pour me jeter dans ce caveau où la nuit succède à la nuit et l'odeur des plaies à celle, familière, de la mort » (LAO, p. 25). A travers cet extrait, le narrateur se fait une représentation de la prison. C'est d'abord pour lui un caveau qui, sous d'autres termes, peut servir de sépulture; c'est d'ailleurs cette image qui lui faisait croire que « c'était la fin ». Après un parcours tumultueux, jonché d'obstacles, l'entrée dans un caveau donne, sans doute, l'impression de la finitude de l'homme. Cette impression est, ensuite, renforcée par la succession de la nuit, renseignant davantage sur l'idée d'enfermement évoquée plus haut. En temps normal, la nuit succède au jour, le contraire est synonyme d'obscurité sempiternelle, signe de désorientation de l'homme. L'odeur des plaies, proche de celle de la mort est la résultante de la navigation à vue des personnages.

La prison animalise les prisonniers: « Un bruit de bête sauvage sort tout seul de sa bouche pour de bon entrouverte » (LAO, p. 22). Ainsi, ils se torturent entre eux sans se poser de question sur leur sort. Ces scènes de torture ont suscité une certaine réflexion chez le narrateur: « La vie est une étrange course d'obstacles: toutes les haies sont interdites, eh bien, pourquoi les gens naissent-ils sinon pour les franchir ? Et, croyez-moi il n'y a rien qui ressemble autant à la vie que la prison » (LAO, p. 91). L'interrogation sur les raisons de l'existence de l'homme est consubstantielle à celle liée aux motifs du bellicisme: pourquoi vivre pour s'entretuer ? C'est depuis les fameux avènement que tout fonctionne à l'envers, chacun s'évertuant à enfreindre les règles.

Les indices textuels donnent à savoir que ce n'est pas la première fois que le Rwanda connaît la saignée. Claudine, amie de Faustin, fait savoir que ses parents ont connu l'errance lors de la « première saignée en 1959 » (LAO, p. 31). C'est d'ailleurs ces circonstances qui expliquent sa naissance à la frontière avec l'Ouganda, ses parents s'y étant refugiés en fuyant à travers la brousse. Selon l'étude menée par F. Rutembesa dans la « Revue d'Histoire de la Shoah » (2009, p. 105-114) sur le génocide au Rwanda, l'existence d'un ethnisme patent a fait que le Rwanda s'est construit comme une société fermée. Cet enfermement a nourri la haine entre les Tutsis et les Hutus. L'article souligne que cet ethnisme est inhérent à la révolution de 1959 et constitue la cause originaire du génocide. Le référent 1959 prouve l'authenticité de l'indice textuel. Au-delà de cette date, le roman va plus loin en énonçant d'autres saignées telles que « celle de 1964, celle de 1972, etc. » (LAO, p. 119). Pourquoi ce qui paraissait comme une légende à l'évocation de ces différentes saignées n'a pas pu être jugulé au nom des atrocités subies ? Pourquoi une nouvelle saignée plus dévastatrice que les précédentes ? Ce sont ces différentes questions qui taraudent le narrateur durant sa vie carcérale dans un univers subversif.

4 LA BELLIGÉRANCE, UN UNIVERS DE TRAVERS

S'il est vrai que les saignées précédentes ont fait des victimes au sein de la société rwandaise, celle de 1994 qui traumatise le narrateur a atteint l'indicible. E. O. Reischauer (1997, p. 50) écrivait que « L'opinion se convainc de l'inanité du bellicisme ». L'opinion, ici, marque une ellipse pour dire l'opinion publique qui est une tendance sociale. C'est dire alors que la société, unie par des lois, est convaincue de l'inutilité de s'entretuer. Malgré cette conviction, la société rwandaise s'est laissée aller à une guerre bestiale. En vue de d'appréhender les motifs d'un tel revers, il importe d'interroger la socialité du texte romanesque.

Le postulat selon lequel les mots ne sont jamais neutres donne cette possibilité de lire un texte littéraire à travers le prisme sociocritique. Selon H. Mitterrand (1971, p. 91), le titre *Sociocritique* (C. Duchet, 1979) « apparaît comme un des éléments constitutifs de la grammaire du texte, et aussi de sa didactique: il enseigne à lire le texte ».

Interroger les pratiques romanesques en tant que productrices d'un espace social, c'est analyser le fonctionnement du texte romanesque. La lecture de *L'aîné des orphelins,* donne à lire un foisonnement d'interrogation. La grande interrogation qui rythmait la vie des rwandais est celle liée à l'appartenance à ce pays (p. 32). D'autres questionnements tels « Pourquoi en est-on arrivé là ?... qui fera le Rwanda ? » (p. 31); « Je ne me souviens plus de ce qu'il avait à la bouche: un cure-dent ou un petit bout de manioc ? » (p. 32); « Mes parents y étaient-ils encore, sur cette lointaine terre de Byumba ? » (p. 36); « As-tu eu aussi une mère ? » (p. 45). D'horribles et ahurissantes questions à la taille de la sublimissime portée d'une guerre dont le sens dépasse l'entendement humain.

Partant de ces questions, le référent qui se manifeste de la socialité du texte romanesque est le nominatif « Rwanda » qui est une république formée des citoyens jouissant des mêmes droits et obéissant aux mêmes lois. Il est difficile de comprendre comment une cité formée d'ethnies partageant la même langue et de surcroît, pratiquant des mariages inter-ethniques, voisines et travaillant ensemble peut se laisser aller à de pareilles exactions. Les citoyens rwandais, unis par l'entente et la cohésion, sont subitement devenus subversifs pour des raisons inconnues: ceux qui sont censés protéger leurs concitoyens n'osent rien faire, les dirigeants, loin de protéger les citoyens, les persécutent selon leur appartenance; les jabirus des prisons, à leur tour, regardent les belligérants prisonniers s'entretuer sans intervenir. Il s'agit, dans ces circonstances, d'un univers de travers qui repose sur une hallucinante dégradation de la sphère sociétale; un univers où trouver sa place est difficile et la survie, une question de chaque instant. Toute exaction, tout propos porte le sceau d'une mentalité errante. Le père blanc qui a détourné l'esprit de Faustin par le biais du baptême a été assassiné « dans la cathédrale de Kabwayi ! En direct à la télé et sous les pieds du pape ! » (LAO, p. 17-18). Faustin, à la page 15, traitait le sorcier Funga de menteur. Au détour de quelques pages, il se rétracte: « Je me rendais compte soudain qu'il (Funga) était dorénavant tout ce qui me rattachait au monde » (p. 19). Le fait de se dédire renseigne sur l'errance mentale sous le poids de laquelle croulent les réfugiés. Ils ne s'appartiennent plus, non seulement traumatisés mais, surtout, tenus de se priver des besoins pourtant naturels: « Ces hommes, ces enfants et ces femmes ne toussaient pas, ne parlaient pas, ne gémissaient » (p. 20) par peur de se faire détecter par les FAR (Forces armées rwandaises).

L'errance mentale peut aussi être perçue doublement. Le narrateur, évoquant l'assassinat d'une expatriée Italienne, a décrit les circonstances horribles dans lesquelles l'acte a été commis: « Un beau soir, les chiens sont venus, armés de machettes et de gourdins. Elle a tenté de fuir vers l'église. Ils l'ont rattrapée dans la cour. Ils l'ont tailladée de partout et ils l'ont abandonnée sur les graviers où elle s'est vidée de son sang sans que personne bouge » (LAO, p.18). L'extrait montre la débandade physique et mentale dans laquelle se trouvait l'Italienne: « Elle a tenté de fuir vers l'église. Ils l'ont rattrapée dans la cour ». Elle erre, ne sachant plus ni l'environnement dans lequel elle se trouve, ni le sort qui l'attend. Le participe passé « tailladée » renvoie à l'animalisation. C'est généralement les animaux abattus que l'on taillade dans le processus de la charcuterie. En ce sens, tailler une personne devient une expression hautement évocatrice qui est du ressort de l'animosité. Si ceux que l'on taillade constituent des animaux aux yeux de ceux qui posent ces actes inhumains, que représentent alors ces

auteurs ? Suivant l'analyse, il se donne alors à voir que ces auteurs vivent eux aussi une errance mentale qui les animalise. C'est sous la mainmise de cette animalité qu'ils tailladent leurs concitoyens. Dans l'œuvre de J. Hatzfeld intitulée *Dans le nu de la vie,* les rescapés qui ont accepté de témoigner, caricaturaient l'attitude abjecte des bourreaux en ces termes:

> *On mourait coupé à la machette comme des chèvres au marché. On ressemblait à des animaux et eux ils avaient pris l'habitude de nous voir comme des animaux. En vérité, ce sont eux qui étaient devenus des animaux, pire que des animaux de la brousse parce qu'ils ne savaient plus pourquoi ils tuaient (2000, Quatrième de couverture).*

Ce rejet de l'animalité sur les bourreaux par les rescapés confirme le déséquilibre mental de ceux qui exécutent leurs concitoyens sans motif réel. Ne savoir pourquoi l'on tue son prochain relève sans doute d'une errance mentale. Devant l'indicible et l'inexplicable, seule cette attitude déréglée peut, dans une certaine mesure, expliquer l'envers des situations imposées par les avènements.

En effet, les avènements ont remis en cause tout ce qui est norme. La société romanesque dans laquelle évolue le narrateur a été désagrégée, mettant à bas les bases juridiques. L'avocat de Faustin, dans son plaidoyer, s'indignait de cette impasse historico-juridique: « En fait, il n'y a plus de véritable loi, il n'y a plus rien de véritable ici. Nous sommes au seuil d'une nouvelle vie, il faudra tout recommencer: l'histoire, la géographie, l'Etat, les mœurs,... » (LAO, p. 134). Cette désagrégation est renforcée par la perte de la notion de temps: « Il y a combien de temps que la foudre est tombée ? Six mois, neuf mois, un an ! C'est largement suffisant pour savoir qui est mort, qui ne l'est pas, qui a pu prendre la fuite et qui est en prison ! » (LAO, p. 62). Le temps est mis à sac au point que l'on doute du lendemain: « Mangeons ce que Dieu nous donne aujourd'hui. Rien ne dit que nous en aurons demain » (p. 53). L'aporie de la notion de temps n'empêche pas le monde d'assumer son irréversibilité. Ce qui donne ainsi raison au vieux Funga qui disait « Le monde, il marche même si c'est souvent de travers » (p. 49). Le travers dont il est question dans le texte est le fruit d'une contingence due à l'inclinaison de l'être humain à la belligérance, une situation dans laquelle la lucidité brille par son absence.

Tout questionnement relatif au massacre abouti au non-sens d'autant plus que Faustin qui fait l'objet d'un procès n'est ni pur hutu ni pur tutsi, mais la résultante des deux. Or le recoupement des faits donne à dire que ce sont les Hutus qui ont voulu exterminer les Tutsis. Les parents du narrateur, le père hutu et la mère tutsi, ont été massacrés. Cet acte inexplicable est hautement symbolique pour prouver la déroute de l'homme. C'est bien plus la faillite de l'humanité à mettre un terme à un génocide pourtant mainte fois décrié.

5 CONCLUSION

L'étude menée sur *L'aîné des orphelins* visait à ressortir les différentes manifestations de l'errance et son impact sur les personnages du roman. L'errance scripturale, le parcours tumultueux du narrateur et le travers des avènements ont été examinés. L'analyse des procédés stylistiques telles la variation des foyers narratifs et une apparente désorganisation du récit laisse voir un foisonnement des anachronismes, des analepses et de récits intercalés. Cela rend l'intrigue fluctuante et parfois insaisissable. Cette distorsion narrative relève de l'errance scripturale. L'errance du lecteur rime avec le parcours tumultueux du narrateur. Fuyard, orphelin, pensionnaire et prisonnier, le parcours de Faustin reflète l'instabilité spatio-temporelle dans laquelle évoluent les rescapés du génocide. Cette errance physique se configure comme la manifestation d'une conscience qui a perdu ses repères et qui cherche à se définir, à s'offrir une existence stable. Le parcours tumultueux exprime également une errance mentale dans un univers de travers qui se manifeste par des variations incessantes des sentiments, des manières de penser et d'agir des exécutants. L'analyse de ces agissements déplacés montre que ceux qui ont bestialisé leurs concitoyens en les massacrant manifestent plus d'animalité que ceux qu'ils tuent. Faustin, l'aîné des orphelins, narrateur énigmatique, n'a qu'une identité, celle qui scelle l'unité entre Hutu et Tutsi et donc de toute la société rwandaise. A travers l'écriture de l'errance, l'article a montré que le roman est un exutoire à la souffrance et à la frustration des personnages et plus particulièrement du personnage principal. Partant de là, l'article promeut ce qui fonde la nécessité d'une vigilance collective permanente, d'un nouvel humanisme.

REFERENCES

[1] DUCHET Claude, 1971, « Pour une sociocritique ou variations sur un incipit«, *Littérature,* n°1, p. 5-14.
[2] DUCHET Claude, 1976, « Introduction: sociocriticism«, *Sub-Stance,* V. 5, n°15, Madison, p. 2-5.
[3] DUCHET Claude, 1979, « Introductions. Positions et perspectives«, dans Claude Duchet, Bernard Merigot et Amiel Van Teslaar (dir.), *Sociocritique,* Paris, Nathan, p. 3-8.
[4] DUVAL Frédéric, 2008, « Comment interpréter les anachronismes ? Le cas de l'histoire romaine écrite en français au début du XIII siècle », *Anabases,* 8, p. 27-42.
[5] EFOUI Kossi, 1998, *La Polka,* Paris, Seuil.
[6] GENETTE Gérard, 1972, Discours du récit, *Figures III,* Paris, Seuil.
[7] GENETTE Gérard, 1983, *Nouveau discours du récit,* Paris, Seuil.
[8] HATZFELD Jean, 2000, *Dans le nu de la vie,* Paris, Seuil.
[9] LY Ibrahima, 1982, *Toiles d'araignées,* Paris, Harmattan.
[10] MITTERAND Henri, cité par Kasimi Djiman, « La sociocritique au pluriel«, *Sociocriticism,* 2010, Vol. XXV, 1 y 2.
[11] MONENEMBO Tierno, 2000, *L'aîné des orphelins,* Paris, Seuil.
[12] REISCHAUER Edwin Oldfather, 1997, *Histoire du Japon et des Japonais,* tome 2: De 1945 à nos jours, Traduit et complété par Richard Dubreuil, Paris Seuil.
[13] RUTEMBESA Faustin, 2009, « Ecrits sur le génocide des Tutsi. Constat et perspectives de recherches«, *Revue d'Histoire de la Shoah,* n°190, p. 105-114.

International Journal of Innovation and Applied Studies
ISSN 2028-9324 Vol. 39 No. 2 Apr. 2023, pp. 1057-1067
© 2023 Innovative Space of Scientific Research Journals
http://www.ijias.issr-journals.org/

Recherche-action sur les centres de santé médicalisés urbains dans la ville de Goma (Est de la RDC): Bassin d'attraction et profil de la patientèle

[Action research on urban health centers in Goma city (Eastern DRC): Attraction area and patient profile]

Jean-Bosco Kahindo Mbeva[1-2-3], Edgar Tsongo Musubao[1], Prudence Mitangala Ndeba[1-2-4], Jean-Pierre Noterman[1], Paluku Bahwere[5], Robert Vutsopire Kipumo[4], Levis Kahandukya Nyavanda[4], Aimé Kambale Saruti[2], and Denis Porignon[7]

[1]ULB Coopération, PADISS2, Bureau de Goma, Goma, RD Congo

[2]Université Officielle de Ruwenzori (UOR), Butembo, RD Congo

[3]Université Libre des Pays des Grands Lacs (ULPGL), Goma, RD Congo

[4]Université Catholique de Bukavu (UCB), Bukavu, RD Congo

[5]CEMUBAC Congo, Kinshasa, RD Congo

[6]Division Provinciale de la santé du Nord-Kivu, Goma, RD Congo

[7]Université de Liège (ULiège), Liège, Belgium

Copyright © 2023 ISSR Journals. This is an open access article distributed under the ***Creative Commons Attribution License***, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

ABSTRACT: ***Introduction***: Faced with the growing phenomenon of urbanization and the need to adapt health services to the urban context, this article describes the catchment area and the profile of the patient who attended the two urban medical health centers (CSMU) set up, as part of an action research, in the city of Goma, Eastern Democratic Republic of (DRC). ***Methods***: This is a retrospective observational study based on registry and patient record data from April 2019 to December 2021. Data collected on tablets were analyzed using statistical software STATA 14.1. ***Results***: 14.433 patients attended both CSMUs during the period. Both CSMUs experienced attraction beyond the health areas of implantation (26.7%). The profile of the patient is predominantly female (62.3%), educated (70.5% graduated at least in the humanities), adult (44.9% aged 18 to 49), registered with the CSMU in 19.6% of cases. The reason for consultations is dominated by infectious (55.2%) and parasitic (10.6%) diseases, followed by chronic diseases (26.9%) and trauma (2.6%) (p <0.001). In more than 90% of cases, the care involves 3 different skills (medical, nurses and social worker) of the multidisciplinary team. ***Discussion and Conclusion***: The catchment area and patient profile found show the interest of rethinking the way urban health services are organized in order to better meet the expectations of urban populations.

KEYWORDS: multidisciplinary team, patient, urban context, Goma, Democratic Republic of Congo.

RESUME: ***Introduction***: Le phénomène croissant d'urbanisation observé en République Démocratique du Congo (RDC) oblige une adaptation dans l'organisation des services de santé urbains. Dans cette perspective, cette étude décrit le bassin d'attraction et le profil de la patientèle ayant fréquenté les deux Centres de Santé Médicalisés Urbains (CSMU) mis en place dans ville de Goma à l'Est de la RDC dans le cadre d'une recherche-action. ***Méthodologie*:** Il s'est agi d'une étude basée sur l'analyse des données des registres et des dossiers des patients ayant fréquenté les deux CSMU pendant la période allant d'avril 2019 à décembre 2021. ***Résultats***: Un total de 14433 patients a fréquenté les deux CSMU pendant la période. Les deux CSMU avaient connu une attraction au-delà des aires de santé d'implantation (26,7%). Le profil de la patientèle avait été de prédominance féminine (62,3%), instruite (70,5%), adulte (44,9% âgés de 18 à 49 ans), et issue des ménages inscrits au CSMU dans 19,6% des cas. Le motif de prise en charge était dominé par des pathologies infectieuses (55,2%) et parasitaires (10,6%), suivies des maladies chroniques (26,9%) et des traumatismes (2,6%) (p <0,001). Dans plus de 90% des cas, la prise en charge avait fait intervenir à la fois

trois compétences différentes (médicales, infirmières et assistant social) de l'équipe pluridisciplinaire. ***Discussion et conclusion***: Le bassin d'attraction et le profil de la patientèle trouvés montrent l'intérêt de repenser le mode d'organisation des services de santé urbains en vue de mieux répondre aux attentes des populations urbaines.

MOTS-CLEFS: équipe pluridisciplinaire, patientèle, contexte urbain, Goma, République Démocratique du Congo.

1 INTRODUCTION

L'urbanisation constitue à ce jour un phénomène mondial croissant. Le rapport « World Urbanization Prospects » des Nations Unies [1] montrait qu'en 2018 la population urbaine mondiale avoisinait les 50% et que ce phénomène devrait s'accroitre au cours des trente prochaines années. Selon les prévisions, l'Afrique devrait enregistrer au cours des prochaines décennies, le plus important accroissement démographique urbain, avec des taux d'accroissement moyens de l'ordre 3,17% (versus 1,48% au niveau global) entre 2015 et 2055, et un taux d'accroissement estimé à 3,32 % (versus 1,58% au niveau global) entre 2020 et 2030 [2]. Dans cette dynamique d'urbanisation, la RDC, tout comme la Tanzanie et le Nigeria, figureront parmi les 10 pays qui enregistreront les plus fortes proportions de populations urbaines en 2050 [3].

Le phénomène d'urbanisation dans les pays en développement conjugué à la mondialisation s'accompagne de nombreux défis, dont ceux relatifs à l'accroissement de la précarité socio-économique et des inégalités, à la faiblesse des infrastructures urbaines et à la disponibilité limitée des services sociaux de base et de qualité [2]. Dans de nombreux pays en développement, ces défis sont exacerbés à la suite d'une gouvernance urbaine généralement déficiente. L'une des conséquences est la défaillance des systèmes d'assainissement aggravée par la précarité, la forte densité et la promiscuité dans des bidonvilles. Comparés aux pays développés dont seulement 6% des populations urbaines vivent dans des bidonvilles, les pays en développement affichent des proportions allant jusqu'à 76% des populations urbaines vivant dans des bidonvilles [4].

Un autre défi important, qui relève de la gouvernance au niveau étatique et au niveau urbain dans nombreux pays en développement, concerne l'inadéquation des services de santé urbains par rapport aux particularités du contexte urbain [5]. Si l'on se réfère à la morbidité, en plus des maladies infectieuses, le milieu urbain regroupe aussi de nombreux patients porteurs de maladies non transmissibles liées à la transition sanitaire et à la mondialisation, notamment des comportements [6]. L'environnement et le style de vie urbains sont en effet à l'origine d'un accroissement des facteurs de risque pour certains problèmes de santé comme l'obésité, le diabète, les maladies cardio-vasculaires et les accidents de trafic routier [6], [7]. La sédentarité, les modifications des habitudes alimentaires et l'adoption de modes de vie peu compatibles avec la santé contribuent à renforcer ces problèmes. Une étude menée il y a une dizaine d'années au Sud Kivu, province voisine du Nord Kivu à l'Est de la RDC, confirmait déjà cette tendance en montrant l'existence d'une prévalence de l'hypertension artérielle à 41% en ville contre 38% en milieu rural [8]. Face à ces problèmes de santé, les services de santé urbains résultant d'une réplication du modèle du district de santé rural sans adaptation suffisante aux particularités urbaines, ne sont pas nécessairement les plus adaptés [5].

En République Démocratique du Congo (RDC), le contexte urbain est, de plus, marqué par une grande concentration de professionnels de santé et des services de santé lucratifs peu régulés et aux exigences de qualité revues à la baisse [9]. Bien que les normes du district de santé prévoient une première ligne de soins tenue par du personnel infirmier, des changements significatifs sont observés, notamment en rapport avec le profil du personnel. Une étude menée dans la ville de Kisangani à l'Est de la RDC a révélé que 60% des structures sanitaires de première ligne étaient médicalisées, avec une tendance à substituer les soins de proximité de première ligne par des soins hospitaliers [10]. Une tendance similaire de médicalisation de la première ligne de soins avait déjà été observée dans la ville de Goma en 2018, avec 43% des cas de centres de santé médicalisés [11]. Cette tendance à la médicalisation de la première ligne des soins, contrairement aux politiques et aux prescrits des normes d'organisation des services de santé en RDC, traduit des tentatives de réponse à une demande de soins non satisfaite, sans que cette réponse soit nécessairement satisfaisante. En effet les populations urbaines, de plus en plus instruites [6], [8] sont généralement plus exigeantes en rapport avec la qualité des services qui leur sont proposés [12]. Une étude menée sur l'itinéraire thérapeutique du patient en milieu urbain de Goma en 2017, montrait, outre une forte tendance des patients à l'automédication (51% des cas analysés), une tendance non négligeable à rechercher les soins au niveau des structures sanitaires disposant d'un médecin (25% des cas); alors que seulement 7% des patients avaient recours au centre de santé de l'aire de santé à laquelle ils sont rattachés [13]. Le niveau de médicalisation décrit ci-dessus et le recours privilégié vers des structures avec médecins sont révélateurs d'un besoin de restructuration du mode d'organisation des services de santé, hérité depuis plus de 40 ans du modèle rural du district de santé, devenu obsolète par rapport aux particularités contemporaines du contexte urbain en RDC [5], [14]. Bien que les politiques et les normes d'organisation et de régulation des services de santé en milieu urbain, ne sont pas encore élaborées, des responsables au niveau du ministère de la santé perçoivent l'intérêt d'adaptation de ces politiques et normes. Cet intérêt avait été mis en lumière lors de l'élaboration de la stratégie de réforme sectorielle et des normes de la zone de santé en 2006 [15]. Pour avancer dans une optique d'élaboration des politiques sanitaires reposant sur l'approche des Soins de Santé Primaires et des normes basées sur l'évidence, le Ministère de la Santé de la RDC, a prévu de tester et documenter la médicalisation de la première ligne des soins en milieu urbain, dans le cadre des projets de recherche, en particulier un projet réalisé au Nord Kivu, à l'Est de la RDC. Au terme des voyages d'étude sur la médicalisation de la première ligne de soins en RDC et hors de la RDC (Mali et Belgique), des études sur l'itinéraire thérapeutique [16] et sur l'offre des soins dans la ville de Goma [11], et d'une revue de littérature sur les défis sanitaires urbains [17], l'option a été levée sur un modèle médicalisé de première ligne à tester dans la ville de Goma. Ce modèle consistait en une équipe pluridisciplinaire intégrant des compétences médicales, infirmières, de Kinésithérapie, de psychologie clinique et d'assistance sociale, qui assure une prise en charge globale de proximité des membres des ménages

inscrits, y compris les patients confrontés à des maladies chroniques, dont le diabète. Cette prise en charge devrait aussi bien intégrer les soins curatifs, préventifs, des activités promotionnelles que des soins de réadaptation (physique, mentale et sociale) [18]. Ce modèle a été testé depuis le mois d'avril 2019, au sein de deux centres de santé urbains médicalisés (CSMU) installés dans la ville de Goma (CSMU Kyeshero et CSMU Rapha/Karisimbi) dans le cadre d'une recherche-action depuis avril 2019. La présente étude fait partie d'une série, dont les questions de recherche convergent autour des conditions qui rendraient possibles la fourniture des soins de première ligne, de meilleure qualité, adaptés à la demande de la patientèle et aux particularités du contexte urbain de Goma. La finalité de toutes ces études est d'analyser dans quelle mesure le modèle d'équipes pluridisciplinaires testées au niveau des deux CSMU dans la ville de Goma, a pu répondre ou non de manière adéquate aux besoins ressentis de la patientèle urbaine de Goma.

Dans ce contexte, la double question à laquelle tente de répondre la présente étude est celle de savoir: (i) quel serait le niveau de drainage des patients par les deux CSMU; (ii) ces patients fréquentant les CSMU répondraient-ils à un profil particulier ?

Dans ce contexte, la présente étude avait pour objectif de décrire le bassin d'attraction et le profil des patients pris en charge par les deux CSMU entre avril 2019 et décembre 2021.

2 METHODOLOGIE

2.1 DESIGN DE L'ÉTUDE

Il s'est agi d'une étude observationnelle rétrospective, conduite sous forme d'enquête end line en novembre et décembre 2021, au niveau de deux CSMU, dans la ville de Goma, à l'Est de la RDC.

2.2 LIEUX D'ÉTUDE

La ville de Goma, où sont implantés les deux CSMU sous étude, est le chef-lieu de la province du Nord Kivu à l'Est de la RDC. La province du Nord Kivu comptait, en 2021, une population évaluée à 9,8 millions d'habitants [19], tandis que la population de la ville de Goma était estimée à près de 1,2 millions d'habitants. Cette population de la ville de Goma était estimée à 111.000 habitants en 1990 (https://www.macrotrends.net/cities/205453/goma/population). L'accroissement, ces vingt dernières de la population urbaine de ville de Goma est liée à quatre phénomènes: le déplacement forcé des populations de suite de l'insécurité endémique dans les localités rurales, les interventions humanitaires, la militarisation et l'action sociale basée sur les églises [20]. Une étude réalisée en 2010 sur l'urbanisation dans la ville de Goma, avait montré combien la présence des acteurs humanitaires dans la ville a non seulement renforcé la concurrence sur l'espace socio-économique et politique urbain, mais aussi induit des dynamiques de gentrification dans cette ville [21].

D'un point de vue sanitaire, au moment de la réalisation de l'étude, la ville de Goma comptait deux zones de santé urbaines (Goma et Karisimbi) et une partie urbaine de la zone de santé urbano-rurale de Nyiragongo. Les trois zones de santé étaient subdivisées en 29 aires de santé (AS), correspondant aux centres de santé intégrés aux soins de santé primaires selon le concept d'Alma Ata. La ville comptait également des centaines d'autres formations sanitaires (Fosa), certaines étant intégrées aux soins de santé primaires et plusieurs centaines d'officines pharmaceutiques.

Les deux CSMU sous étude, sont implantés dans deux AS urbaines (AS portant le même nom, dans la zone de santé de Goma pour le CSMU Kyeshero et l'AS Rapha, dans la zone de santé de Karisimbi, pour le CSMU Rapha-Karisimbi). Les effectifs des populations de deux aires de santé d'implantation, étaient très élevés, estimés à 40.934 habitants pour Kyeshero, et 31.088 habitants pour Rapha. Le concept de la première ligne médicalisée de soins à tester, le plan des bâtiments, la composition des équipements, le profil des membres de l'équipe pluridisciplinaire, les modalités pratiques d'opérationnalisation (externalisation de certains services, système d'inscription, responsabilisation et formations des membres de l'équipe…) avaient fait l'objet de consensus élaborés au cours de l'an 2018, entre les membres du sous-groupe de travail santé urbaine, et les délégués de la Direction d'étude et planification du Ministère de la santé de la RDC. Les deux CSMU ont ouverts leurs portes en avril 2019, après une double formation d'induction des équipes pluridisciplinaires de 2 CSMU. Tous les trois à six mois, des évaluations opérationnelles et analytiques, recommandées dans la recherche action selon Grodos et Mercenier [22], ont été réalisées. Sur la base des résultats des évaluations, les membres du sous-groupe de travail ont décidé de certains ajustements opérationnels à apporter au niveau des CSMU, dont l'accélération de l'inscription des ménages aux CSMU. Les effectifs des populations des ménages inscrits aux CSMU, sur la base d'un dossier familial, étaient de 12.000 habitants par CSMU vers la fin de l'an 2021.

2.3 POPULATION D'ÉTUDE ET ÉCHANTILLONNAGE

La population d'étude était constituée des patients ayant fréquenté les deux CSMU entre avril 2019 et décembre 2021. L'échantillonnage est de type exhaustif. Ont été inclus dans l'étude tous les patients ayant utilisé au moins un service au sein de l'un des deux CSMU, repris dans les registres des patients et disposant d'un dossier. Au total, 14.433 patients ayant fréquenté les deux CSMU ont été inclus dans cette étude.

2.4 COLLECTE DES DONNÉES

Les données ont été collectées par quatre enquêteurs, de profil médecin généraliste (n=2) et infirmier diplômé en santé et développement communautaire (n=2), en novembre et décembre 2021. Les données ont été extraites des dossiers de consultations individuels des patients des CSMU Kyeshero et Rapha-Karisimbi par les enquêteurs sur base d'une fiche spécifiquement développée pour l'étude et préalablement validée par l'ensemble de l'équipe de recherche, sous la supervision d'un médecin diplômé en santé publique et membre de l'équipe « Recherche-Action ». Les données ont été collectées électroniquement sur tablettes tactiles.

2.5 ANALYSE DES DONNÉES

Les données ont été transférées des tablettes électroniques vers une base de données Excel.

Les analyses ont été effectuées à l'aide du logiciel STATA version 14.1. Les statistiques descriptives et les comparaisons des groupes ont été réalisés en tenant compte des caractéristiques de chacune des variables concernées.

Les comparaisons des proportions ont été faites avec le test du Chi-carré de Pearson ou du test exact de Fisher. Le test d'analyse de variance (Anova) a été utilisé pour la comparaison des moyennes. Le seuil de signification considéré était de 0,05.

2.6 CONSIDÉRATIONS ÉTHIQUES

L'étude avait été conduite selon un protocole de recherche préalablement soumis au comité d'éthique de l'Université Libre des Pays des Grands Lacs (ULPGL) de Goma. Son approbation par le comité d'éthique avait été officialisée par la lettre N°001/CE/ULPGL/MK/2020, du 31 juillet 2020 du. La confidentialité et l'anonymat avaient été observés tout au long du processus de collecte et d'analyse des données.

3 RESULTATS

L'effectif des patients (nouveaux cas) ayant fait recours aux services de deux CSMU entre avril 2019 et décembre 2021 et inclus dans cette étude était de 14433 patients, soit une moyenne de 8 nouveaux cas par jour. Le profil sociodémographique des patients, le bassin d'attraction des deux CSMU, le profil des patients et leur prise en charge sont présentés dans les sections suivantes.

3.1 PROFIL SOCIO-DÉMOGRAPHIQUES DES PATIENTS AYANT FRÉQUENTÉ LES DEUX CSMU

La fréquentation des deux CSMU entre avril 2019 et décembre 2021 était plus élevé au niveau du CSMU Kyeshero (8160 patients, soit 56.5% versus 6273 patients soit 43.5% de patients pour le CSMU Rapha-Karisimbi). Environ 60% de ces patients étaient du sexe féminin et cela dans les deux CSMU (tableau 1). Au-delà de 4 sur 10 du total des patients étaient de classe d'âge 18-49 ans aussi bien au CSMU Kyeshero que Rapha-Karisimbi. La distribution dans les différentes classes d'âge était quasi similaire même si la différence entre les distributions des deux CSMU était statistiquement significative (tableau 1).

Le niveau d'instruction n'était pas indiqué pour 63,2% des patients. Pour ceux dont cette donnée était disponible, les patients étaient globalement d'un niveau d'études élevé: 70,5% des patients étaient au minimum diplômés des humanités; Le niveau secondaire était le niveau le plus élevé pour la très grande majorité et il y avait 5% de plus d'instruits parmi ceux qui avaient fréquenté le CSMU Rapha-Karisimbi que parmi ceux qui avaient fréquenté le CSMU Kyeshero (tableau 1). Un quart de ces patients avaient atteint le niveau supérieur et le CSMU Kyeshero avait proportionnellement été fréquenté par plus de patients ayant le niveau supérieur (tableau 1).

La fréquentation de deux CSMU comptait des patients provenant des ménages inscrits dans 19,6% des cas, avec une proportion statistiquement plus élevée des patients inscrits au niveau du CSMU Rapha-Karisimbi (34,5% des patients versus 8,2% pour le CSMU Kyeshero; P< 0,001).

Tableau 1. Caractéristiques socio-démographiques des patients ayant fréquenté les deux CSMU de Kyeshero et Rapha entre avril 2019 et décembre 2021, Goma, Nord Kivu, RDC

Caractéristiques	CSMU			P-value
	Kyeshero N (%)	Rapha Karisimbi N (%)	Total N (%)	
Sexe				
Féminin	5033 (61,7)	3953 (63,0)	8986 (62,3)	0,100
Masculin	3127 (38,3)	2390 (37,0)	5447 (37,7)	
Total	8160 (100,0)	6273 (100,0)	14433 (100,0)	
Classe d'âge				
<1 An	831 (10,4)	712 (11,4)	1543 (10,8)	<0,001
1-4 Ans	1217 (15,2)	864 (13,8)	2081 (14,6)	
5-17 Ans	1555 (19,4)	1077 (17,2)	2632 (18,5)	
18-49 Ans	3608 (45,1)	2788 (44,6)	6396 (44,9)	
50 + Ans	796 (9,9)	809 (12,9)	1605 (11,3)	
Total	8007 (100,0)	6250 (100,0)	14433 (100,0)	
Niveau d'études				
Sans études	202 (17,0)	118 (12,0)	320 (14,7)	<0,001
Primaire	129 (10,8)	190 (19,4)	319 (14,7)	
Secondaire	511 (42,9)	464 (47,4)	975 (44,9)	
Supérieur technique	3 (0,2)	6 (0,6)	9 (0,4)	
Supérieur général	345 (29,0)	201 (20,5)	546 (25,2)	
Total	1190 (100,0)	979 (100,0)	2169 (100,0)	
Inscription ménage				
Non	7478 (91,8)	4106 (65,5)	11584 (80,4)	<0,001
Oui	672 (8,2)	2159 (34,5)	2831 (19,6)	
Total	8150 (100,0)	4106 (100,0)	14415 (100,0)	

3.2 BASSIN D'ATTRACTION DES DEUX CSMU

Pour les 2 CSMU, les patients provenaient majoritairement des aires de santé dans lesquels ils étaient implantés (tableau 2). Toutefois, plus du quart des patients (26,7%) provenaient en dehors des aires de santé où sont implantées les 2 CSMU. La proportion de patients drainés hors des aires d'implantation étant significativement plus élevée au niveau du CSMU Rapha-Karisimbi, avec près de la moitié de patients (44,7%) hors aire de santé d'implantation. En termes de distance du domicile du patient, les 2 CSMU ont principalement drainé dans un rayon de 3 km autour du CSMU (tableau 2).

Tableau 2. Distribution des patients ayant fréquenté les deux CSMU de Kyeshero et Rapha entre avril 2029 et décembre 2021 en fonction de l'aire de santé et la distance du domicile, Goma, Nord Kivu, RDC

Provenance	CSMU			P-value
	Kyeshero N (%)	Rapha-Karisimbi N (%)	Total N (%)	
Provenance				
Aire de santé	7117 (87,2)	3469 (55,3)	10586 (73,3)	<0,001
Hors Aire de santé	343 (4,2)	1859 (29,6)	2202 (15,3)	
Hors zone de santé	700 (8,6)	945 (15,1)	1645 (11,4)	
Total	8160 (100,0)	6273 (100,0)	14433 (100,0)	
Distance				
< 1 km	2383 (33,6)	2727 (43,6)	5110 (38,3)	<0,001
1-3 km	3791 (53,5)	2488 (39,8)	6279 (47,0)	
3-5 km	558 (7,9)	591 (9,4)	1149 (8,6)	
5-10 km	319 (4,5)	431 (6,9)	750 (5,6)	
>10 km	38 (0,5)	18 (0,3)	56 (0,42)	
Total	7089 (100,0)	6255 (100,0)	13344 (100,0)	

3.3 MOTIFS DE RECOURS AU CSMU ET PRISE EN CHARGE PAR L'ÉQUIPE PLURIDISCIPLINAIRE

Les patients qui avaient fréquenté les deux CSMU au cours de la période examinée venaient essentiellement solliciter une prise en charge de type curatif (tableau 3). Toutefois, cet aspect était plus accentué au CSMU Kyeshero qu'au CSMU Rapha-Karisimbi qui avait été fréquenté pour des motifs non-curatifs par près de 11% des patients contre 1% au CSMU Kyeshero (tableau 3).

En accord avec la prédominance des prestations curatives, les pathologies infectieuses et les pathologies parasitaires constituaient 65,9% des motifs de recours. Cette proportion était de 72,7% au CSMU Kyeshero versus 56,9% au CSMU Rapha-Karisimbi (p<0.001). Les maladies chroniques non-infectieuses avaient constitué plus du quart de motif de recours, avec une proportion statistiquement plus élevée au CSMU Rapha-Karisimbi (34,6% versus 21,1% pour CSMU Kyeshero; P<0,001). Les consultations liées à l'état de grossesse étaient aussi significativement plus fréquentes au CSMU Rapha-Karisimbi qu'au CSMSU Kyeshero (p<0,001) (tableau 3). Globalement, les consultations liées à l'état de grossesse ont représenté 77,5% des prestations de promotion de la santé avec une différence en fonction du CSMU (88,6% au CSMU Kyeshero contre 70,7% au CSMU Rapha-Karisimbi; p<0,001).

Enfin, notons que les traumatismes sont intervenus dans 2,5% des cas de motifs de fréquentation des services de 2 CSMU.

Tableau 3. Distribution des patients ayant fréquenté les deux CSMU de Kyeshero et Rapha entre avril 2029 et décembre 2021 en fonction du type de prestation, Goma, Nord Kivu, RDC

Type de prestations	CSMU			P-value
	Kyeshero N (%)	Rapha-Karisimbi N (%)	Total N (%)	
Prestation dominante				
Curative	7792 (95,6)	5468 (87,3)	13260 (92,0)	<0,001
Prévention	17 (0,2)	305 (4,9)	322 (2,2)	
Réadaptation	29 (0,4)	65 (1,0)	94 (0,6)	
Promotion santé	312 (3,8)	427 (6,8)	739 (5,1)	
Total	8150 (100,0)	6265 (100,0)	14415 (100,0)	
Motif principal				
Pathologie infectieuse	4754 (58,3)	3210 (51,2)	7964 (55,2)	<0,001
Pathologie parasitaire	1175 (14,4)	358 (5,7)	1533 (10,6)	
Grossesse et CPS	271 (3,3)	302 (4,8)	573 (4,0)	
Pathologie nutrition	36 (0,4)	63 (1,0)	99 (0,7)	
Planification familiale	1 (0,0)	3 (0,0)	4 (0,0)	
MCNI	1717 (21,1)	2165 (34,6)	3882 (26,9)	
Pathologie traumatique	196 (2,4)	164 (2,6)	360 (2,5)	
Total	8150 (100,0)	6265 (100,0)	14415 (100,0)	

Dans plus de 90% des cas, la prise en charge avait fait intervenir à la fois 3 compétences différentes (médicales, infirmières et assistant social) de l'équipe pluridisciplinaire. Le kinésithérapeute et le psychologue clinicien étaient très peu sollicités (tableau 4). Les différences entre les 2 CSMU par rapport au niveau d'implications des différents membres de l'équipe pluridisciplinaires étaient petites mais statistiquement significatives, excepté pour l'implication du kinésithérapeute (tableau 5).

Tableau 4. Implications des membres de l'équipe pluridisciplinaire dans la prise en charge des patients reçus dans les deux CSMU de Kyeshero et Rapha entre avril 2029 et décembre 2021

Implication des membres de l'équipe	CSMU			P-value
	Kyeshero N (%)	Rapha Karisimbi N (%)	Total N (%)	
Intervention Médecin				
Oui	8093 (99,3)	5998 (95,7)	14091 (97,7)	<0,001
Non	57 (0,7)	267 (4,3)	324 (2,3)	
Total	8150 (100,0)	6265 (100,0)	14415 (100,0)	
Intervention Infirmière				
Oui	8077 (99,1)	6222 (99,3)	14299 (99,2)	0,214
Non	71 (0,9)	43 (0,7)	114 (0,8)	
Total	8148 (100,0)	6265 (100,0)	14413 (100,0)	
Intervention Assistant social				
Oui	8052 (98,8)	5768 (92,2)	13820 (95,9)	
Non	96 (1,2)	491 (7,8)	587 (4,1)	
Total	8148 (100,0)	6259 (100,0_	14407 (100,0)	
Intervention Kinésithérapeute				
Oui	318 (3,9)	328 (5,2)	646 (4,5)	<0,001
Non	7829 (96,1)	5933 (94,8)	13762 (95,5)	
Total	8147 (100,0)	6261 (100,0)	14408 (100,0)	
Intervention Psychologue				
Oui	36 (0,4)	26 (0,4)	62 (0,4)	
Non	8107 (99,6)	6232 (99,6)	14339 (99,6)	
Total	8143 (100,0)	6258 (100,0)	14401 (100,0)	

Le diagramme de Venn ci-dessous montre l'intervention conjointe de plusieurs membres de l'équipe pluridisciplinaire dans la prise en charge du patient.

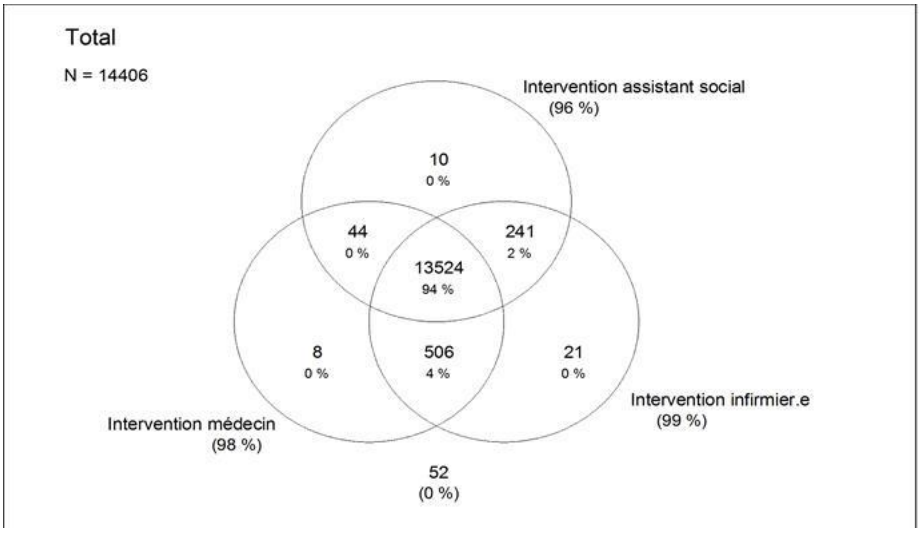


Fig. 1. Diagramme de Venn de la distribution des patients ayant fréquenté les deux CSMU de Kyeshero et Rapha entre avril 2029 et décembre 2021 selon l'intervention du médecin, de l'infirmier et/ou de l'assistant social, Ville de Goma, RDC

Plus de 8 sur 10 patients n'avait nécessité qu'une prise en charge en ambulatoire aussi bien au CSMU Kyeshero qu'au CSMU Rapha-Karisimbi (tableau 5), suivi d'une référence dans 12,6% des cas. Toutefois, la proportion de ceux qui ont nécessité une observation ou une référence restait élevée par rapport à ce que l'on pouvait attendre pour une structure sanitaire de première ligne (tableau 5). Le tableau 5 montre également qu'il y avait eu significativement plus d'observations au CSMU Rapha-Karisimbi qu'au CSMU Kyeshero ($p<0.001$) mais significativement plus de référence au CSMU Kyeshero qu'au CSMU Rapha-Karisimbi ($p<0.001$).

Tableau 5. Issues des consultations ayant fréquenté les deux CSMU de Kyeshero et Rapha entre avril 2029 et décembre 2021, Goma, Nord Kivu, RDC

Type de prise en charge	CSMU			P-value
	Kyeshero N (%)	Rapha Karisimbi N (%)	Total N (%)	
Issues de la prise en charge				
Ambulatoire	679 9 (83,5)	5368 (85,8)	12167 (84,5)	<0,001
Observation	145 (1,8)	273 (4,4)	418 (2,9)	
Référé	1200 (14,7)	618 (9,9)	1818 (12,6)	
Total	8144 (100,0)	618 (100,0)	14818 (100,0)	

Les patients référés avaient consulté pour une maladie chronique non infectieuse (MCNI) (58,1%), une pathologie infectieuse (20,4%), une plainte en rapport avec la grossesse (11.6%), un traumatisme (6,2%), une pathologie parasitaire (3,1%) ou un trouble nutritionnel (0,6%).

Au total, la prise en charge avait intégré une visite à domicile (VAD) pour moins d'un patient sur 100 (87/14413 patients soit 0,6% des cas). Cette proportion était de 0,4 % pour le CSMU Kyeshero et 0,8 % pour le CSMU Rapha-Karisimbi (p<0,001). La figure 2 montre la proportion des patients ayant bénéficié d'une VAD par les différents prestataires. Elle était très faible pour tous les prestataires.

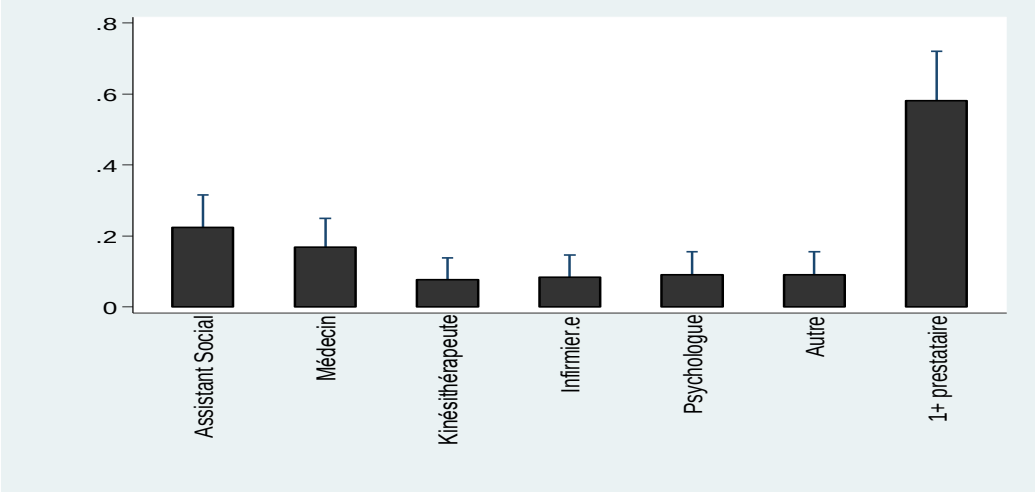


Fig. 2. Proportion de patients ayant fréquenté les deux CSMU de Kyeshero et Rapha entre avril 2029 et décembre 2021 et ayant eu des visites à domicile en fonction du prestataire, Ville de Goma, RDC

4 DISCUSSION

Cette étude avait pour objectif d'identifier le bassin d'attraction des deux CSMU ainsi que le profil de la patientèle urbaine prise en charge par les deux CSMU 32 mois après leur démarrage. Les résultats de cette étude montrent un certain niveau de drainage des CSMU en dehors de leurs aires d'implantation. Le profil de la patientèle était dominé par une patientèle adulte, féminine (62,3%), instruite (70,5%), dont le recours est plus curatif (65,9%), motivé par des problèmes infectieux (55,2%) et parasitaires (10,6%), suivis des pathologies non transmissibles chroniques (26,9%) et des traumatismes (2,6%). Les patients parmi lesquels 19,5% étaient issus des ménages inscrits, étaient pris en charge par une équipe pluridisciplinaire, avec une intervention conjointe de plusieurs compétences à la fois, dans au moins 90% des cas.

Avant de discuter les résultats résumés ci-dessus, abordons au préalable quelques limites que comporte la présente étude. La première limite concerne la source des données, constituée des registres des dossiers des patients. Cette source est susceptible d'être non exhaustive, dans l'hypothèse où le personnel est fort sollicité par la prise en charge des patients. Cette non- exhaustivité serait toutefois amenuisée par le fait que chaque fin de semaine, les équipes des CSMU tiennent des réunions hebdomadaires et bénéficient d'un suivi de proximité par une assistance technique. La deuxième limite serait liée au profil non homogène des enquêteurs (médecin et infirmiers diplômés en santé et développement communautaires). Cette limite a toutefois été compensée par la correction et la validation continue des données collectées, tout au long du processus de collecte, par un coordonnateur, médecin de santé publique, membre de l'équipe de recherche-action.

4.1 BRASSIN DE DRAINAGE DES DEUX CSMU: UNE ATTRACTION AU-DELÀ DES AIRES DE SANTÉ D'IMPLANTATION

Les résultats de cette étude montrent un niveau d'attraction non négligeable des CSMU en dehors de leurs aires d'implantation. Cette attraction, qui va à plus de 40% des patients hors aire d'implantation pour le CSMU Rapha-Karisimbi, traduit ce qui a été décrit par ailleurs sur la

réduction des barrières géographiques dans l'accès aux services de santé urbains [23]. En outre, elle indique le caractère virtuel des limites des aires de santé urbaines, et plus de liberté de la patientèle urbaine dans le choix des services de santé en fonction de leurs préférences, dans un contexte où l'offre urbaine est plurielle et privée, en particulier dans la ville de Goma [11]. Les résultats de cette étude rejoignent également ceux d'une recherche réalisée dans 5 villes kenyanes (Naïrobi, Kisumu, Mombasa, Machakos, Kakamega) en 2017 qui avait montré, qu'une bonne majorité de femmes kenyanes préféraient fréquenter des services plus de leurs résidences [24].

4.2 Profil De La Patientèle: Des Tendances Illustratives Des Particularités Urbaines ?

Le profil de la patientèle urbaine ayant fréquenté les CSMU, est plus dominé par une patientèle adulte, féminine (62,3%), instruite (70,5%), dont le recours est motivé par des problèmes infectieux (55,2%) et parasitaires (10,6%), suivis des pathologies non transmissibles chroniques (26,9%) et des traumatismes (2,6%). La prépondérance féminine n'est pas spécifique au milieu urbain. Elle traduirait, d'une certaine manière, une tendance assez classique liée à la morbidité associée aux états gravidiques et aux habitudes induites par une offre dédiée plus au couple mère et enfant. A noter toutefois que les services offerts par les CSMU ne sont pas organisés selon cette « empreinte mère-enfant ». En revanche, l'importance de la patientèle instruite pourrait refléter l'accroissement du niveau d'instruction en milieu urbain de Goma. En effet la ville de Goma, connait un foisonnement d'institutions d'enseignement primaire et secondaire et d'institutions d'enseignement supérieur et universitaire, quelle qu'en soit la qualité. Cette proportion élevée, pourrait également s'expliquer par la présence au sein de l'équipe pluridisciplinaire d'une compétence médicale. En effet l'étude sur l'itinéraire thérapeutique dans la ville de Goma avait bien révélé que dans 25% des cas, les patients préféraient s'adresser en première intention dans une structure de soins avec compétence médicale [13]. Une étude plus ciblée sur les motivations de recours aux CSMU, en lieu et place d'autres structures sanitaires, pour les soins de premier contact est sans doute indiquée. Enfin, le motif de recours aux CSMU est dominé, dans plus d'un cas sur quatre par un problème chronique non transmissible. Ce profil pourrait se justifier par le phénomène de transition épidémiologique, qui n'épargne pas les pays en développement et qui est bien décrit par l'OMS [25] et par bien d'autres auteurs [6]. Le phénomène de traumatisme, est bien courant en milieu urbain africain, lié notamment aux accidents de trafic routier urbain dans un contexte d'une régulation limitée [26], [27]. Dans la ville de Goma, l'ampleur des traumatismes pourrait avoir été exacerbée par les phénomènes de violences urbaines et des violences liées à l'insécurité dans les localités rurales environnant la ville de Goma. Une étude plus ciblée sur le type de traumatismes semble indiquée.

Enfin, le profil de la patientèle montre une prépondérance de recours au CSMU, motivé par des soins curatifs (65,9%), au détriment de la prévention. Bien qu'on puisse supposer qu'avec les processus d'intégration au cœur du concept d'équipe pluridisciplinaire, la prévention soit de mise lors de la prise en charge, le faible niveau de recours au CSMU pour des motifs de prévention, demeure une question pendante à explorer.

4.3 Fréquentation Des CSMU Par Une Patientèle Issue Des Ménages Inscrits: Une Tendance À Double Vitesse Entre Les Deux CSMU ?

Le modèle de CSMU testé dans le cadre de la recherche action prévoyait la prise en charge des patients issus des ménages inscrits, sur la base d'un dossier familial, dans une relation privilégiée de prise en charge de proximité pour des soins de première ligne [18]. Les résultats de cette étude montrent un niveau de fréquentation par les patients inscrits globalement bas (quasi un patient sur 5). Néanmoins, pour le CSMU Rapha-Karisimbi, la proportion est beaucoup plus élevée, mais sans dépasser le cap d'un patient sur deux. Ce niveau globalement bas de fréquentation par des patients issus des ménages inscrits fait poser des questions. La première question qui se pose concerne la qualité du dialogue instauré lors des processus d'inscription des ménages; la deuxième question qui vient est celle de la réelle fidélisation des patients inscrits qui fréquentent les 2 CSMU. Quoi qu'il en soit, une étude plus ciblée semble indiquée sur cette question. Elle permettrait de démêler les éventuelles causes liées à des difficultés internes aux équipes pluridisciplinaires des CSMU à réussir la fidélisation des ménages inscrits, de celles relatives à des facteurs externes aux CSMU, telles que les capacités limitées des patients issus des ménages inscrits à assurer le paiement du ticket modérateur des soins ou à une concurrence déloyale d'autres structures sanitaires. Une étude récente limitée à la prise en charge des diabétiques au niveau des CSMU, a révélé que la difficulté de payer les soins et le recours à la médecine traditionnelle figuraient parmi les barrières dans l'accès et la continuité de leur prise en charge au niveau des CSMU [28].

Sur le plan théorique, l'inscription des ménages sur la base du dossier familial est porteuse d'un bon potentiel permettant d'assurer une réelle prise en charge globale. En effet le processus d'inscription permet théoriquement au personnel de santé de capter l'information sur le contexte familial, social, et sur certains déterminants de santé du ménage. Le faible niveau de réalisation des visites à domicile auprès des ménages pour les patients ayant fréquenté les CSMU, pourrait amener à nuancer à ce stade, le bénéfice réel tiré du potentiel évoqué ci-dessus.

4.4 Prise En Charge De Première Ligne Des Patients Par Une Équipe Multidisciplinaire Qui Intègre Le Médecin: Des Améliorations Possibles ?

Les résultats de cette étude montrent que dans au moins 90% des cas la prise en charge des patients a impliqué les compétences médicales, infirmières et d'assistant social. Ces résultats semblent indiquer une belle tendance vers une prise en charge intégrée, globale, bien que l'implication des compétences de Kinésithérapie et de santé mentale semble timide. Ces résultats rejoignent en partie ceux d'une étude qualitative sur la prise en charge des patients diabétiques au niveau des deux CSMU [28]. En effet cette dernière étude avait montré que la présence et les prestations du médecin et de l'assistant social étaient particulièrement appréciées par les patients diabétiques. La même étude avait mis en évidence l'extrême rareté des visites à domicile, qui était préjudiciable au renforcement des relations et des interactions entre les équipes pluridisciplinaires des CSMU, les patients et leurs familles. Au-delà des perceptions positives des patients par rapport à certains aspects

de leur prise en charge, d'autres études sont indiquées, pour objectiver davantage le niveau de qualité de prise en charge du patient par l'équipe pluridisciplinaire.

Pour que les équipes pluridisciplinaires au niveau des CSMU constituent une alternative crédible aux centres de santé traditionnels basées sur les seules compétences infirmières, elles devraient aller plus loin dans la mise en œuvre de l'approche de la prise en charge centrée sur la personne, telle que préconisée par l'OMS [12], [29]. Pour avancer sur cette voie, les compétences en réhabilitation physique, qui sont par ailleurs appréciées, ainsi que celles de la réhabilitation mentale, pertinentes dans ce contexte de l'Est de la RDC troublé depuis des années, pourraient être capitalisées davantage et à bon escient, pour le meilleur bénéfice de la patientèle urbaine de Goma. Enfin, les interactions avec les patients et leurs familles, pourraient être renforcées, moyennant une plus grande régularité des visites à domicile.

Au-delà de ces aspects techniques de prise en charge du patient, et certaines pistes d'études évoquées tout au long des sections précédentes, la question du coût des services de santé de première ligne, basés sur une équipe pluridisciplinaire et de sa soutenabilité financière demeure pendante. Cette question requiert une étude ciblée.

5 CONCLUSIONS

Les résultats de cette étude sur le bassin d'attraction et le profil des patients pris en charge au niveau des CSMU Kyeshero et Rapha-Karisimbi, dans la ville de Goma, à l'est de la RDC, semblent globalement indiquer la pertinence d'une équipe pluridisciplinaire dans la prise en charge de la patientèle urbaine au niveau de la première ligne de soins.

Certaines améliorations sont néanmoins requises, notamment en rapport avec l'implication des compétences en kinésithérapie et psychologie clinique dans la prise en charge des patients, ainsi qu'en rapport avec le suivi à domicile des patients et leurs ménages.

Enfin, il subsiste à ce stade, certaines questions à explorer, en particulier, celles relatives au faible niveau d'utilisation par la patientèle issue des ménages inscrits, au coût des prestations et à leur soutenabilité financière par le sous-système de financement des services de santé en RDC.

CONFLIT D'INTÉRÊT

« Les auteurs déclarent qu'ils n'ont pas de relation financière ni personnelle qui pouvait les avoir influencés de manière inappropriée en rédigeant cet article »

CONTRIBUTION DES AUTEURS

JBK a coordonné et participé à toutes les phases de l'étude (formulation du protocole de recherche, collecte des données, analyse des données, rédaction de l'article); EM et PM ont coordonné la collecte des données, JLP a réalisé les principales étapes d'analyse des données, en collaboration avec les autres auteurs; JBK a initié l'article et tous les autres auteurs ont contribué à sa révision et à la production de la version finale de l'article.

REMERCIEMENTS

Cette étude a été réalisée, dans le cadre de la mise en œuvre du PADISS (projet d'appui au développement intégré du système de santé au Nord-Kivu), projet co-financé par la DGD et l'Union Européenne. Les auteurs remercient les équipes des deux CSMU pour leur collaboration à l'étude ainsi que les quatre enquêteurs pour la collecte des données. Les points de vue exprimés dans cet article, n'engagent en aucun cas ni l'Union Européenne ni la DGD.

REFERENCES

[1] United Nations, *Economic and Social Affairs, World Urbanization Prospects: The 2018 Revision*. Available at https://population.un.org/wup/Publications/Files/WUP2018-KeyFacts.pdf, 2018.
[2] UN-Habitat, *Cities report 2022. Envisaging the Future of Cities.* UN-Habitat, United Nations Human Settlements Programme, Naïrobi, 2022.
[3] A. Maïga et P. Bocquier, «Dynamiques urbaines et santé de l'enfant en Afrique Sub-Saharienne: perspectives théoriques», *African Population Studies,* vol. 30, no.1, pp. 2213-2226, 2016.
[4] D. Vlahov, N. Freudenberg, F. Proietti, D. Ompad, A. Quinn, V. Nandi, S. Galea, «Urban as a determinant of health», *J Urban Health,* Vol. 84, no. 3 (Suppl), pp.16–26, 2007.
[5] D. Grodos et R. Tonglet, «Maîtriser un espace urbain cohérent et performant dans les villes d'Afrique subsaharienne: le district de sante à l'épreuve», *Tropical Medicine and International Health,* Vol. 7, no. 2, pp. 977-992, 2002.
[6] D. Mahler, L. Smeeth, and J. Sekajugo, «Health transition in Africa: practical policy proposals for primary care», *Bull world health organ.,* Vol.88, pp.943-948|.doi: 10.2471/BLT.10.077891.
[7] WHO, World Heath statistics. Monitoring sustainable development goals. Geneva, WHO, 2017.

[8] P.B. Katchunga, K.J.R M'Buyamba, B.E.Masumbuko, D. Lemogoum, Z.M. Kashongwe, J.P. Degaute, J.M. Kabinda, «Hypertension artérielle chez l'adulte Congolais du Sud Kivu: résultats de l'étude Vitara, » *Presse Med.* Vol. 6, no. 4, pp. 315-323, 2011. PubMed | Google Scholar.

[9] M.F. Chenge, J. Van der Vennet, D. Porignon, N. Luboya, I. Kabyla et B. Criel, «La carte sanitaire de la ville de Lubumbashi, République Démocratique du Congo: Partie I: problématique de la couverture sanitaire en milieu urbain congolais,» *Global Health Promotion,* Vol.17, no. 3, pp. 63-74, 2010.

[10] SI. Bosongo, FC Mukalenge, AM Tambwe, B. Criel, «Les médecins prestataires à la première ligne des soins dans la ville de Kisangani en République Démocratique du Congo: vers une typologie», *Afr J Prm Health Care Fam Med.* Vol.13, no. 1, pp. 1-8, 2021. a2617. https://doi.org/10.4102/ phcfm.v13i1.2617, 2021.

[11] JB M. Kahindo, NP. Mitangala, ET. Musubao, H. Karemere, EN. Ntabe, and C. Kimanuka, «Urban health services profile in Africa settings: Goma city case in the east of the Democratic Republic of Congo», International Journal of Innovation and Applied Studies ISSN 2028-9324 Vol. 31 No. 2 Dec. 2020, pp. 458-471.

[12] OMS, Rapport sur la santé dans le monde 2008: les soins de santé primaires - Maintenant plus que jamais. Genève, Organisation mondiale de la Santé, 2008, 125p.

[13] M.JB. Kahindo, NP. Mitangala, ET. Musubao, M. Nzanzu, EN. Ntabe, C. Kimanuka, H. Lambert, and D. Porignon, «Patient itinerary in Africa settings: Goma city case in the East of the Democratic Republic of Congo», International Journal of Innovation and Scientific Research, ISSN 2351-8014 Vol. 53, No. 1 Feb. 2021, pp. 85-97, 2021.

[14] FM. Chenge, *De la nécessité d'adapter le modèle de district au con-texte urbain: Exemple de la ville de Lubumbashi en RD Congo*. Studies in Health Services Organisation & Policy, 22, 2003 Series editors: W. Van Lerberghe, G. Kegels, V. De Brouwere ©ITGPress, Nationalestraat 155, B-2000 Antwerp, Belgium. 130p, 2013.

[15] Ministère de la santé publique de la RDC, *Normes de la zone de santé.* Edition 2006. Ministère de la santé de la RDC, Kinshasa, 46p, 2016.

[16] M.JB. Kahindo, NP. Mitangala, ET. Musubao, N. Mahamba, NE. Namegabe, C. Kimanuka, H. Lambert, and D. Porignon, «Patient itinerary in Africa settings: Goma city case in the East of the Democratic Republic of Congo», *International Journal of Innovation and Scientific Research,* vol. 53, no. 1, pp.85-97. 2021.

[17] M. JB. Kahindo, N.P. Mitangala, A. Echterbille, «Adresser les défis sanitaires urbains des pays en développement: contribution des institutions universitaires, » *Annales de la Faculté de santé et développement communautaires de l'ULPGL de Goma. Revue Scientifique ISSN 1813-3886,* Vol.1. no.3, pp.16-30, 2020.

[18] M.JB. Kahindo, A. Simbi, M. Vitale, N.P. Mitangala, Y. Coppieters, D. Chinnici and H. Lambert «Urbanization and health services: developing a new model of primary health care in Goma (Democratic Republic of Congo),» *Cities & Health,* Vol.6, no.1, pp. 57-61, 2019. DOI: 10.1080/23748834.2019.1693792.

[19] Division Provinciale de la Santé du Nord Kivu, «Rappel des cibles du plan national de développement sanitaires au Nord Kivu,» *Bulletin du Système d'Information Sanitaire et de Surveillance Epidémiologique. BUSISE spécial 2021,* pp.6-7, 2022.

[20] L. Pech, K. Büscher, and T. Lakes, «Intraurban development in a city under protracted armed conflict : patterns and actors in Goma, DR Congo,» *Political Geography,* vol. 66, pp. 98–112, 2018.

[21] K. Büscher and K. Vlassenroot, «Humanitarian Presence and Urban Development: New Opportunities and Contrasts in Goma, DRC,» Disasters, Vol. 34, no.2 Suppl, pp. 256-273, 2010. DOI: 10.1111/j.1467-7717.2010.01157.x.

[22] D. Grodos, P. Mercenier, La recherche sur les systèmes de santé: mieux comprendre la méthodologie pour mieux agir. Antwerp: ITG Press; 2000.

[23] J.N Babirye, I.MS. Engebretsen, E. Rutebemberwa, J. Kiguli and F.Nuwaha, «Urban settings do not ensure access to services: findings from the immunisation programme in Kampala Uganda», *BMC Health Services Research,* vo. 14, no.111, pp.1-12, 2014. doi: 10.1186/1472-6963-14-111.

[24] V. Escamilla, L. Calhoun, J. Winston and I.S. Speizer, «The Role of Distance and Quality on Facility Selection for Maternal and Child Health Services in Urban Kenya», *J Urban Health,* vol. 95, pp.1-12, 2018. https://doi.org/10.1007/s11524-017-0212-8.

[25] World health statistics 2022, *Monitoring health for the SDGs, sustainable development goals*. Geneva, World Health Organization, Licence: CC BY-NC-SA 3.0 IGO; 125p, 2022.

[26] W. Kapiteni, D. Sia, E. Tchouaket, and H. Karemere, «Déterminants de la sécurité routière à Goma en République démocratique du Congo: analyse des informations issues des procès-verbaux de la police», *International Journal of Innovation and Applied Studies,* Vol. 19 No. 4, pp.969-978, Mar. 2017.

[27] S.I. Kandolo, C.M, Matungulu, P.K Mukanya, I.K.Umba, J.N. Kabamba, O.L Numbi, B.K. Ilunga, F.M. Kaj, C.B. Lubaba, G.M. Ngongo, «Facteurs associés aux accidents de la route dans la ville de Lubumbashi», *Santé Publique,* vol. 26, no.6, p. 889-895, 2014.

[28] H. Lambert, M.JB. Kahindo, «Accès aux soins et prise en charge des personnes diabétiques en République démocratique du Congo», Santé publique, vol. 34, no.1, pp. 61-70, janvier-février 2022.

[29] OMS, Cadre pour des services de santé intégrés centrés sur la personne. Rapport du Secrétariat. OMS- Secrétariat Exécutif, Genève, 13p, 2015.