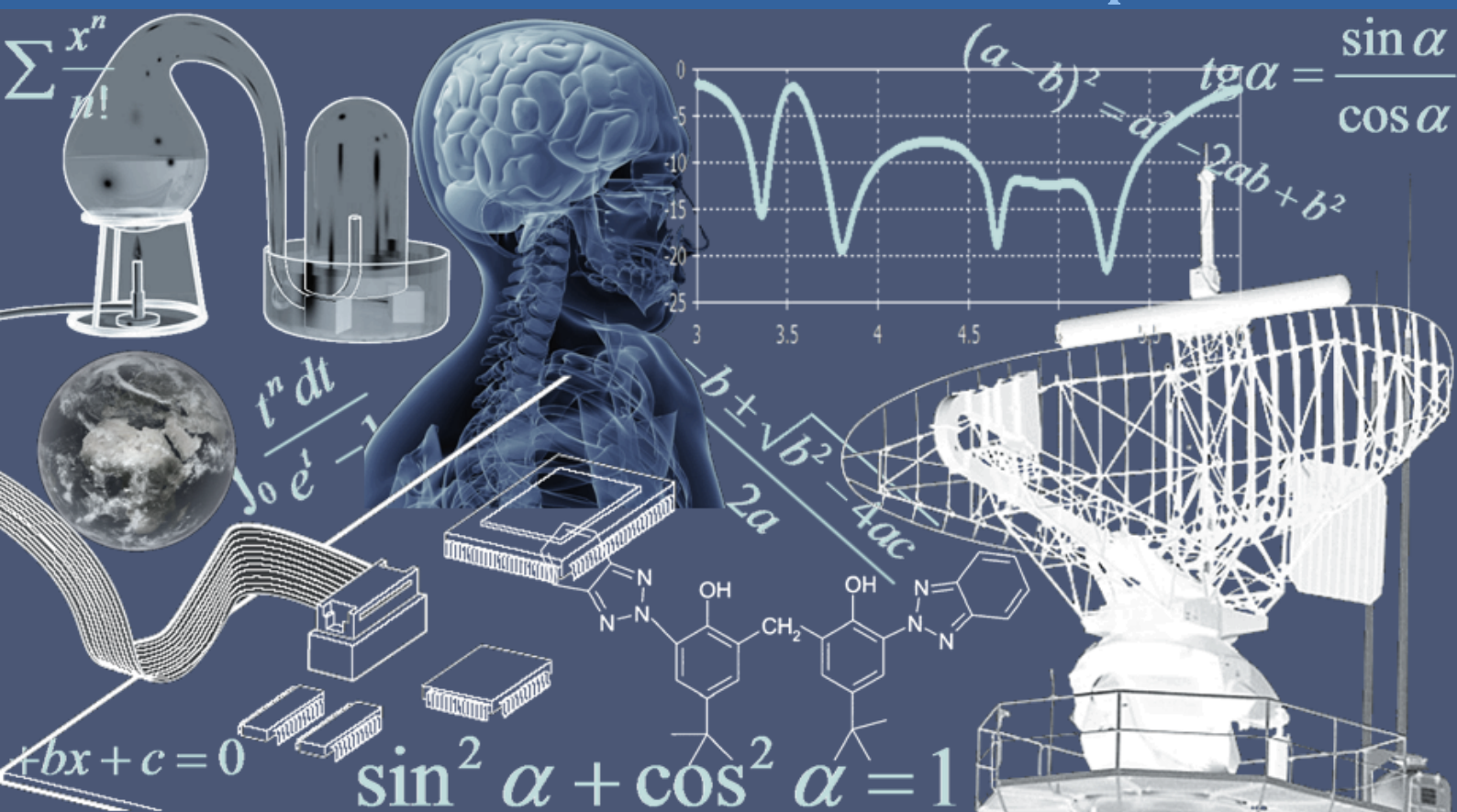


INTERNATIONAL JOURNAL OF INNOVATION AND APPLIED STUDIES

Vol. 43 N. 3 September 2024



International Peer Reviewed Monthly Journal



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 Pharmaceuticals, 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 Kavroudakakis, 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 Bumerdes, 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

Les déterminants de l'adoption des stratégies d'approvisionnement en eau potable dans la commune rurale de Saaba au Burkina Faso	554-570
<i><u>Finlé BITIE, Didier Tibi ZOUNGRANA, Stéphane Aimé METCHEBON TAKOUGANG, and Samuel Yonkeu</u></i>	
Influence des fibres de noix de coco sur les propriétés physiques et mécaniques des blocs en terre comprimée stabilisée	571-578
<i><u>Agbeme Kossivi Eric, P'Kla Abalo, and Kouto Yaovi Agbeka</u></i>	
Typologie des systèmes de culture du sésame (<i>Sesamum indicum</i> L.) dans la région Est du Burkina Faso, Afrique de l'Ouest	579-587
<i><u>Adama Siri, Jean Ouedraogo, Abdramane Sanon, Faki Chabi, Félix Alladassi Kouelo, Idriss Sermé, Guillaume Lucien Amadji, Gustave Daghenonhakin, and Aliou Saïdou</u></i>	
Évaluation de l'efficacité des boues d'alun des usines de production d'eau potable à éliminer le phosphore dans les eaux usées	588-598
<i><u>Seyhi Brahima, Franck Maxime Gnamba, Yao Salomon Kouakou, and Bolou Golé Esaïe Georges</u></i>	
Enjeux économiques et conflits armés à l'Est de la République Démocratique du Congo	599-610
<i><u>Sadiki Nyembo Lucien</u></i>	
Analyse des facteurs explicatifs de la transposition des crises politico-sécuritaires de la Libye vers le Sahel	611-627
<i><u>Bokeka Lingoto Fortunat</u></i>	
Taux de l'acide urique chez le personnel de l'abattoir industriel de la ville de Bunia, province de l'Ituri en République Démocratique du Congo	628-632
<i><u>MADIRA ADRONGA Raphaël, KAMUHANDA BUGASAKI Jacob, KILEKA MANGALA Daniel, MUNGUROMO JAKISA Camile, and TIBASIMA DHESSA Liévin</u></i>	
Effects of artisanal practices on the microbiological and physicochemical properties of local pineapple juice	633-640
<i><u>Agoura Diantom, Kossi Attisso, Bouraïma Djeri, Agblekpe Aghessi Agblekpe, Kokou ANANI, Messanh Kangni-dossou, Stephane Effoe, and Tchadjoh Tchacondo</u></i>	
Validation des méthodes, tests immunohistochimiques PD-L1 dans les Cancers du Poumon Non à Petites Cellules (CPNPC): Laboratoire d'anatomie pathologique du CHU Ibn Rochd de Casablanca	641-654
<i><u>Mohamed Belcaïd, Nadia Anibat, Oussama Aazzane, Fatima Zahra Bakhtaoui, Saida Stitou, Abdeljalil Rezzaki, Nabil Gaougaou, and Mehdi Karkouri</u></i>	
School facilities, financial factor, student interest and enrollment in technical and vocational education in Oyo State, Nigeria	655-661
<i><u>Taiwo Ebenezer Adeleke and Olajumoke Modupe Akere</u></i>	
Peuplement avifaunique de la zone de Guezon (Facobly, ouest de la Côte d'Ivoire)	662-674
<i><u>Arnaud Ghanhan, Dibié Bernard Ahon, Gnininé Maxime Zean, Wadia Mathieu Egnankou, and Béné Jean-Claude Koffi</u></i>	
Connaissances locales et Savoirs endogènes des populations sur des plantes dans la biosphère du W: Un facteur de préservation de la diversité floristique	675-684
<i><u>Mamadou Kone Moustapha, DOUMA Soumana, and Chaibou Niandou</u></i>	
Post-harvest management and phytosanitary practices used to preserve sorrel seeds, <i>Hibiscus sabdariffa</i> L. in Burkina Faso	685-695
<i><u>Emmanuel Kabore, Siébou François Kambou, Koï Wenceslas Kam, Jean Christophe Koussoube, Kilo Francine Marina Ki, Antoine SANON, and Zakaria Ilboudo</u></i>	
Perception du handicap des enseignants et suivi scolaire des élèves avec un trouble du spectre de l'autisme au Cameroun	696-706
<i><u>Guedong Jioque Gisele Majolie and Tabue Defo Fabrice Rocard</u></i>	
Influence des pressions anthropiques et des variabilités climatiques sur la dynamique du changement d'occupation du sol dans la Commune rurale de Mokko au Niger	707-718
<i><u>Issa Garba, Hassane Idé Hamidou, Abdourahamane Zakari Seydou, and Fadiala Dembélé</u></i>	
Dynamique de la croissance urbaine au quartier Luwowoshi, Lubumbashi (RD Congo)	719-729
<i><u>Balloy Mwanza Perry, Katenda Kankokwe Cathy, and Philippe Hanoca</u></i>	

Comparative assessment of <i>Allium cepa</i> and <i>Amaranthus hybridus</i> leaves nutritional values consumed in Burkina Faso	730-734
<i>Charles W. Yaméogo, Boubacar Savadogo, Franck Garanet, and Charles Parkouda</i>	
Détermination des charges microbiologiques des eaux d'arrosage et légumes du domaine maraîcher de SAGBAYA, Commune Urbaine de Faranah	735-746
<i>Diallo Diariou, Diallo Boubacar, Alhassane Diallo, Ibrahima Camara, Sayon Saran Conde, and Diawadou Diallo</i>	
Research in Humanities and Social Sciences: Inventory amidst a shipwreck	747-756
<i>Ayouba LAWANI</i>	
Constraints related to agropastoral practices in the face of the challenges of climate change in the municipality of Grand-Popo in Benin	757-766
<i>Ayédégué Biaou Philippe CHABI, Pyalo Atina BADAMELI, C. Gérard ZOUNDJI, Soumanou MAWUNIN, and Ibouaïma Yabi</i>	
Essai de fabrication du sel indigène à partir des végétaux: Cas de la banane plantain	767-777
<i>Jean Pierre KIMBUYA LUTONADIO, Evariste Boetsa W'Etenda, and Mechack Nzembo Likongo</i>	
L'exploration proportionnelle de l'anémie ferriprive chez les femmes en âge de procréer reçues en consultation à l'Open Clinic de Kinshasa	778-785
<i>Jean Pierre KIMBUYA LUTONADIO and Nadeane Yange</i>	
Modeling the analog control of a DC machine in a MATLAB environment: Case of a shunt machine	786-799
<i>Yao Bokovi, Akoro Edjadessamam, and Tevi Kokou Sévérin</i>	
Contribution to highlighting the negative effects of climate variability in the Tillabéri region (Niger)	800-808
<i>Daouda Boukary, Hassimiou Halidou Djabri, Karimou Harouna Boureima, and Alzouma Mayaki Zoubeirou</i>	
Medieval Moroccan Sufi Imaginary of Tazkiyah: Oral Narratives on Taming the Lion as a Manifestation of Subduing the Nafs	809-821
<i>Amedjar Lahoucine</i>	
Comportements des oiseaux à l'approche des aéronefs à l'aéroport national Murongo de Bunia (Ituri, République Démocratique du Congo)	822-832
<i>K. François MALEMBA KABASELE, Franck BAPEAMONI ANDEMWANA, Dieudonné UPOKI AGENONG'A, and Micheline MEDA MBUAMA</i>	
Prévalence de la dyslipidémie chez les patients âgés d'au moins 50 ans diagnostiqués à la clinique Riviera à Kinshasa	833-846
<i>Jean Pierre KIMBUYA LUTONADIO and Kevin BADIBANGA MPOYI</i>	
Prévalence de la protéinurie diagnostiquée chez les femmes enceintes reçues en consultation prénatale	847-858
<i>Jean Pierre KIMBUYA LUTONADIO and Patrick Kalonji Tshishimbi</i>	
Evaluation of conductive energy flux within cultivated land based on biophysical parameters: A case study in the Yamoussoukro area	859-881
<i>Sahi Roland Diomande, Yao N'Guessan, and Kotchi Rémi N'Guessan</i>	
Etude sociologique de la boisson non alcoolisée à base de mil « zoomkoom » en Côte d'Ivoire: Typologie des producteurs et des consommateurs	882-891
<i>Djedji Bapo Alice Anne-Marie Ahiman, Doudjo SORO, and Emmanuel Nogbou ASSIDJO</i>	

Les déterminants de l'adoption des stratégies d'approvisionnement en eau potable dans la commune rurale de Saaba au Burkina Faso

[The determinants of the adoption of drinking water supply strategies in the rural commune of Saaba in Burkina Faso]

Finlé BITIE¹, Didier Tibi ZOUNGRANA², Stéphane Aimé METCHEBON TAKOUGANG³, and Samuel YONKEU⁴

¹Doctorant en environnement à l'Université Aube Nouvelle, Burkina Faso

²Maitre de conférences en économie, Enseignant chercheur à l'Université Thoma Sankara, Burkina Faso

³Maitre de conférences en mathématiques appliquée, Enseignant chercheur à l'Université Aube Nouvelle, Burkina Faso

⁴Professeur titulaire en environnement, enseignant à l'Université Aube Nouvelle, Burkina Faso

Copyright © 2024 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 general objective of this article is to analyze the determinants of the adoption of drinking water supply strategies in the rural commune of Saaba. To achieve this, a questionnaire was developed and administered to 284 randomly selected households whose socio-economic characteristics and access to water were noted. The data collected were statistically processed using Microsoft Excel 2013 and SPSS stats 20 software; the data collected were entered into SPSS stats 20 software and then transferred to STATA12 software using STAT transfer software. For econometric processing, we used STATA 1 software. To conduct this study, a survey form was used to collect data from households. The data collected were estimated using the multinomial Logit model. From the analysis of the results, it emerges that 24% of the households surveyed are in favor of the strategy of diversifying supply methods, 23% for the water treatment strategy, 17% for the rationalization of uses, 28% for the extension of the storage period, and finally 9% are in favor of purchasing water from resellers. For the econometric results obtained using the multinomial logit model, it appears that for the strategy relating to water treatment, the level of education, age, household size, distance, housing and household size positively influence the probability of adopting strategies relating to water treatment. With regard to the strategy relating to water saving within the household, it emerges from the estimation results that housing, the quantity of water consumed, the number of children and the collection time positively influence the probability of adopting this strategy. With regard to the strategy relating to Diversification of supply sources, it is noted that the variables relating to collection time, the use of other water sources, income, level of education are among others the variables which positively influence the probability of adopting the said strategy. Finally, the variables level of education, housing, quantity of water consumed and the number of children positively influence the probability of adoption of the strategy concerning the healthy management of water at home.

KEYWORDS: strategy, drinking water, multinomial logit model, rural commune, Saaba, Burkina Faso.

RESUME: Le présent article a pour objectif général d'analyser les déterminants de l'adoption des stratégies d'approvisionnement en eau potable dans la commune rurale de Saaba, pour y parvenir, un questionnaire a été élaboré et administré à 284 ménages choisis de façon aléatoire et dont les caractéristiques socio-économiques ainsi que les modalités d'accès à l'eau ont été notées. Les données recueillies ont été traitées au niveau statistique avec le logiciel Microsoft Excel 2013 et le logiciel SPSS stats 20; les données collectées ont été saisies dans le logiciel SPSS stats 20 puis transférées dans le logiciel STATA12 à l'aide du logiciel STAT transfert. Pour le traitement économétrique nous avons utilisé le logiciel STATA 1.

Pour la réalisation de cette étude une fiche d'enquête a servi à la collecte des données dans les ménages. Les données collectées ont été estimées grâce au modèle Logit multinomial. De l'analyse des résultats, il ressort en ce qui concerne les résultats que 24% des ménages enquêtés sont favorables la stratégie de diversification des modes d'approvisionnement, 23% pour la stratégie de traitement de l'eau, 17% pour la rationalisation des usages, 28% pour l'allongement de la durée de stockage enfin 9% sont favorable à l'achat de l'eau chez les revendeurs. Pour les résultats économétriques obtenus grâce au modèle logit multinomial, il ressort que pour la stratégie relative au traitement de l'eau que le niveau d'éducation, l'âge la taille du ménage, la distance, l'habitat et la taille du ménage influencent positivement la probabilité d'adoption des stratégies portant sur le traitement de l'eau. En ce qui concerne la stratégie relative à l'économie d'eau au sein du ménage, il ressort des résultats de l'estimation que l'habitat, la quantité d'eau consommée, le nombre d'enfant ainsi que le temps de collecte influencent positivement la probabilité d'adoption de cette stratégie. Pour ce qui est de la stratégie portant sur Diversification des sources d'approvisionnement l'on note que les variables portant sur le temps de collecte, le recours à d'autres sources d'eau, le revenu, le niveau d'éducation sont entre autres les variables qui influencent positivement la probabilité d'adoption de ladite stratégie. Enfin les variables niveau d'éducation, l'habitat, la quantité d'eau consommée ainsi le nombre d'enfant influencent positivement la probabilité d'adoption de la stratégie concernant la gestion saine de l'eau à domicile.

MOTS-CLEFS: stratégie, eau potable, modèle logit multinomial, commune rurale, Saaba, Burkina Faso.

1 INTRODUCTION

La question de l'accès à l'eau potable est préoccupation majeure pour le monde. Si pour plusieurs ménages, cette question a été résolue par la desserte de l'eau de robinet, force est de constater que pour plus d'un milliard de personnes (PNUD, 2006) la question de l'accès à une source d'eau potable reste posée avec acuité. En effet une personne sur six soit plus de 17% de la population mondiale souffrent de manque d'eau potable. « *L'absence d'accès à l'eau potable est un euphémisme pour désigner une pauvreté profonde. Elle signifie que les populations vivent à plus d'un kilomètre de la source d'eau potable la plus proche et qu'elle s'approvisionne aux sources d'eau traditionnelles (ruisseaux, marigot, puits, rivières, etc.) susceptibles d'être infectés par des pathogènes et des bactéries capables d'entraîner des maladies graves ou mortelles. Dans l'Afrique subsaharienne rurale, des millions d'individus partagent leurs sources d'eau domestique avec des animaux ou utilisent des puits non protégés qui offrent un milieu favorable aux pathogènes* » (PNUD, 2006). La satisfaction de la demande en eau potable pour les membres de la famille, demeure une tâche très ardue à exécuter chaque fois que le besoin se présente. C'est donc un exercice à reprendre quotidiennement pour la plupart des ménages et tous les deux jours pour quelques rares personnes. Cet exercice quasi journalier appelé à tort ou à raison « corvée eau » est exercé en grande partie par les femmes et les enfants qui sont obligés de parcourir à pied et transportant des récipients souvent très lourds sur leur tête. Les récipients utilisés pour transporter l'eau pour les familles sont le plus souvent des seaux de 18 à 20 litres en matière plastique et démunis de couvercle, ou des cuvettes dont le volume peut aller jusqu'à 35 litres, ou encore des bidons de 20 à 25 litres, qui ne sont pas régulièrement lavés et quelque rare fois des barriques de 200 litres poussés à l'aide de charrette. (Allély, Drevet-Dabbous, Etienne, Francis, Morel à l'Huissier, Verdelhan Cayre, 2002), soit plus de 30 kg à porter sur la tête sur plusieurs kilomètres. Selon les normes de l'OMS, une personne a accès à l'eau potable lorsqu'elle consomme une quantité minimale d'eau de 20 litres par jour et est située à moins d'un kilomètre de la source d'eau potable. Au Burkina Faso, de nombreux efforts sont consentis par le gouvernement afin d'assurer aux habitants une eau potable quels que soient les modes d'approvisionnement. Ainsi, la formulation du Programme National d'Approvisionnement en Eau Potable (PN-AEP) s'inscrit dans un contexte marqué au niveau international par l'échéance des Objectifs du Millénaire pour le Développement durable (OMD) et la définition des Objectifs de Développement Durable (ODD) à l'horizon 2030. Conformément à la déclaration de Rio en 2012 sur le développement durable, les Nations Unies ont défini les objectifs du développement durable (ODD) pour guider les Etats dans la mise en œuvre du développement durable au niveau national, sous régional et mondial. L'objectif 6 relatif à l'eau et à l'assainissement est de « garantir l'accès de tous à l'eau et à l'assainissement et assurer une gestion durable des ressources en eau ». Au Burkina Faso, la revue à mi-parcours du PN-AEPA et du Plan d'Action pour la Gestion Intégrée des ressources en eau (PAGIRE) tenue en 2013 a recommandé entre autre la proposition d'orientations stratégiques pour l'élaboration d'une politique sectorielle de l'eau et de l'assainissement assortie de programmes pour l'après 2015. C'est ainsi qu'une nouvelle politique nationale fut élaborée avec une vision déclinée comme suit: « En 2030, la ressource en eau du pays est connue et gérée efficacement pour réaliser le droit d'accès universel à l'eau et à l'assainissement, afin de contribuer au développement durable ». Au Burkina Faso, l'approvisionnement en eau potable en milieu rural et semi urbain est assuré principalement par des puits modernes, des forages et des bornes fontaines. Ces différentes stratégies ont permis la réalisation de 58003 Points d'Eau Modernes (PEM) dont: 48808 forages, 8258 puits modernes, 937 Système d'Adduction d'Eau Potable Simplifié (AEPS) et Poste d'Eau Modernes (PEA). Avec des taux de fonctionnalité de 84,1% à 88,7 %; faisant passer le taux d'accès à l'eau potable

de 52% à 65% en milieu rural. Malgré ces efforts, l'universalisation de l'accès à l'eau potable reste un défi persistant dans l'espace rural. En effet, force est de constater qu'il existe encore plusieurs localités qui n'ont toujours pas accès à l'eau potable. Le niveau d'approvisionnement en eau potable de la population du Burkina Faso est encore insuffisant à l'heure actuelle. En milieu rural 33% de la population utilise toujours des services non améliorés (Humphries, E., 2017). De fait, l'accès à l'eau potable n'est pas une priorité pour de nombreux ménages dans les communes rurales. En effet, dans ces communes, certaines franges de la population s'alimentent en eau à partir des sources traditionnelles (mares, puits traditionnels, rivières...), et ce malgré les risques d'une eau impure pour la santé. La preuve est que Les maladies diarrhéiques restent un problème de santé au Burkina Faso, 15% des enfants âgés de moins 5 ans ont souffert de diarrhées au cours des deux semaines précédant une enquête sur la santé (INSD, ICF International, 2012). Les maladies diarrhéiques liées aux conditions médiocres relatives à l'eau, provoquent la mort de plus de 4 000 enfants par an au Burkina Faso (OMS, 2014). En outre, environ un tiers des enfants burkinabés âgés de moins de cinq ans accusent un retard de croissance se manifestant par un faible rapport taille-âge (INSD, ICF International, 2012). Ce problème se pose avec acuité dans la commune rurale de Saaba. Malgré cette proximité avec la capitale, les populations de cette commune sont confrontées aux problèmes d'approvisionnement en eau potable. Située à la périphérie de la ville de Ouagadougou, Saaba est une commune rurale dont la population a connu une évolution importante ces dernières années du fait de sa proximité avec Ouagadougou et aussi de la forte pression foncière que connaît cette ville. Cette situation n'est pas sans conséquence sur la commune en termes d'exploitation de ressources, d'accès aux infrastructures d'eau et d'assainissement. Certains ménages dans la commune qui n'ont pas accès à l'eau potable, utilisent l'eau des sources traditionnelles, comme eau de consommation et, de ce fait, ne font pas le lien entre la qualité de l'eau qu'ils boivent et les nombreuses maladies hydriques liées à l'eau contaminée telles que: l'ulcère de buruli, le choléra, la fièvre typhoïde, la bilharziose, l'angine, le paludisme, l'ulcère de toux (Spore, 2013). Devant ce déficit en eau potable, les populations désemparées ont développé des stratégies d'approvisionnement. Ces stratégies permettent de disposer d'eau potable de qualité et en quantité suffisante pour satisfaire leurs besoins. L'objectif assigné est d'analyser les décisions des ménages sur l'adoption des stratégies face à la pénurie d'eau.

L'ossature de ce travail s'articule autour des points suivants: l'introduction qui représente notre première section, la suite du travail se présente ainsi qu'il suit: la deuxième section fait un bref aperçu de la littérature théorique et empirique. La troisième section retrace la méthodologie utilisée et débouche sur une quatrième section portant sur la présentation des résultats obtenus. Enfin une cinquième section fait l'objet de conclusion et recommandations.

2 METHODE ET MATERIELS

2.1 PRÉSENTATION DE LA ZONE

La zone d'étude couvre neuf (09) villages situés dans la commune rurale de Saaba, qui compte vingt-trois (23) villages administratifs, notre zone d'étude représente donc 39%. Ces villages sont composés d'une zone aménagée (lotie) et un non aménagé (non lotie).

2.1.1 SITUATION GÉOGRAPHIQUE

D'une superficie de 446 km², la commune de Saaba est l'une des six (06) communes rurales de la région du centre. La commune qui compte vingt-trois (23) villages administratifs est limitée à l'Ouest par la commune d'Ouagadougou, au Sud et au sud-est par la commune de Koubri, à l'Est par la commune de Nagréongo et au Nord par les communes de Loubila et Ziniaré. Sa population serait estimée à 81819 habitants en 2013 soit 4,26% de la population de la région du centre (PCD Saaba, 2008). Située à l'est de la commune urbaine de Ouagadougou, Saaba est une commune rurale dont la population a connu une évolution importante ces dernières années. De 66591 habitants en 2008 sa population a été estimée avec un taux d'accroissement de 3,99 % à 81819 habitants en 2013 avec une forte communauté provenant de quartiers limitrophes de Ouagadougou ou de travailleurs ayant acquis des parcelles et bâti des maisons d'habitation. (PCD Saaba, 2008). De par sa proximité géographique, du fait de la saturation et de la pression démographique que connaît la ville de Ouagadougou, la commune de Saaba subit des pressions de populations qui viennent s'installer pour y exploiter les ressources naturelles ou pour trouver des parcelles d'habitation à moindre coûts par rapport à la capitale. Ce phénomène n'est pas prêt de s'arrêter avec la population de la capitale qui ne cesse de s'accroître de façon galopante. Il faut noter que cet état de fait entraîne une migration de la population autochtone vers une « nouvelle périphérie » où elle s'installe dans des habitats spontanés en attendant éventuellement un autre lotissement. Il reste également à souligner que ces sites urbains précaires génèrent leurs propres risques sanitaires. Cette augmentation de la population entraîne une forte pression sur les services sociaux de base et particulièrement sur les ressources en eau (PCD Saaba, 2008).

2.1.2 RÉSEAU HYDROGRAPHIQUE

Le réseau hydrographique de la Commune fait partie du bassin versant du Nakambé et se caractérise par des cours d'eau temporaires au régime lié à celui de la pluviométrie. Le cours d'eau le plus important est le Massili. Il est aujourd'hui en proie à un ensablement continu et à une pollution due aux déchets toxiques de l'industrie manufacturière localisé dans la zone industrielle de Ouagadougou. Des aménagements ont été faits sur certains affluents en vue d'améliorer la disponibilité de l'eau notamment pour les activités de production. Il s'agit des barrages et retenues d'eau de Tensobintenga, Tanghin (digue actuellement endommagée), de Kaongo (à cheval entre Saaba et Tanghin), Koala, Komkaga et Gonsé (PCD de Saaba, 2008).

2.1.3 L'ACCÈS À L'EAU POTABLE

L'approvisionnement en eau potable des populations de la Commune est assuré à la fois par un ensemble de points d'eau modernes (forages et puits modernes) et par un système d'approvisionnement en eau potable (AEP) classique fourni par l'Office National de l'Eau et de l'Assainissement (ONEA). Toutefois, l'accès aux équipements d'approvisionnement reste relativement difficile. Cela est lié à une mauvaise répartition et aux pannes récurrentes. Cette situation expose certaines populations à des risques de maladies à travers la consommation d'eau de puits traditionnels qui présentent des conditions d'hygiène et de sécurité précaires (PCD de Saaba, 2008). Du point de vue assainissement, il est important de souligner qu'à Saaba, le système d'évacuation des eaux de ruissellement et des eaux usées n'a pas suivi le pas des lotissements. Quant à la gestion des eaux usées et des déchets solides, la situation est préoccupante. Les résultats de l'étude PCD-AEPA de la commune indiquent qu'environ 32% seulement des ménages ont accès aux latrines. Cette situation prévaut aussi bien dans les zones loties de la commune que dans les zones non loties et villages, où les personnes qui n'ont pas de latrines ont recourt à la nature. En milieu loti où les espaces vides sont en réduction, il se pose un véritable problème d'hygiène. (PCD de Saaba, 2008). Dans la commune rurale de Saaba 70,2% des ménages s'approvisionnent à l'eau de forage, 23,8% s'approvisionnent aux bornes fontaines et 6% à l'eau de puits. Les populations s'approvisionnant à l'eau de puits sont situées dans la zone lotie mais le font en cas de pénurie d'eau. Certaines populations situées dans la zone non lotie vont à la zone lotie pour s'approvisionner en eau à la borne fontaine la plus proche. Cela est dû au fait que les débits au niveau du forage sont souvent faibles et le pompage très pénible ou que l'eau du forage présente un dépôt rougeâtre après prélèvement. Pour transporter l'eau la majorité des ménages (87.5%) utilise des bidons de 20 litres pour le transport de l'eau contre 14.3% qui utilise de barriques de 200 litres.

2.2 MÉTHODE ET OUTILS

2.2.1 COLLECTE DE DONNÉES

Les problèmes d'eau potable se posent à presque tous les habitants des villages de la commune rurale de Saaba qui utilise comme eau de consommation l'eau venant des sources d'eau traditionnelle (puits mare, rivière, cours d'eau, eau de pluie, etc.). Les données utilisées dans cette étude sont essentiellement des données primaires. Notre objectif principal étant d'analyser les déterminants de l'adoption des stratégies d'adaptation liés à un accès limité en eau potable dans la zone. Pour analyser ses stratégies, nous avons eu recours au modèle Logit multinomial.

2.2.1.1 DONNÉES PRIMAIRES

Les données primaires sont obtenues à partir de deux sources. Il s'agit des enquêtes individuelles auprès des ménages et les entretiens réalisés auprès des personnes ressources. L'outil utilisé pour la collecte de ces données est essentiellement le questionnaire.

2.2.1.1.1 LE QUESTIONNAIRE

Notre questionnaire est composé à la fois des questions fermées et des questions ouvertes. Il sera adressé à la population résidante en particulier les chefs de ménage. Il nous permettra de déceler les déterminants d'un accès adéquat à l'eau potable dans la commune rurale de Saaba. Ainsi, il pourra pallier les insuffisances de l'entretien. Celui-ci est composé de quatre grandes parties. La première consiste en l'analyse des caractéristiques générales de la population interrogée, telles que la composition du ménage, l'ethnie, la scolarité des membres du ménage, etc.

La deuxième partie concerne les caractéristiques économiques du ménage (sources de revenu, les dépenses). Enfin, la dernière partie du questionnaire cherche à nous fournir toutes les informations nécessaires liées au point d'eau en lui-même (temps de collecte de l'eau, type de point d'eau, impact du point d'eau). Enfin la quatrième et dernière partie est destinée à

recueillir les données pour la mise en œuvre de la MEC. A cet effet, la question fondamentale a été libellée comme suit: « Supposons qu'il est envisagé la construction dans votre village une infrastructure d'AEP qui permettra à chaque ménage de disposer d'eau potable à proximité. Seriez-vous prêts à payer pour participer à ce programme ». La personne qui répond «OUI» se voit proposer différents montants au choix. Pour analyser les données, nous allons utiliser une analyse descriptive, complétée par une analyse économétrique.

2.2.2 OUTILS DE TRAITEMENT DES DONNÉES

Pour la réalisation de notre étude, un questionnaire a été élaboré et administré à 284 ménages choisis de façon aléatoire et dont les caractéristiques socio-économiques ainsi que les modalités d'accès à l'eau ont été notées. Les données recueillies ont été traitées au niveau statistique avec le logiciel Microsoft Excel 2013 et le logiciel SPSS stats 20; les données collectées ont été saisies dans le logiciel SPSS stats 20 puis transférées dans le logiciel STATA12 à l'aide du logiciel STAT transfert. Pour le traitement économétrique nous avons utilisé le logiciel STATA 1. Pour la réalisation de cette étude une fiche d'enquête a servi à la collecte des données dans les ménages.

2.2.3 ECHANTILLONNAGE ET ORGANISATION DE L'ENQUÊTE

Il faut également ajouter que l'administration de notre questionnaire C'est fait selon un tirage aléatoire et sans remise.

2.2.3.1 ORGANISATION DE L'ENQUÊTE

L'enquête s'est déroulée sur deux jours, plus précisément les 02 et 03 septembre 2020. Avant la phase de l'enquête, nous avons organisé une pré-enquête. Cette phase nous a permis d'identifier les insuffisances de notre questionnaire. Ainsi certaines questions ont été reformulées, d'autres supprimées. Il faut aussi noter l'ajout de nouvelles questions. Tout ce travail a été fait pour prendre en compte les réalités de ces villages sur la question de l'accès à l'eau potable. De même, la phase de pré-entretien nous a permis de revoir à la baisse le nombre de question, car certaines questions se répétaient. Pour permettre l'adhésion des villageois à notre projet et éviter d'être vu comme des intrus dans les villages, nous avons organisé une rencontre avec les chefs des différents villages en vue d'expliquer le travail que nous aurons à faire dans leur village afin de permettre la collaboration et la coopération des villageois. Le questionnaire a été administré par des enquêteurs recrutés à cet effet. Quant à l'entretien, nous l'avons fait nous même avec l'aide d'interprète. Il faut noter que dans le souci d'avoir des données fiables, nous avons organisé une séance de formation des agents enquêteurs. L'objectif que nous avons recherché à travers cette formation était de permettre aux enquêteurs de s'approprier le questionnaire afin de pouvoir mieux l'administrer. Il faut également préciser que les enquêteurs retenus avaient la licence au moins. Nous avons fait ce choix dans l'objectif d'avoir un travail bien fait.

2.2.3.2 ÉCHANTILLONNAGE

Concernant l'échantillonnage, ne pouvant réaliser une enquête exhaustive, faute de moyens financiers, nous avons défini un échantillon de personnes à interroger. Trois facteurs déterminent la taille de l'échantillon pour une enquête faite dans la population: la prévalence estimative de la variable étudiée (l'accès à l'eau du réseau dans notre cas), le niveau de confiance et la marge d'erreur acceptable. La taille de l'échantillon est définie suivant l'équation statistique suivante (Dagnelie, 1998):

Avec: N = taille d'échantillon requise; T = niveau de confiance à 95 % (valeur type de 1,96); P =proportion des ménages de la commune rurale de Saaba ayant accès à l'eau potable (70,2% selon l'EMC 2014) et M = marge d'erreur à 3,85 % (valeur type de 0,0385). Ainsi, la taille de notre échantillon est de 284 ménages. Le total des ménages à enquêter dans chacun des neufs villages s'est fait proportionnellement (poids) à l'effectif des ménages et se présente comme suit dans le tableau ci- dessous:

N = taille d'échantillon requis

N_v = nombre de ménages à enquêter par village

P_i = poids du village i dans la zone d'étude

N_i = Nombre de ménages dans le village i

Tableau 1. Répartition des ménages à enquête par village

N°	Village	N _i	(P _i)	N _v
1	Gonsé	602	12%	34
2	Tansobentina	921	18%	52
3	Koala n°1	425	8%	24
4	Tanlarchin	602	12%	34
5	Koala n°2	354	7%	20
6	Komkaga	443	9%	25
7	Koala n°3	496	10%	28
8	Tanghin	567	11%	32
9	Badnogo 2	602	12%	34
	Effectif total	5011	100%	284

Source: par l'auteur, Mai 2020

3 RESULTATS

3.1 RÉSULTATS STATISTIQUES

3.1.1 L'APPROVISIONNEMENT EN EAU DANS LA COMMUNE

Les résultats de l'enquête montrent (figure 1 ci-dessus) que près de la moitié des ménages (34,23%) s'approvisionnent à des sources d'eau potables (forage (12,4%); bornes fontaines (21,83%), etc.). La grande majorité (60,16%) recourant aux sources traditionnelles (marigots (24,30%); puits traditionnels, 10%; rivière, 8,10%; barrage, 16,90%, etc.) (figure 2 ci-dessous); eau utilisée principalement pour la cuisine, la boisson, la douche, la vaisselle et la lessive. Nos résultats sont conformes aux résultats obtenus par Diomandé dans la commune de Port-Bouet en Côte d'Ivoire qui montre que 67% à 75,5% des ménages utilisent majoritairement l'eau des sources traditionnelles pour la vaisselle et la lessive (Diomandé, 2004). Par ailleurs, la qualité de l'eau (goût, couleur, dépôt rougeâtre) de l'eau des forages fait que l'eau du forage est perçue par les ménages de la commune de Saaba comme une mauvaise source d'eau de boisson ce qui est de nature à pousser certains ménages à les préférer au détriment des autres points d'eau; justifiant ainsi le fait que 22,58% des ménages l'utilisent comme source d'eau de boisson, ces résultats rejoignent ceux de l'étude la Banque Mondiale (Water Research Team, 1995). En outre Nos données font ressortir que du fait de l'éloignement des Sources potables que certains ménages, se rendent dans les zones pourvues pour s'y approvisionner. Nous pensons comme Vézina (1992) qui dans son étude dans le Cercle de Douentza au Mali montre qu'en deçà de 250 mètres, les ménages se rabattent sur les sources d'approvisionnement modernes, situées dans d'autres cercles. Selon lui, une des raisons est le faible débit des forages du pompage très pénible, de la qualité de l'eau (goût, couleur) ou de l'éloignement des sources d'AEP.

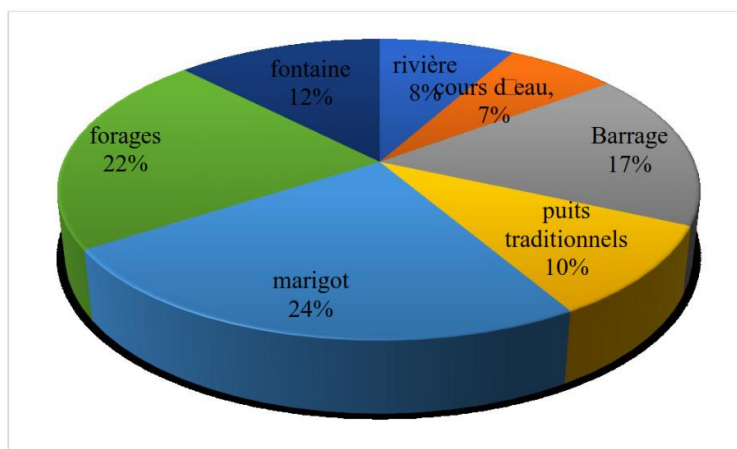


Fig. 1. Source d'approvisionnement en eau potable

Source: Enquêtes de terrain, Bitié Finlé, mai 2020.

3.1.2 TEMPS DE TRAJET ALLER-RETOUR À LA SOURCE D'EAU

Le tableau 2 ci-dessous présente le temps moyen mis pour aller à la source d'eau et revenir. Ce tableau, nous montre que le temps moyen mis par les ménages de la commune rurale de Saaba pour chercher l'eau est d'environ 90 minutes aux sources modernes. Cette durée varie selon l'emplacement de la source et selon la nature, par exemple, ils passent 76,01 d'attente aux sources modernes contre seulement 1,99 min aux sources traditionnelles et respectivement 84,77 et 0,68 min pour le remplissage de leur récipient de transport. Il ressort de nos résultats descriptifs que les sources d'approvisionnement sont majoritairement situées hors des habitations et les puits à pompe ou forage sont plus éloignés des habitations que les eaux de surface ainsi et ceux de sources non protégées. Les ménages mettent en moyenne 88,39 minutes pour aller chercher l'eau et revenir aux sources modernes, et environ 79,47 minutes pour aller et venir chercher l'eau aux sources traditionnelles (rivières, les mares, marigots,)

Tableau 2. Temps mis pour s'approvisionner à la source d'eau

	Temps attente	Temps collecte	Temps total approvisionnement en eau
N	284,00	284,00	284,00
Moyenne	71,61	82,57	90,01
Erreur type	1,78	1,84	2,16
Médiane	70,00	76,30	81,35
Ecart type	30,03	31,01	36,42
Minimum	23,33	25,50	37,50
Maximum	210,15	219,91	265,90

Temps (minutes)	Sources eaux	
	Traditionnelles	Modernes
Attente	1,99	76,01
Collecte	0,68	84,77
Aller-retour	79,47	88,39

3.1.3 CONSOMMATION QUOTIDIENNE D'EAU

L'éloignement des sources impacte la consommation d'eau des ménages, en effet, l'analyse des statistiques descriptives (Figure 2) nous permet de constater que les ménages interviewés consomment en moyenne 730,23 litres par jour, avec une dispersion autour de la moyenne de l'ordre de 34,60 litres, pour une consommation médiane journalière de 571,25 litres, c'est-à-dire que près de la moitié des ménages enquêtés consomment environ 571,25 litres d'eau par jour, sur l'ensemble de la zone, la consommation journalière des ménages varie de 80 litres d'eau comme valeur minimale à 499,4 litres comme valeur maximale. La consommation quotidienne d'eau par ménage varie de façon importante d'un village à l'autre Tensobintenga est le village qui enregistre le pourcentage le plus élevé de ménages (48,5 %) n'utilisant que de petits volumes d'eau chaque jour (moins de 150 litres). À l'inverse, à Gonsé et à Tanlarchin, plus de la moitié des ménages en consomment entre deux et trois fois plus respectivement (entre 225 et 400 litres).

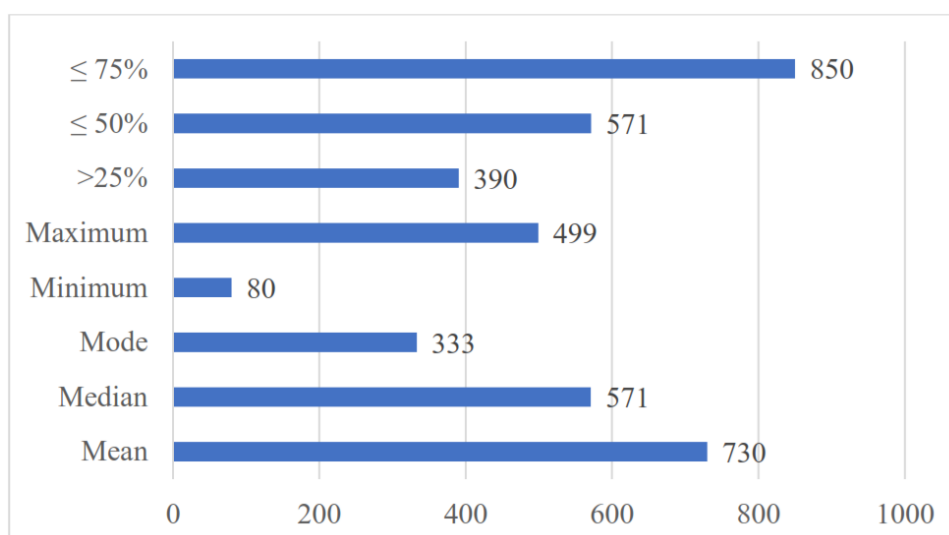


Fig. 2. Quantité eau consommée (litres) par jour

Source: Enquêtes de terrain, Bitié Finlé, mai 2020.

3.1.4 USAGES DE L'EAU

Selon les normes de l'OMS, il faut environ 20 litres d'eau par personne et par jour pour les besoins d'un ménage rural (hygiène, consommation toilette, cuisine etc.) (OMS, 2003). Les études empiriques (Whit, Bradley, 1972) montrent que ces besoins se subdivisent en quatre catégories selon les usages que sont: consommation (boisson, cuisine), hygiène (besoins élémentaires, nettoyage domestique), tâches ménagères (lessive, vaisselle) et usage productif (abreuvement, maraîchage, etc.). Selon Thompson et Wood (2001), les deux premiers usages impactent directement la santé alors que le troisième n'a pas d'impact direct sur la santé. Par contre la quatrième influence indirectement la santé à travers son effet sur le revenu. Howard et Bartram, (2003), soulignent qu'une partie de l'eau (2,6 litres) est perdue sous l'effet de la transpiration, l'urine, la défécation. Toujours selon ces mêmes auteurs, dans les pays tropicaux (Afrique subsaharienne), cette perte peut atteindre 5 litres. Nos investigations de terrain quant aux usages de l'eau rejoignent ceux de Bradley et Whit, (1972). En effet, les ménages enquêtés affirment que l'eau prélevée était destinée à quatre types d'usage. Ainsi il ressort qu'un tiers (34,51%) de l'eau prélevée est destinée à la consommation; 27,82% à l'hygiène; 14,08% aux tâches ménagères et enfin un quart (23,59%) à des fins productives.

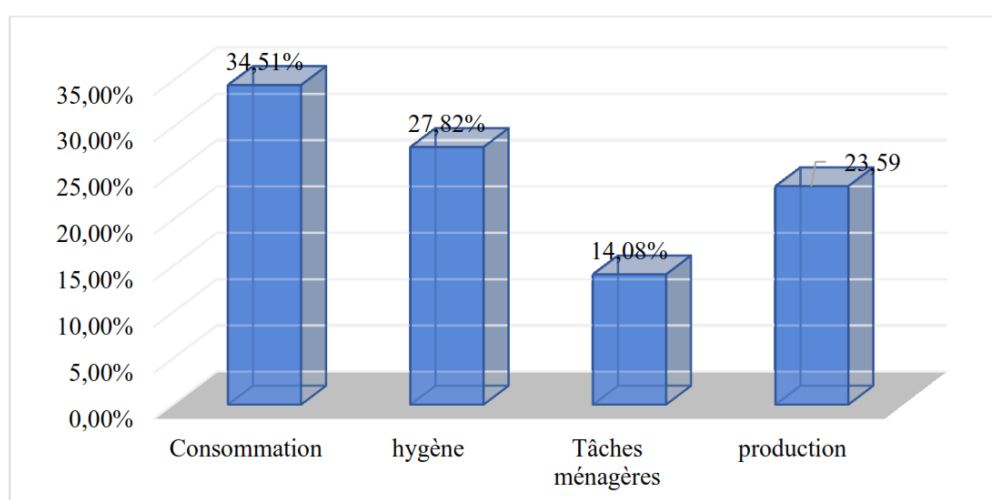
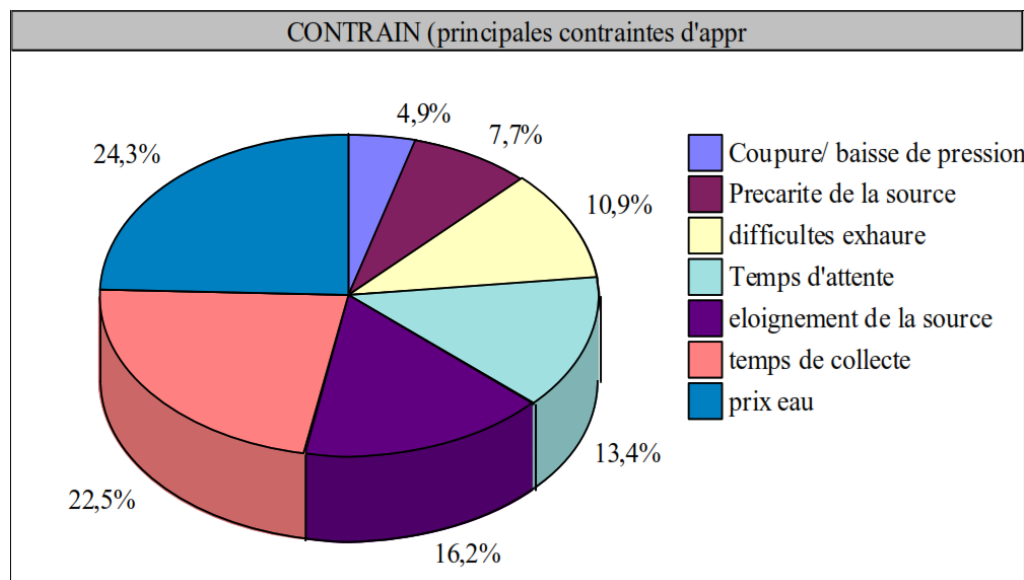


Fig. 3. Usages de l'eau

Source: Enquêtes de terrain, Bitié Finlé, mai 2020.

3.1.5 LES CONTRAINTES DE L'APPROVISIONNEMENT EN EAU

Dans la commune rurale de Saaba, Les ménages sont confrontés à plusieurs contraintes relatives à l'approvisionnement en eau potable. En effet, de nos investigations de terrain environ 95% des ménages enquêtés ont affirmé rencontrer des difficultés dans leur approvisionnement en eau. La figure ci-dessous résume ces différentes difficultés évoquées par les ménages.



Graphique 1: Difficultés d'approvisionnement évoquées par les ménages

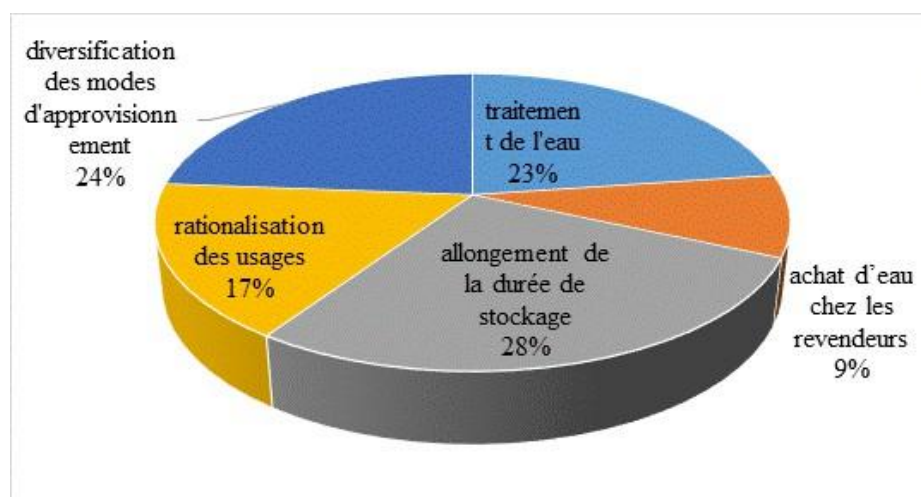
Source: Enquêtes de terrain, Bitié Finlé, mai 2019

La figure 5 nous montre que le temps mis pour la collecte de l'eau d'attente et le prix de l'eau sont les principales contraintes évoquées par les ménages. Le temps mis pour la collecte de l'eau est évoqué par environ deux ménage sur neuf (22,5%), démontrant confirmant ainsi l'insuffisance du nombre de points d'eau dans la zone caractérisée par une forte densité de population. Les difficultés d'exhaure de l'eau sont citées au forage peuvent être considérées comme un facteur aggravant cette insuffisance. A titre d'exemple, le temps moyen de remplissage d'un bidon de 20 litres au forage est estimé à deux minutes contre 20 secondes à la borne fontaine. Les longues files d'attente que l'on observe au niveau des bornes fontaines ou des forages équipés d'une pompe à motricité humaine sont synonymes de perte de temps et de fatigue, particulièrement pour les femmes qui sont le plus souvent chargées de la corvée de l'eau. Outre son corollaire de sous consommation, cette perte de temps empêche les femmes de vaquer à d'autres occupations susceptibles d'améliorer leurs conditions de vie. Les longs temps d'attente et la volonté de s'approvisionner rapidement sont à l'origine des multiples querelles que l'on observe fréquemment au niveau des points d'eau.

A ces contraintes s'ajoutent celles liées au prix de l'eau. Elles représentent un facteur important dans l'approvisionnement en eau dans la zone. L'accessibilité économique à l'eau potable dépend des capacités économiques des ménages. Dans un quartier où la majorité des chefs de ménage mène des activités informelles et précaires, on imagine à quel point la cherté de l'eau évoquée par un ménage sur quatre (27.2%) représente une forte contrainte.

3.1.6 LES STRATEGIES D'APPROVISIONNEMENT EN EAU POTABLE DES MENAGES

Face à la pénurie d'eau potable, les populations ont recours à plusieurs stratégies parmi lesquelles nous citons entre autres traitement de l'eau prélevée, achat d'eau chez les revendeurs, allongement de la durée de stockage, diversification des modes d'approvisionnement, la rationalisation des usages, (figure 4 ci-dessous).



Graphique 2: Stratégies d'approvisionnement d'eau potable développées par les ménages à Saaba

Source: Bitié Finlé, Enquêtes de terrain, mai 2020.

3.1.6.1 ALLONGEMENT DE LA DUREE DE STOCKAGE

Nos investigations auprès des ménages dans les différentes communes d'enquête ont révélé que pour faire face à la pénurie d'eau potable deux ménages sur sept soit un peu plus de 28, %; allongent de la durée de stockage de l'eau. Cette stratégie consiste à stocker l'eau pendant trois jours ou plus contre une durée de un à deux jours au paravent; entreposer les récipients dans des endroits propres hors de portée des enfants, utiliser des récipients avec couvercles et à prélever l'eau avec des ustensiles propres, le recours à cette stratégie se justifierait par éloignement des ménages par rapport à leur point d'approvisionnement en eau. Cette stratégie est surtout l'apanage des populations du village de Gonsé. Environ 34,60% des ménages de ce village y ont recours la pratique; contre moins de 25% dans les autres villages sites de l'étude.

3.1.6.2 ACHAT D'EAU CHEZ LES REVENDEURS

L'achat d'eau chez les revendeurs est la deuxième stratégie privilégiée des ménages devant la pénurie d'approvisionnement en eau potable après l'allongement de la durée de stockage. Nos résultats montrent que près d'un quart (23,3%) enquêtes recours à cette stratégie pour pallier au déficit d'eau potable. il s'agit surtout de ménage aisés. Les formes de la revente sont très diversifiées; plusieurs types de transport peuvent être utilisé: la revente par portage: les modes de transport et les récipients utilisés sont variés: bassine, cuvettes ou seaux portées sur la tête, fûts de capacité variable transportés à l'aide de pousse-pousse ou de charrette tirée par un âne. Les revendeurs sont des personnes physiques privées généralement sans activité situées à proximité des bornes fontaines/forages, ils transportent l'eau dans fûts de 200 litres et sillonnent les villages pour revendre aux ménages dans le besoin. Ces derniers moyennant une somme d'argent achètent la quantité dont ils ont besoin. L'eau transportée par le système de revente arrive chez le consommateur à des prix variables selon la saison (plus chère en saison sèche, qu'en saison hivernage) et la quantité (pour les bidons de 20 litres le prix varie entre 25 et 50 f CFA). A Kola n°2, par exemple, la revente constitue la principale (57,1%) stratégie développée par les ménages.

3.1.6.3 DIVERSIFICATION DES MODES D'APPROVISIONNEMENT

Pour faire face à la pénurie d'eau potable, deux ménages sur sept sondés (28%) diversifient leurs sources d'approvisionnement en eau (recours aux forages, aux bornes fontaines, puits modernes, eau de pluie, etc.). Cette stratégie est surtout rencontrée dans le village de Gonsé (20,6%).

3.1.6.4 RATIONALISATION DES USAGES

Elle constitue la dernière stratégie en termes d'adoption seul un ménage sur six interviewés (soit 17%) a cité cette stratégie. Il s'agit pour l'essentiel de ménages résidents à Komkaga (40%).

3.1.6.5 TRAITEMENT DE L'EAU

Une stratégie souvent revenue lors de nos enquêtes est la purification de l'eau prélevée (23%). Du fait de l'éloignement des sources d'AEP les ménages s'approvisionnent dans les sources non potables. Cette eau étant impropre à la consommation, avec toutes les risques sanitaires associés (choléra, typhoïde, dysenterie amibienne, etc.), pour cela, certains ménages recourent à des traitements préalables de l'eau prélevé dans ces sources, tels que l'ébullition usage de désinfectants (eau de Javel, chlore, etc.) avant de la consommer. Le traitement de l'eau est une stratégie très utilisée par les ménages moyens compte tenu du coût de cette stratégie (coût des désinfectants, bois pour bouillir l'eau, etc.). Elle est surtout pratiquée par les ménages habitant les villages de Tansobentinga (34,6%), Kola n°1 (25,0%) et de Tanlarchin (23,5%).

Tableau 3. Répartition des ménages selon les stratégies adoptées en fonction de leur lieu de résidence

	Stratégies				
<i>Villages</i>	<i>Traitement de l'eau</i>	<i>Achat d'eau chez les revendeurs</i>	<i>Allongement de la durée de stockage</i>	<i>Rationalisation des usages</i>	<i>Diversification des modes d'approvisionnement</i>
Gonse	20,6%	17,6%	20,6%	20,6%	20,6%
Tansobentinga	34,6%	13,5%	15,4%	23,1%	13,5%
Kola 1	25,0%	29,2%	12,5%	20,8%	12,5%
Tanlarchin	23,5%	26,5%	17,6%	29,4%	2,9%
Komkaga	16,0%	16,0%	20,0%	44,0%	4,0%
Kola 2	9,5%	57,1%	14,3%	4,8%	14,3%
Kola 3	17,9%	32,1%	17,9%	21,4%	10,7%
Tanghin	12,5%	18,8%	31,3%	21,9%	15,6%
Badnogo 2	8,8%	20,6%	29,4%	23,5%	17,6%

Source: Bitié Finlé, Enquêtes de terrain, mai 2020

3.2 RÉSULTATS ÉCONOMÉTRIQUES

3.2.1 CADRE THÉORIQUE

Les ménages fondent leur décision d'adoption ou d'intensification d'une stratégie sur la base du principe de rationalité et particulièrement l'hypothèse de maximisation de l'utilité de la théorie néoclassique. Il n'adopte ou n'intensifie la stratégie que si la profitabilité anticipée est supérieure à celle de la non adoption ou non intensification (Marennya, Barrett, 2007). Toutefois, il est bien établi que la raison pour laquelle les ménages adoptent une stratégie va au-delà de ces considérations de la théorie néoclassique. Le producteur rationnel préfère la stratégie qui lui procure le plus d'utilité. Les travaux en économie sur l'adoption et l'intensification des stratégies montrent que les décisions des ménages sont influencées par des multiples facteurs endogènes ou exogènes (observables et non observables directement) et les caractéristiques intrinsèques de la stratégie (Ngondjeb, 2011; Combarry, 2013; Mbetid-Bessane, 2014; Roussy, 2015). Dans le cadre de la présente étude, l'adoption fait référence aussi bien à la décision dichotomique (acceptation ou rejet) qu'à l'intensité d'utilisation (quantité d'eau consommée).

3.2.2 MODÉLISATION

Dans la littérature économétrique, les modèles d'estimation empirique des décisions d'adoption des stratégies dépendent du type de mesure mis en œuvre lors des enquêtes, c'est à dire si le ménage a fait un choix discret, hiérarchisé ou d'intensité. Pour l'analyse des choix discrets, comme pour l'étude de l'adoption et du rejet, il n'est pas possible d'utiliser des modèles linéaires classiques car les réponses sont binaires. On utilise alors des modèles de choix dichotomiques de type Probit ou Logit.

Pour les réponses ordonnées ou hiérarchiques, les modèles polytomiques, comme les Probit et Logit multinomiaux ou ordonnés, sont utilisés (Roussy, 2015). Le modèle Tobit permet quant à lui de modéliser l'intensité de l'adoption ainsi que le taux d'adoption des stratégies lorsque la variable dépendante est continue et censurée au point 0 (Tobin, 1956; Ngondjeb, 2011).

La fonction d'utilité d'un ménage i est donnée par (Mbetid-Bessane, 2014):

$$U_{ij} = U_{ij}$$

Considérant X_i un vecteur colonne de k facteurs déterminant la décision d'adoption de la stratégie d'approvisionnement en eau potable j . l'utilité résultant du choix de la stratégie ($j=1,2$). Le ménage choisira la stratégie 1 si: $U_{i1} > U_{i2}$. Cette préférence de choix du ménage peut être représentée par la variable latente Y_i^* telle que:

$$Y_i^* = \beta X_i + \varepsilon_i$$

β est un vecteur ligne de k paramètres et ε_i une perturbation aléatoire;

$$\begin{cases} Y_i^* > 0 & \text{si } U_{i1} > U_{i2} \\ Y_i^* \leq 0 & \text{si } U_{i1} \leq U_{i2} \end{cases}$$

. En définissant une variable dichotomique Y_i telle que:

$$\begin{cases} Y_i = 1 & \text{si stratégie 1 est choisie} \\ Y_i = 0 & \text{si non} \end{cases}$$

La probabilité P_i d'adoption de la stratégie 1 est donnée par:

$$P_i = \text{Prob}(Y_i = 1) = \text{Prob}(Y_i^* > 0) = \text{Prob}(\beta X_i + \varepsilon_i > 0) = \text{Prob}(\varepsilon_i > -\beta' X_i)$$

En supposant une distribution symétrique de ε_i , on obtient:

$$P_i = \text{Prob}(\text{Prob}(\varepsilon_i < \beta X_i) = F(\beta X_i)$$

Où F est une fonction de répartition définie par la loi de ε_i . Selon que ε_i suit une loi normale ou une loi logistique, l'adoption du ménage peut être représentée par modèles multinomiaux ordonnés, séquentiels ou non ordonnés. La présente étude utilise le modèle Logit multinomial pour des raisons de simplicité (McFadden, 1978). De façon formelle, le Logit multinomial se présente comme suit:

Considérons un individu i ($i= 0, 1, 2... N$) ayant à choisir entre j ($j= 0, 1, 2,..., m$) stratégies d'approvisionnement en eau potable, supposées mutuellement exclusives pour chaque individu i . Soit y_i la variable représentant ce choix; on a:

$$\sum_{j=1}^m \text{Prob}(y_i = j) = 1. \forall i = 1, 2, \dots, N$$

La probabilité associée à chaque décision est définie par:

$$\text{Prob}(y_i = j) = F_{ij} \forall i = 1, 2, \dots, N; \forall j = 1, 2, \dots, m$$

F est une fonction de répartition définie par la loi de ε_i . Selon Philippe (2013), la forme standard de F est donnée par la formule:

$$F(\beta X_i) = \frac{\exp(\beta X_i)}{1 + \exp(\beta X_i)} = A(\beta X_i)$$

L'effet marginal de la variation de la probabilité d'adoption des stratégies d'approvisionnement en eau potable suite à la variation d'une variable explicative est donné par:

$$F(z) = \frac{\exp(z)}{(1 + \exp(z))^2} = A(z)$$

Le modèle Logit multinomial donne la probabilité d'adoption des stratégies d'approvisionnement en eau potable sans mesurer l'intensité de cette adoption. Pour se faire, nous utilisons le modèle Tobit. Si on considère la variable latente V_h^* non observée qui dépend des choix alternatifs et des caractéristiques socioéconomique, démographique et institutionnel du ménage (K_i), le modèle Tobit peut s'écrire (McDonald, Moffitt, 1980):

$$V_h^* = K_i \lambda + \theta_i; i = 0, 1, 2, \dots, N.$$

$$\begin{cases} V_h = 1 \text{ si } V_h^* \leq 0 \text{ non intensité d'adoption des stratégies d'approvisionnement en eau potable} \\ V_h = V_h^* \text{ si } V_h^* > 0 \text{ intensité d'adoption des stratégies d'approvisionnement en eau potable} \end{cases}$$

Où V_h représente la variable observée (intensité d'adoption), λ un vecteur des paramètres inconnus et $\theta_i \sim N(0; \sigma^2)$ et N le nombre d'observations, z représente $K_i \lambda / \sigma$, $f(z)$ la fonction densité normale et $F(z)$ la distribution de la fonction cumulative normale.

L'effet marginal de la variation de la probabilité d'intensité d'adoption des stratégies d'approvisionnement en eau potable suite à la variation d'une variable explicative s'obtient par

$$\Delta E(V^*) = \Delta K_i = \lambda_i \left(1 - \frac{zf(z)}{F(z)} - f(z) \right)$$

Les statistiques descriptives ont été réalisées avec SPSS (Statistical Package for the Social Sciences) version 20 et les estimations du modèle Logit et Tobit ont été faites à l'aide des logiciels STATA (Logiciel statistique de gestion et d'analyse des données) version 12.1 et GRETEL Version 1.1.

3.2.3 DEFINITION DES VARIABLES DES MODELES D'ANALYSE

A partir de la littérature théorique et économétrique sur l'adoption des technologies et des données d'enquête, les variables des modèles (Logit multinomial et Tobit) ont été définies. La décision du ménage d'adopter une stratégie dépend de facteurs tels les caractéristiques socioéconomiques et démographiques. Dans le cadre de l'étude, la variable dépendante du modèle Logit multinomial est l'utilisation d'une stratégie d'approvisionnement en eau potable (variable multinomiale). La variable dépendante du modèle Tobit est définie comme la quantité d'eau consommée (variable continue de 0 à $+\infty$). Les variables indépendantes sont identiques pour les deux modèles afin de comparer les résultats. Certaines de ces variables sont quantitatives et d'autres qualitatives.

3.2.3.1 VARIABLES CONSIDÉRÉES DANS LES MODÈLES

Le choix des variables est basé sur les résultats des travaux théoriques et empiriques identifiés sur l'adoption des stratégies d'adaptation face à la problématique d'approvisionnement en eau potable et le contexte du milieu d'étude. En effet, Selon les travaux de la Banque Mondiale (1993), deux groupes de variables influencent à la fois la probabilité d'adoption ou non des stratégies d'approvisionnement en eau potable (modèle Logit multinomial) et l'intensité d'adoption (modèle Tobit) il s'agit d'une part des indépendantes; et d'autres part des dépendantes.

3.2.3.1.1 VARIABLE DÉPENDANTE

La variable dépendante est la probabilité qu'un ménage i choisisse une stratégie en eau potable. Le résultat d'une observation binaire est appelé "succès" ou "échec" représentée mathématiquement, par une variable aléatoire Y_{ij} . Il s'agit d'une variable multinomiale prenant cinq modalités (1si le ménage adopte au moins une des quatre stratégies d'adaptation et 0 sinon). Mais, l'adoption d'une stratégie d'approvisionnement en eau potable reste conditionnée par un certain nombre de facteurs, qui définissent les variables explicatives du modèle. Pour l'intensité d'adoption la variable dépendante est la quantité d'eau consommée (variable continue censurée à 0).

3.2.3.1.2 VARIABLES INDÉPENDANTES

En effet, Selon les travaux de la Banque Mondiale (1993), deux groupes de variables influencent les décisions des ménages quant à leur choix d'adoption ou non des stratégies il s'agit d'une part des caractéristiques socio-économiques et démographiques des ménages et prennent en compte le niveau d'éducation du chef de ménage, sa taille, la profession du chef de ménage, la composition du ménage (taille du ménage, nombre d'enfants, nombre de femmes, etc.), le revenu, dépenses et possessions, les dépenses et le nombre de personne d'actives et d'autre part des caractéristiques relatives aux sources d'alimentation comprenant: le temps d'attente et de remplissage, la qualité et la fiabilité de la source d'approvisionnement; nombre de sources d'eau, recours à d'autres sources, existence de sources alternatives, conflit d'usage, la quantité d'eau consommée, distance séparant le ménage de la source d'AEP, l'emplacement de la source, le goût de l'eau, fiabilité de la source d'eau, etc. Pour ce qui est des variables d'ordre sociodémographiques et économiques, on peut citer: L'âge, le niveau d'instruction, le nombre de femmes, la taille du ménage, le fait d'avoir été victime de maladie hydrique, le statut matrimonial, le revenu, les dépenses (eau et santé), qui peuvent être des facteurs significatifs d'adoption d'une innovation.

Le niveau d'instruction accroît la capacité de compréhension de des avantages liés aux stratégies d'adaptation (Feder, 1984). Les ménages de niveau d'instruction plus élevé sont donc des adoptants potentiels (Feder, 1985). Le niveau d'instruction peut être une variable déterminante dans l'adoption des stratégies d'approvisionnement en eau potable. Il accroît le sens de l'innovation, l'habileté et la facilité d'apprécier les avantages liés à l'eau potable (Falusi, 1975; Singh, 1988), En conséquent, que plus le niveau d'instruction des ménages est élevé, plus la probabilité d'adoption de la stratégie est élevée un signe positif de cette variable est donc attendu.

L'âge du chef de ménage, les chefs de ménages les plus âgés ont le plus souvent des horizons de planification plus courts, d'où un taux d'actualisation élevé qui réduit la valeur actuelle. Il y a tout lieu de croire qu'ils seront hostiles au changement et aux nouvelles stratégies. Selon Bultena, Hoiberg (1983), les jeunes chefs de ménages ont plus de chance d'être instruits et ont des taux d'actualisation moins élevés et peuvent par conséquent s'adapter aux nouvelles stratégies. En ce sens, plus les chefs de ménages sont jeunes, plus la probabilité d'adoption d'une stratégie d'adaptation est élevée. Un signe positif est donc attendu de cette variable.

Revenu (rev): revenu annuel du ménage en FCFA. La théorie économique stipule que le revenu est négativement lié à l'intensité d'utilisation des stratégies (Casey, 2006). Le fait de disposer d'un revenu élevé permet au ménage de faire face aux dépenses d'eau et par conséquent (Polyzou (2011); Vasquez, (2009), Enshassi, (2005). Il est donc attendu un signe négatif de cette variable.

Education (éduc): variable binaire: 1si instruit et 0 sinon. On pourrait s'attendre à ce que, lorsque les ménages sont dirigés par un chef de ménage instruits ces derniers soient prêts à l'intensité d'utilisation des stratégies par rapport aux autres ménages dont le chef n'est pas instruit. En effet, les individus instruits sont plus conscients des bénéfices sanitaires liés à la consommation d'eau potable et, de ce fait, plus enclins à l'intensification de l'utilisation des stratégies que les individus non instruits. Les résultats empiriques confirment généralement que les ménages l'intensification de l'utilisation des stratégies croit avec leur niveau d'éducation (Kayaga, 2003; Razafindralambo 2001). En ce sens, nous postulons un effet positif de cette variable.

Le genre (sexe): cette variable est une variable binaire: 1 si homme et 0 sinon. Du fait que c'est aux femmes qu'incombe généralement en milieu rural la corvée eau, les sociologues qui étudient la gestion domestique de l'eau supposent que les femmes attachent davantage d'importance à la fourniture d'eau améliorée que les hommes et qu'elles seraient donc plus disposées à intensifier l'utilisation des stratégies (Dufaut, A., 1988).

Profession (Prof): Cette variable comprend plusieurs modalités: agriculteurs (modalité de référence), éleveurs. L'effet de la profession (prof) sur l'adoption des stratégies est positif. Par exemple à Haïti, (Briscoe J., Singh B., 1995) trouvent que les ménages de fermiers étaient plus disposés à adopter les stratégies leurs homologues.

Taille du ménage (tmen) /composition du ménage: De façon surprenante et inattendue, les études économétriques ont rarement mis en évidence d'effet significatif de la taille et de la composition du ménage sur l'intensité d'utilisation des stratégies. Mais elles ont pu mettre en évidence celui du nombre de femmes adultes dans le ménage, celui d'enfants. Il a été également démontré l'influence de certaines caractéristiques des sources modes d'approvisionnement existants et améliorés. En effet, des études empiriques sur le sujet il est ressorti que la disposition à adopter les stratégies d'approvisionnement en eau ainsi que l'intensité d'utilisation de ces stratégies dépendait autant des caractéristiques des ménages que de celles des sources d'eau. Par exemple diverses études ont mis en évidence l'influence qu'ont les effets des coûts, de la qualité, de la fiabilité de l'approvisionnement actuel sur la disposition à adopter les stratégies d'approvisionnement en eau ainsi que l'intensité d'utilisation de ces stratégies à payer des ménages. Altaf, 1993; Whittington, 1990) montrent que le ménage effet positif de ces variables.

3.3 RÉSULTATS D'ESTIMATION

L'estimation du modèle, s'est fait sur la base du maximum de vraisemblance avec l'option white afin de corriger les éventuels problèmes d'hétéroscédasticité et d'obtenir des estimateurs robustes (Baltagi, 2008; Sevestre, 2002). Les tests d'autocorrélation, d'hétéroscédasticité et du ratio de vraisemblance ont été réalisés pour s'assurer de la qualité du modèle. Au regard des résultats des tests (tableau 4), il ressort que le Wald Khi-Deux (χ) du modèle (27,49) est significatif à un seuil de 1%. La valeur élevée du pseudo- R^2 ou R^2 de McFadden (0,7351), permet de déduire que: les variables du modèle expliquent à 73,51% la dynamique du comportement des ménages enquêtés. Aussi, l'on constate ainsi que le taux de comptage ou taux de Bonnes Prévisions est égale à 94,02% ce qui indique que dans 94,02% de cas le modèle a une bonne prédiction ($0,94 > 0.50$). Par ailleurs les tests d'autocorrélation, d'hétéroscédasticité et de normalité révèlent l'absence d'autocorrélation des erreurs; l'homoscédasticité des erreurs; la normalité des erreurs; la stabilité des coefficients estimés par rapport aux observations utilisées. Le modèle estimé est globalement significatif au seuil de 1%. Ce qui montre la bonne spécification du modèle et que les variables retenues permettent d'expliquer significativement l'adoption des stratégies d'approvisionnement en eau potable.

Tableau 4. Test d'adéquation

Test	Valeur	p-value
Wald Khi-Deux	7,49	1%
R^2 de McFadden	0,7351	-
Prédiction	94,02%	-
Autocorrélation	0.40	0.067
Hétéroscédasticité	15.9688	0.035
Normalité	0.52	0.076
Spécification	0.39	0.054

Parmi les dix-sept (17) variables introduites dans le model Logit multinomial, certaines confirment les résultats connus de la littérature; il s'agit tout d'abord, des variables d'ordre sociodémographiques et économiques. En effet, les tests individuels sur les coefficients montrent que les variables telles que le niveau d'instruction, l'âge, la taille du ménage et le fait qu'un membre du ménage ait été victime de maladie hydrique affectent significativement la probabilité que les ménages adoptent au moins une stratégie d'adaptation. La variable éducation influence très fortement le comportement des ménages quant à leur choix d'adopter une stratégie d'adaptation et ce quel que soit la stratégie d'adaptation, à l'exception de la stratégie gestion saine de l'eau à domicile. Le coefficient associé à cette variable est significatif et positivement corrélé quant à l'adoption des différentes stratégies d'adaptation. Le fait que le chef de ménage soit instruit augmente la probabilité que celui-ci choisisse le traitement de l'eau prélevée, l'économie d'eau au sein du ménage ou encore la diversification des sources d'approvisionnement et inversement pour la gestion saine de l'eau à domicile. Des études telles que celles menées par (Altaf, 1993), (Briscoe, 1990), (Whittington, 1990) et (Ahmad, 2005) montrent que lorsque le niveau d'éducation des membres du ménage augmente, ces derniers sont plus conscients des bénéfices sanitaires liés à la consommation d'eau potable et, de ce fait, sont plus enclins à développer des stratégies pour faire face au déficit d'accès à l'eau. Il ressort aussi que le fait qu'un membre du ménage a été victime de maladie augmente la probabilité que celui-ci choisisse le traitement de l'eau prélevée comme stratégie d'adaptation. De même le type de l'habitat du ménage accroît la probabilité que celui-ci choisisse le traitement de l'eau prélevée comme stratégie d'adaptation. Ce résultat s'explique par le fait que le type d'habitat est généralement perçu comme un indice de richesse. Or l'effet revenu est parfois capté par l'indice de richesse (Whittington et al, 1990), ou par les transferts (Pattanayak et al, 2006). Nos résultats ont plutôt révélé une faible influence de la taille du

ménage; en effet elle s'est avérée seulement significative pour la stratégie traitement de l'eau prélevée, résultat similaire à celui d'études antérieures. Les études économétriques (Singh, 1993) et (Whittington, 1991), ont rarement mis en évidence l'effet significatif de la taille et de la composition du ménage sur le comportement des ménages à développer des stratégies d'adaptation en eau potable. Contrairement aux études empiriques, le revenu s'est avéré non significatif. Des études économétriques montrent que le revenu est une variable significative qui augmente la probabilité qu'un ménage choisit d'adopter une stratégie d'adaptation (Whittington, 1990), Briscoe, 1990) et (Ahmad, 2005). Un autre résultat réside dans l'influence significative des caractéristiques des sources d'eau. La décision de d'adopter des stratégies est en effet affectée positivement et fortement par des variables autres que celles relatives aux caractéristiques des ménages: la quantité d'eau potable consommées, distance moyenne à parcourir pour aller s'approvisionner aux sources potables et la rareté des ressources en eau potable. Le coefficient associé à la distance séparant le ménage de la source d'eau potable est significativement et positivement liés au choix d'adoption de la stratégie traitement de l'eau prélevée. Pour une augmentation de 1% de la distance séparant le ménage de la source d'eau potable, la probabilité de choisir la stratégie de traitement de l'eau prélevée s'accroît de presque 0,2%. Par ailleurs, les résultats obtenus mettent en évidence l'effet significatif de la quantité d'eau consommée. Les coefficients positifs et significatifs de cette variable suggèrent que plus la quantité d'eau consommée par le ménage est élevée, plus il est probable que ce dernier adopte au moins une stratégie d'adaptation. Une augmentation de la quantité d'eau consommée de 1 litre entraîne une hausse de la probabilité de choisir la stratégie de diversification des sources d'approvisionnement de 0,078%. Enfin, les résultats obtenus confirment l'hypothèse selon laquelle les ménages devraient être d'autant plus enclins à adopter les stratégies d'adaptation lorsqu'ils habitent des zones où les sources d'eau sont rares. (Singh, 1993; Calkins, 2002). La disponibilité des sources potables s'est révélé être significative pour les stratégies la diversification des sources d'approvisionnement et la gestion saine de l'eau à domicile. Ceci indique que plus les sources d'eau potable sont rares, plus il est probable que les ménages choisissent la diversification des sources d'approvisionnement et la gestion saine de l'eau à domicile comme stratégie d'approvisionnement en eau potable

Tableau 5. Estimation du modèle Logit multinomial d'adoption des stratégies d'approvisionnement en eau potable

	Traitement de l'eau prélevée			Économie d'eau au sein du ménage			Diversification des sources d'approvisionnement			Gestion saine de l'eau à domicile		
Variables	Coef	Std	P value	Coef	Std	P value	Coef	Std	P value	Coef	Std	P>z
SEXE	-0,60	0,41	0,14	-0,12	0,41	0,77	-0,10	0,43	0,82	-0,17	0,51	0,74
EDUC	2,08	0,81	0,06 *	0,34	0,18	0,07 *	0,50	0,39	0,20	-0,88	0,46	0,06 *
AGE	0,91	0,04	0,02 ***	0,00	0,04	0,94	-0,05	0,04	0,13	-0,01	0,04	0,76
Statmat	0,08	0,49	0,87	0,22	0,51	0,66	0,39	0,52	0,45	0,55	0,61	0,37
TMEN	1,22	0,12	0,04 **	0,02	0,09	0,79	0,08	0,10	0,38	0,13	0,13	0,32
Victime	0,34	0,17	0,05 **	-0,68	0,44	0,12	-0,01	0,45	0,98	-0,14	0,52	0,79
Habitat	0,76	0,12	0,09 *	0,09	0,19	0,63	0,33	0,18	0,06 **	0,41	0,20	0,04 **
Distance	0,00	0,00	0,10 *	0,00	0,00	0,28	0,00	0,00	0,34	0,00	0,00	0,18
Conflit	-0,04	0,40	0,92	0,27	0,42	0,51	-0,47	0,40	0,24	-0,44	0,48	0,36
Revenu	-4,2E-07	5,4E-07	0,435	9,9E-01	5,7E-01	0,082 *	6,0E-07	3,8E-07	0,118	-6,9E-07	5,2E-07	0,181
Recours	-0,304	0,465	0,514	0,002	0	0 ***	0,554	0,433	0,201	0,772	0,516	0,134
Qeau	1,80E-04	4,57E-04	0,693	5,97E-04	4,07E-04	0,142	7,98E-04	4,13E-04	0,053 **	1,56E-03	4,45E-04	0,001 ***
Gout	-0,21	0,25	0,41	0,03	0,24	0,91	0,10	0,25	0,70	0,21	0,35	0,55
Fiabilité	0,11	0,21	0,62	-0,18	0,21	0,38	-0,26	0,22	0,23	-0,31	0,28	0,26
Ressource	-0,30	0,59	0,61	-0,51	0,58	0,38	-0,02	0,60	0,98	-0,75	0,66	0,26
Nbr_enfa	0,91	0,05	0,08	0,10	0,10	0,33	0,00	0,00	0,01 ***	-0,01	0,00	0,01 ***
Temps col	-0,098	0,030	0,001	-0,01	0,01	0,08 *	-0,01	0,01	0,06 *	-0,01	0,01	0,09 *

Note: *** (significatif à 1%), ** (significatif à 5%) et * (significatif à 10%)

4 CONCLUSION

Cette présente recherche dont objectif d'analyser les déterminants d'adoption des stratégies d'approvisionnement en eau potable à Saaba commune rurale du Burkina Faso. Pour ce faire, il a été pris en compte la quantité d'eau consommée par les ménages afin de tenir compte l'intensité d'utilisation des stratégies de ces derniers. Cet article utilise le modèle logit multinomial pour examiner aussi bien les déterminants de l'adoption des stratégies d'approvisionnement en eau potable. En somme quatre stratégies ont été retenues. Il s'agit du traitement de l'eau, l'économie d'eau au sein du ménage, Diversification des sources d'approvisionnement, gestion saine de l'eau à domicile. De l'analyse de nos résultats, il ressort pour la stratégie

relative au traitement de l'eau que le niveau d'éducation, l'âge la taille du ménage, la distance, l'habitat et la taille du ménage influencent positivement la probabilité d'adoption des stratégies portant sur le traitement de l'eau. En ce qui concerne la stratégie relative à l'économie d'eau au sein du ménage, il ressort des résultats de l'estimation que l'habitat, la quantité d'eau consommée, le nombre d'enfant ainsi que le temps de collecte influencent positivement la probabilité d'adoption de cette stratégie. Pour ce qui est de la stratégie portant sur *Diversification des sources d'approvisionnement* l'on note que les variables portant sur le temps de collecte, le recours à d'autres sources d'eau, le revenu, le niveau d'éducation sont entre autres les variables qui influencent positivement la probabilité d'adoption de ladite stratégie. Enfin les variables niveau d'éducation, l'habitat, la quantité d'eau consommée ainsi le nombre d'enfant influencent positivement la probabilité d'adoption de la stratégie concernant la *gestion saine de l'eau à domicile*. L'on note que la variable niveau d'éducation influence la probabilité d'adoption de la quasi-totalité des stratégies adoptées. Cela signifie que plus le ménage est instruit plus il maîtrise les conséquences de la consommation de l'eau non potable. C'est pourquoi les décideurs doivent, mettre l'accent sur l'éducation afin de pouvoir lutter efficacement contre les maladies hydriques qui sont généralement la conséquence de la consommation d'eau non potable.

REFERENCES

- [1] Ahmad, 2005. *Décentralisation et prestation de services*. Publications de la Banque mondiale. vol. 3603. 27 pages.
- [2] Altaf et al (1993). Repenser la politique d'approvisionnement en eau en milieu rural au Pendjab, au Pakistan. *Water Resources Research*, 1993, vol. 29, no 7, p. 1943-1954. <https://doi.org/10.1029/92WR02848>.
- [3] Briscoe, J., de Castro, P. F., Griffin, 1990. Vers un approvisionnement en eau rural équitable et durable: une étude d'évaluation contingente au Brésil. *Revue économique de la Banque mondiale*, vol. 4, no 2, p. 115 à 134. <https://doi.org/10.1093/wber/4.2.115>
- [4] Dufaut, A., 1988. Women carrying water: how it affects their health. *Waterlines*, p. 23-25.
- [5] Kayaga et Sansom, 2003. Payer pour les services d'eau: effets des caractéristiques des ménages. *Utilities Policy*, vol. 11, no 3, p. 123 à 132. [https://doi.org/10.1016/S0957-1787\(03\)00034-1](https://doi.org/10.1016/S0957-1787(03)00034-1).
- [6] Knetsch, J. and Sniden J. 1984. Volonté de payer et rémunération exigée: Preuve expérimentale d'une disparité inattendue dans les mesures de la valeur. *The Quarterly Journal of Economics*, vol 99 no 3, pages 507-521. <https://doi.org/10.2307/1885962>.
- [7] OMS, 2006. Rapport sur la santé dans le monde 2006: Travailler ensemble pour la santé. 248 pages. Editeur: World Health Organization, 2006.
- [8] Meroz, 1968. Analyse quantitative de la demande en eau urbaine dans les pays en développement. n° SWP17. p. 1.
- [9] Razafindralambo, R., 2001. Valeur économique de l'alimentation en eau urbaine: Etude de cas sur l'alimentation en eau de la ville de Fianarantsoa. *Fianarantsoa, Madagascar*. 42 pages.
- [10] Polyzou et al. (2011). Volonté de payer pour l'amélioration de la qualité de l'eau potable et l'influence du capital social. *The Journal of Socio-Economics*, vol. 40, no 1, p. 74-80. <https://doi.org/10.1016/j.socec.2010.06.010>
- [11] Singh et al, 1993. Signification adaptative de l'attractivité physique féminine: rôle du rapport taille-hanches. *Journal of personality and social psychology*, vol. 65, no 2, p. 293. <https://doi.apa.org/doiLanding?doi=10.1037%2F0022-3514.65.2.293>
- [12] Vasquez et al, (2009). Volonté de payer pour de l'eau potable: données probantes de Parral, Mexique. *Journal of environmental management*, vol. 90, no 11, p. 3391-3400. <https://www.academia.edu/download/87875199/j.jenvman.2009.05.00920220622-1-j6efju.pdf>
- [13] Vézina (1992). Incapacité de travail pour des raisons de santé mentale. *Portrait social du Québec: données et analyses*, pages 279-286.
- [14] Whittington et al. (1991). A Study of Water Vending and Willingness to Pay for Water in Onitsha, Nigeria. *World Development* vol 19 (2/3), pages 179-98.
- [15] Whittington, 1990. Articulation et exuviation chez les trilobites cambriens. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London. Série B: Sciences biologiques*, vol. 329, no 1252, p. 27-46. <https://doi.org/10.1098/rstb.1990.0147>.

Influence des fibres de noix de coco sur les propriétés physiques et mécaniques des blocs en terre comprimée stabilisée

[Influence of coconut fibers on the physical and mechanical properties of stabilized compressed earth blocks]

Agbeme Kossivi Eric, P'Kla Abalo, and Kouto Yaovi Agbeko

Laboratoire de Recherche en Science de l'Ingénieur (LARSI), Université de Lomé, BP 1515, Lomé, Togo

Copyright © 2024 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 research aims to determine the influence of coconut fibers from coconut palms on the physical and mechanical properties of compressed and cement-stabilized earth blocks. The study focused on the density, capillary absorption, compressive strength and flexural strength of the blocks. The first part of this study is devoted to the determination of the characteristics of the soil and those of coconut fibres. Five fiber contents (0, 0.1, 0.2, 0.3 and 0.4%) were used and the soil consists of 70% sand and 30% clay silt. Three cement contents were incorporated (2%; 4% and 8%). Two types of specimens are then manufactured by mixing the fibres with the earth-cement matrix: 14x9.5x29.5 cm³ blocks for compression and 4x4x16 cm³ briquettes for bending. The latter are stored away from the sun until maturity. From his studies, it appears that the density of the blocks decreases with increasing fiber content and the opposite is observed with capillary absorption. Overall, the compressive strength decreases with increasing fiber content and increases with cement content. However, the flexural strength increases with the fiber content but within a certain limit: beyond 0.3% fiber, the strength drops.

KEYWORDS: Clay soil, coconut fibres, cement, tensile strength, compressive strength.

RESUME: La présente recherche vise à déterminer l'influence des fibres de noix de coco issus du cocotier sur les propriétés physiques et mécaniques des blocs de terre comprimée et stabilisés au ciment. L'étude s'est focalisée sur la densité, l'absorption capillaire, la résistance à la compression et à la flexion des blocs. La première partie de cette étude est consacrée à la détermination des caractéristiques de la terre et celles des fibres de noix de coco. Cinq teneurs en fibres (0; 0,1; 0,2; 0,3 et 0,4 %) ont été utilisées et la terre est constituée de 70% de sable et 30% de limon argileux. Trois teneurs en ciment ont été incorporées (2%; 4% et 8%). Deux types d'éprouvettes sont ensuite fabriqués en mélangeant les fibres à la matrice terre-ciment: les blocs de dimensions 14x9,5x29,5 cm³ pour la compression et les briquettes 4x4x16 cm³ pour la flexion. Ces derniers sont stockés à l'abri du soleil jusqu'à maturité. De ses études, il ressort que la densité des blocs diminue avec l'augmentation de la teneur en fibre et le contraire est constaté avec l'absorption capillaire. De façon globale, la résistance à la compression décroît avec l'augmentation de la teneur en fibre et croît avec la teneur en ciment. Cependant, la résistance à la flexion augmente avec la teneur en fibres mais dans une certaine limite: au-delà de 0,3% de fibres, la résistance chute.

MOTS-CLEFS: Terre argileuse, fibres de coco, ciment, résistance à la traction, résistance à la compression.

1 INTRODUCTION

La terre a été de tout temps un matériau de construction très accessible. Son utilisation, simple et économique, présente de nombreux avantages qui la rendent particulièrement intéressante pour obtenir des logements écologiques, esthétiques et

de confort. Il s'agit d'un matériau utilisé depuis des milliers d'année dans de nombreux endroits dans le monde. Aujourd'hui, il est encore en usage dans de nombreux pays. Au fil de l'évolution scientifique, des chercheurs ont fait recours à plusieurs adjuvants pour améliorer les qualités physiques et mécaniques des blocs de terre [1], [2], [3]. D'autres études ont montré que, le mélange de la terre à des fibres naturelles permet de réduire la fissuration due au retrait, d'améliorer la durabilité et les propriétés mécaniques mais aussi d'augmenter l'inertie thermique [4], [5], [6]. S'il a été prouvé, dans des études plus récentes et dans certaines limites, que l'ajout de fibres de palmier dattier ou encore les fibres de sisal à la terre améliore la résistance à la compression des blocs [7], [8], [9]. On peut formuler l'hypothèse selon laquelle les fibres végétales ont une influence sur les propriétés mécanique des blocs de terre.

Au Togo, on note sur l'étendue du territoire une forte présence de cocotier (*Cocos nucifera*). Ce dernier est cultivé pour son drupe (noix de coco). Après consommation de son fruit, les résidus (cosses de coco) sont généralement entassés en dépotoirs sauvages ou encore brûlés pour le feu de cuisson ou utilisé pour des fins dérisoires. Dans une approche de recyclage et de valorisation des ressources locales naturelles, les fibres des cosses de coco ont été extraites et utilisées pour armer des blocs de terre, dans le but d'étudier leur influence sur les propriétés physiques et mécaniques de ces blocs.

2 MATÉRIEL ET MÉTHODE

La terre utilisée provient du gisement argileux de Noépé, une carrière située au Nord-ouest de Lomé, la capitale du Togo. L'essai d'identification chimique révèle qu'il s'agit principalement du Silicate d'Alumine SiO_2 (81,0%), Al_2O_3 (8,9%), Fe_2O_3 (2,8%) et les essais de caractérisation révèlent qu'il s'agit d'une terre sablo-argileuse peu plastique et relativement propre.

Tableau 1. *Caractéristiques de la terre argileuse naturelle*

Teneur en sable	58,99
Teneur en limon	2,62
Teneur en argile	38,39
Masse volumique absolue	2.65
Masse volumique apparente	1.24
Limite de liquidité	60.29
Limite de plasticité	20.13
Indice de plasticité	39.98
Valeur de bleu de méthylène	1,56
Teneur en matière organique	0,27%
Teneur en eau naturel	11%

La terre naturelle étant trop argileuse, cette dernière a subi un amendement par ajout de sable alluvionnaire dont les caractéristiques sont données au tableau 2. La figure 1 présente l'analyse granulométrique de la terre à l'état naturel, celle du sable alluvionnaire et de la terre obtenue après amendement.

Tableau 2. *Caractéristiques du sable alluvionnaire*

Masse volumique réelle (Kg/m^3)	Masse volumique apparente (Kg/m^3)	Equivalent sable (%)	Module de finesse
2570	1440	96	2,72

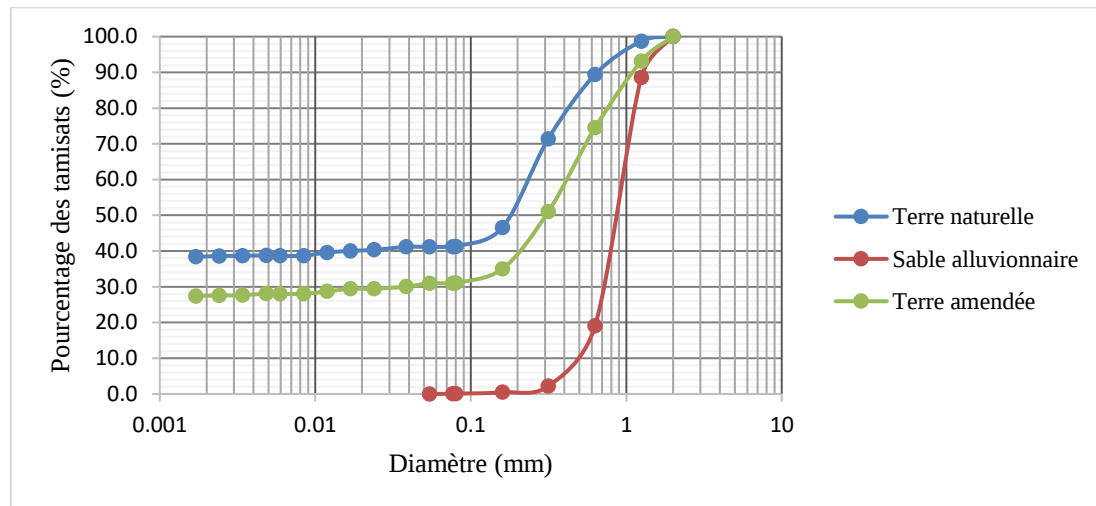


Fig. 1. Analyses granulométriques

La figure 2 et le tableau 3 ci-dessous présentent respectivement les fibres extraites ainsi que leurs caractéristiques.



Fig. 2. Fibres extraites

Tableau 3. Caractéristiques des fibres

Caractéristiques	Valeur
Longueur maximale (cm)	12
Longueur découpée (cm)	0 - 6
Masse volumique (g/cm ³)	1,25
Taux d'absorption d'eau (%)	163
Diamètre (mm)	0 – 0,1
Resistance à la traction (Mpa)	122 - 133

Le ciment utilisé est du portland CPJ 45 de production CIMTOGO, une des cimenteries du Togo. Ce dernier et les fibres sont dosés en pourcentage massique de la terre sèche. Les taux de ciment retenus sont 2%, 4% et 8%. Le taux de fibres varie de 0 à 0,4% à pas de 0,1% (tableau 4).

Tableau 4. Composition des mélanges

Terre amendée (g)	% Fibres	Masse fibres (g)	% de Ciment	Masse de ciment (g)	Masse d'eau (g)
30000	0%	0	2%	600	2430
30000	0,10%	30			2430
30000	0,20%	60	4%	1200	2430
30000	0,30%	90	8%	2400	2430
30000	0,40%	120			2430

Les blocs de compression de dimensions (14x9,5x29,5 cm³) sont fabriqués à l'aide d'une presse Terstaram et ceux de la flexion à l'aide de moules 4x4x16 cm³. Ces derniers sont conservés dans un laboratoire sec et protégé de l'ensoleillement. La température journalière de conservation sur la durée de cure est de 28 à 29°. Les blocs sont pesés tous les jours et la maturité est atteinte lorsque deux pesages successifs sur un intervalle de 24 h fait ressortir une perte de masse inférieure à 0,1% [9].



Fig. 3. Blocs 14x9,5x29,5 cm³



Fig. 4. Briquettes 4x4x16 cm³

Les essais de caractérisation réalisés sur les blocs sont la densité, la mesure de l'absorption capillaire, la résistance à la compression et à la traction par flexion.

DENSITÉ

L'essai consiste à peser chaque échantillon de chaque formulation et à déterminer la masse volumique apparente. M : masse de l'éprouvette et v son volume.

$$\rho = \frac{M}{v} \quad (1)$$

CAPILLARITÉ

L'absorption capillaire est mesurée par le coefficient d'absorption (C_b), donnée par la formule ci-après.

$$C_b = \frac{100(M_1 - M_0)}{S\sqrt{t}} \quad (2)$$

C_b : coefficient d'absorption;

M_0 : Masse sèche du bloc;

M_1 : masse du bloc après l'essai;

t : durée de l'essai;

S : surface de la face immergée.

COMPRESSION

La résistance nominale en compression simple est déterminée selon la norme XP P 13-901. Elle est donnée par la formule ci-après.

$$R_c = 10 \frac{F}{S} \quad (3)$$

R_c : résistance à la compression;

F : Charge de rupture de l'éprouvette;

S : Surface moyenne des faces de l'éprouvette.

FLEXION

A la rupture de l’éprouvette, la contrainte de flexion est donnée par la formule ci-dessous.

$$R_f = \frac{3}{2} \left(\frac{L.F}{b.h^2} \right) \quad (4)$$

F: force de rupture,
L: la longueur,
l: la largeur,
h: épaisseur.

3 RÉSULTATS ET DISCUSSIONS

La figure 5 présente les résultats de mesure de la densité

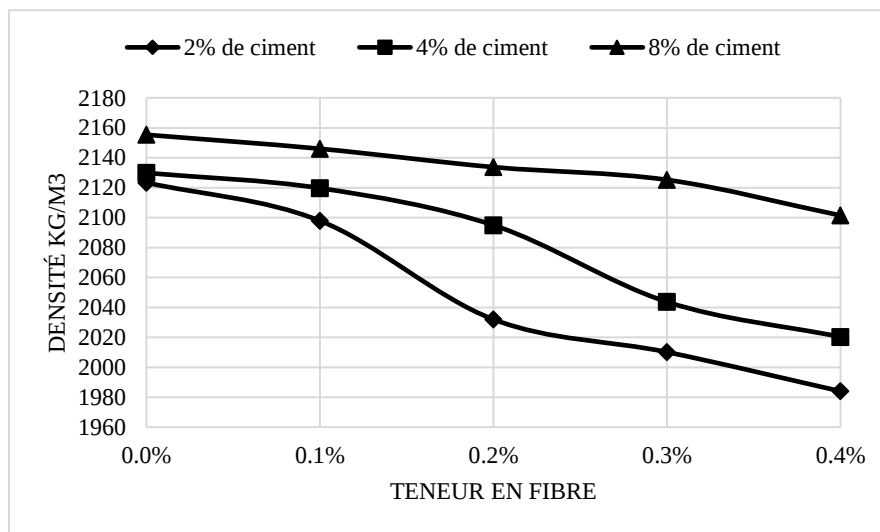


Fig. 5. Densité

L’analyse des résultats révèle que la densité des blocs diminue avec l’augmentation de la teneur en fibre incorporée. Ceci s’explique par la légèreté et la faible densité des fibres. Cependant, la densité croît avec la teneur en ciment. Les blocs à 8% de ciment sont plus denses que ceux contenant moins. En comparaison, ces valeurs sont plus élevées que celle des blocs armés de fibres de bambou (1490 -1560 kg/m³) et celle de la terre battue (1700 kg/m³), elles sont proche de celle du pisé (1990 - 2160 Kg/m3) [10], [11].

La figure 6 présente les résultats de l’absorption d’eau.

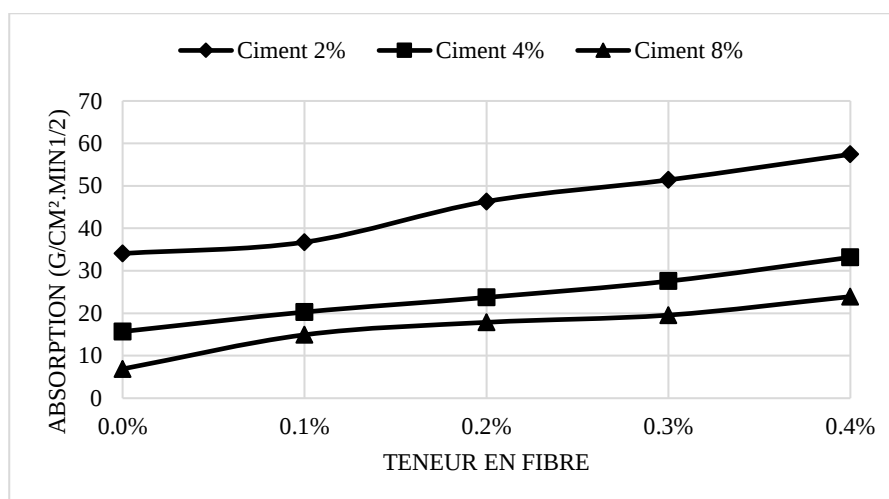


Fig. 6. Absorption capillaire

Il ressort de l'analyse des courbes que l'absorption capillaire des blocs augmente avec la teneur en fibres. Les fibres entraînent une augmentation de la porosité des blocs car ces derniers occupent de plus en plus de place dans la matrice. Le contact fibre-fibre s'intensifie à cet effet créant donc plus de vide et favorisant l'absorption. On constate que l'absorption diminue néanmoins avec le taux de ciment. La cohésion apportée par le ciment a un impact positif sur le réseau poreux des blocs.

Les résultats de mesure de la résistance à la compression sont illustrés sur la figure 7.

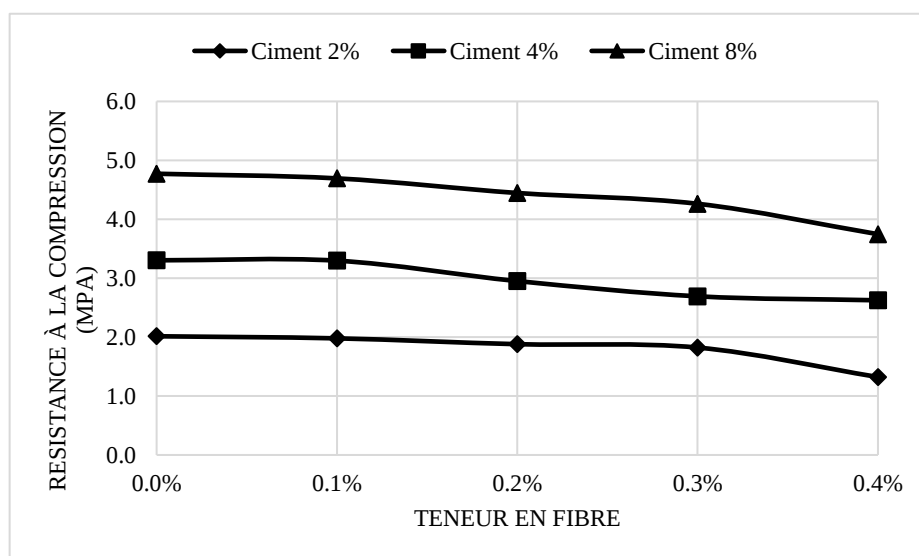


Fig. 7. Résistance à la compression

Les résultats obtenus de l'essai de compression sur les blocs montrent que la résistance décroît avec l'augmentation de la teneur en fibre et croît avec le taux de ciment. Plus la quantité de fibres devient importante, moins les blocs résistent. Ce comportement s'explique par l'intensification du contact fibre-fibre qui est la conséquence de l'augmentation du pourcentage de fibres incorporées. Ceci entraîne une chute progressive de l'adhérence et de la mouillabilité entre les fibres et la matrice argileuse, entraînant une fragilisation des blocs [12].

Les résultats de la résistance à la flexion sont illustrés sur la figure 8.

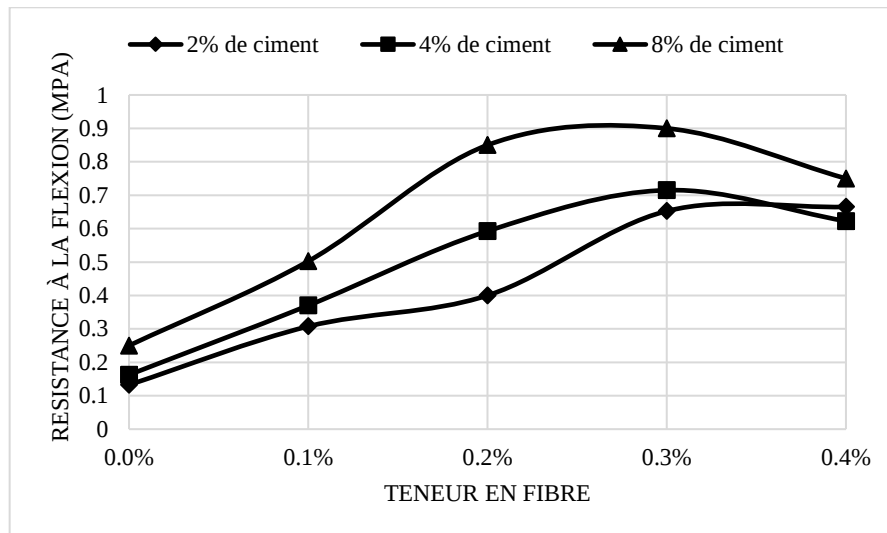


Fig. 8. *Resistance à la flexion*

De l'analyse des résultats obtenus de l'essai de flexion, on constate que la résistance des éprouvettes augmente avec la teneur en fibres. En effet, on remarque de façon globale un pique entre 0,2 et 0,3% de fibres pour les trois courbes. Ce résultat s'explique par la croissance des fibres qui permet aux éprouvettes de résister à la fracture à travers la bonne résistance des fibres vis à vis de la traction. La chute observée à 0,4% de fibres pour les courbes s'explique par la présence élevée des fibres dans la matrice argileuse. En effet, une forte présence de fibres dans le composite entraîne une diminution de la mouillabilité entre la matrice et les fibres et une augmentation du contact entre la matière végétale créant par endroit des nodules qui se traduisent en zones de faiblesse mécanique.

4 CONCLUSION

L'objectif de ce travail est d'étudier l'influence des fibres extraites de la noix de coco sur le comportement physique et mécanique des blocs de terre comprimée et stabilisée. Des résultats obtenus, il ressort que:

- L'absorption capillaire des blocs augmente avec la teneur en fibres et diminue avec la stabilisation au ciment, témoignant l'effet du ciment sur le réseau poreux des blocs;
- La résistance à la compression décroît avec l'augmentation de la teneur en fibre et croît avec le taux de ciment;
- La résistance à la flexion des éprouvettes augmente avec la teneur en fibres, ceci dans les limites observées. En dehors de ces limites, la résistance chute.

REFERENCES

- [1] H. HOUBEN, V. RIGASSI and P. GARNIER, *Compressed Earth Blocks. Production Equipment*, 2nd ed. Bruxelles, (1996).
- [2] R. M. ROWELL, «Characterization and factors effecting fiber properties»; *Nat. Polym. agrofibers based Compos*, 2000 (2000).
- [3] I. SAADI AND R. BELOUTTAR, « Comportement mécanique des briques de terre crue renforcées par des fibres de palmier dattier et des fibres de paille, in Séminaire International, Innovation & valorisation en génie civil & matériaux de construction», (2009) 1 -5 p.
- [4] R. N. SWAMY, «Vegetable fiber reinforced cement composites-a false dream or a potential reality, in *Vegetable Plants and their Fibers as Building Materials: Proceedings of the Second International RILEM Symposium*» Routledge, London, (1990).
- [5] M. NGOULOU, R. G. ELENGA, L. AHOUE, S. BOUYILA and S. KONDA, «Modeling the Drying Kinetics of Earth Bricks Stabilized with Cassava Flour Gel and Amylopectin»; *Geomaterials*, 09 (2019) 40 -53 p.
- [6] A. MESBAH, J. C. MOREL, P WALKER and K. GHAVAMI, Development of a Direct Tensile Test for Compacted Earth Blocks Reinforced with Natural Fibers, *J. Mater. Civ. Eng.*, 16 (2004) 95 -98 p.
- [7] K. V. MAHESHWARI, A. K. DESAI and C. H. SOLANKI, «Performance of fiber reinforced clayey soil, *Electron. J. Geotech. Eng.*, 16 (2011) 1067 -1082 p.

- [8] B. TAALLAH, « Effet de la teneur en fibres de palmier dattier et de la contrainte de compactage sur les propriétés des blocs de terre comprimée », (2014), pp.45-51.
- [9] Norme XP P13-901 « Blocs de terre comprimé pour murs et cloisons », Normalisation française; Octobre 2001.
- [10] Dieudonné ABESSOLO et al, « Effets de la longueur et de la teneur des fibres de bambou sur les propriétés physicomécaniques et hygroscopiques des Blocs de Terre Comprimée (BTC) utilisés dans la construction »; 16 (4) (2020) 13 – 22.
- [11] BIU Quoc-Bao, « Stabilité des structures en pisé: Durabilité, caractéristiques mécaniques »; Thèse de Doctorat 2008, INSA de Lyon.
- [12] DJOHORE Ange Christine, « Effet de l'addition de fibres de coco traitées à la potasse sur les propriétés mécaniques des matériaux de construction à base d'argile – ciment », European Scientific Journal December 2018 edition Vol.14, No.36 ISSN: 1857 – 7881 (Print) e - ISSN 1857- 7431.

Typologie des systèmes de culture du sésame (*Sesamum indicum* L.) dans la région Est du Burkina Faso, Afrique de l'Ouest

[Typology of sesame (*Sesamum indicum* L.) cropping systems in eastern region of Burkina Faso, West Africa]

Adama Siri^{1,2}, Jean Ouedraogo², Abdramane Sanon³, Faki Chabi¹, Félix Alladassi Kouelo^{4,5}, Idriss Sermé², Guillaume Lucien Amadjé⁶, Gustave Dagbenonbakin⁷, and Aliou Saïdou¹

¹Université d'Abomey-Calavi, Faculté des Sciences Agronomique, Unité de Recherche sur la Gestion Intégrée des Sols et des Cultures, Laboratoire des Sciences du Sol, 01 BP 526 Recette Principale, Benin

²Centre National de la Recherche Scientifique et Technologique (CNRST), Institut de l'Environnement et de Recherches Agricoles (INERA), 04 BP: 8645, Burkina Faso

³Université Nazi Boni de Bobo-Dioulasso, Institut du Développement Rural, Laboratoire d'étude et de recherche sur la fertilité du sol, 01 BP 1091. Bobo Dioulasso 01. Burkina Faso

⁴Université d'Abomey-Calavi, Faculté des Sciences Agronomique, Département de Production Végétale, Laboratoire de Microbiologie des Sols et d'Ecologie Microbienne, 01 BP 526 Recette Principale, Cotonou, Benin

⁵Université d'Abomey-Calavi, Faculté des Sciences Agronomique, École des Sciences et Techniques de Production Végétale, Laboratoire des Sciences du Sol, 01 BP 526 Recette Principale, Benin

⁶Université d'Abomey-Calavi, Faculté des Sciences Agronomique, Laboratoire des Sciences du Sol, 01 BP 526 Recette Principale, Benin

⁷Institut National de la Recherche Agronomique, Centre de Recherche Agricole d'Agonkanmey, Laboratoire d'Appui à l'Amélioration de la Santé des Sols, de la qualité des Eaux et de la Sauvegarde de l'Environnement, du Bénin, 03 BP 884 Cotonou, Benin

Copyright © 2024 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: Sesame (*Sesamum indicum* L.) is an important cash crops that generates substantial income for producers in eastern region of Burkina Faso. Although sesame production has increased during this decade, but the yields remained low. The present study aims to improve sesame productivity, through determination of its cropping system in three agro-climatic zones of Burkina Faso. A survey was carried out on a sample of 300 producers in six communes (Bogandé, Mani, Diabo, Tibga, Pama and Kompienga) in eastern zones of Burkina Faso. A semi-structured questionnaire was used to collect information quantitative and qualitative information. Results of the Ascending Hierarchical Classification showed three types of cropping system in the study area. A semi-intensive system (SCS1) with highest yields (358.17 ± 131.7 kg/ha) in the Sahelian and South Sudanian zone, and two extensive systems (SCS2 and SCS3) in the North Sudanian zone and South Sudanese zone. All of these different cropping systems are characterized by the cropping practices especially, the types of seeds used, the sowing method, the weeding method, soil fertility management, the level of education of farmer and sesame yield recorded. The study allowed to establish the typology of sesame-based cropping system in the study area, an important tool for the development of the sesame sector and technology adaptation for improving productivity.

KEYWORDS: Soil fertility, oilseed plant, production system, orphan crop, agro-climatic zones.

RESUME: Le sésame (*Sesamum indicum* L.) est une culture de rente importante qui génère des revenus substantielles aux producteurs de l'Est du Burkina Faso. Bien qu'il connaisse une croissante production au cours de cette décennie, ses rendements demeurent par contre faibles. La présente étude vise à améliorer la productivité de la culture, à travers la détermination des systèmes de culture dans trois zones agro-climatiques de production du sésame au Burkina. Pour cela, une enquête a été réalisée sur un échantillon de 300 producteurs dans six communes (Bogandé, Mani, Diabo, Tibga, Pama et Kompienga) de l'Est du Burkina. Un questionnaire semi-structuré a été utilisé pour la collecte des informations qualitatives et quantitatives sur les pratiques culturales du sésame. La Classification Ascendante Hiérarchique a permis d'identifier trois systèmes de culture. Un système semi-intensif (SCS1) ayant les rendements les plus élevés ($358,17 \pm 131,7$ kg/ha) dans la zone sahélienne et sud-soudanienne, et deux systèmes extensifs (SCS2 et SCS3) dans la zone nord soudanienne et sud-soudanienne. L'ensemble de ces différents systèmes se distinguent par les pratiques culturales notamment, les types de semences utilisées, le mode de semis, l'entretien des cultures, le mode de gestion de la fertilité des sols, le niveau d'instruction scolaire et le niveau de rendement de la culture. L'étude a permis d'établir la typologie des systèmes de culture à base de sésame dans la zone d'étude, un important outil pour le développement de la filière sésame et l'adaptation des technologies d'amélioration de la productivité.

MOTS-CLEFS: Fertilité des sols, plante oléagineuse, systèmes de production, culture orpheline, zones agro-climatiques.

1 INTRODUCTION

Le sésame (*Sesamum indicum* L.) est une plante annuelle oléagineuse figurant parmi les plus anciennes cultures de l'humanité et très cultivé dans de nombreux pays tropicaux et subtropicaux de l'Asie et d'Afrique [1]. C'est une plante oléagineuse à usage multiples dont les graines, l'huile et le tourteau font l'objet d'un commerce international en plein essor [1]. Sur la décennie 2008-2018 le volume de production au plan mondial a augmenté de 26%, passant de 5 015 600 à 6 314 700 t [2]. Les superficies emblavées ont connu également un accroissement de 19% pendant cette même décade avec toutefois un rendement moyen à l'hectare toujours faible (596 kg ha^{-1}) [3].

Au Burkina Faso, le sésame est cultivé depuis le début du 20^{ème} siècle et entrainé dans les rotations de culture avant le développement de la culture du coton [4]. Actuellement, le sésame constitue au côté des cultures oléagineuses (karité, coton et arachide), les produits d'exportation du Burkina Faso. Le sésame représente le troisième produit d'exportation agricole du pays, après les petits et gros ruminants et surtout le coton qui, avec 60% des recettes d'exportation, représente la principale culture de rente du pays [5]. La production nationale au cours de la période 2016-2020, a varié de 163 920 tonnes à 384 614 tonnes [6]. Malgré cette importance socioéconomique et en dépit de certaines actions de recherche menées [7-9] pour l'essor de la filière, on assiste toujours à une faible productivité du sésame au Burkina Faso [10]. En effet, l'augmentation de la production est presque uniquement le fruit de l'extension des superficies cultivées, les rendements par contre, n'ont pas beaucoup évolué et se situent entre 300 et 350 kg ha^{-1} [4]. Cela pourrait accélérer suite à une diminution importante des jachères et une intensification des défrichages.

Actuellement, le sésame est l'une des principales cultures de rente au Burkina Faso en pleine expansion, elle est pourtant sujette à de nombreuses contraintes, notamment sa faible productivité dans les exploitations agricoles [10]. Les systèmes de culture se définissent par la nature des cultures, leur ordre de succession et les itinéraires techniques appliqués. Les systèmes de culture à base de sésame sont jusqu'à présent peu caractérisés, toutefois, l'on note une dominance de la production traditionnelle du sésame dans les exploitations sur l'ensemble du territoire, allant des zones les plus sèches aux plus humides [4]. Par ailleurs, les conséquences de la non maîtrise de la typologie des systèmes de production à base de sésame se traduisent par un faible niveau d'utilisation ou d'adoption des pratiques agricoles recommandées [10]. Pour cela, une meilleure connaissance des typologies d'exploitation agricole permet de définir des groupes cibles d'exploitation, de comparer ces exploitations pour des interventions efficaces [11]. Il est important d'approfondir les investigations pour mieux circonscrire les différents types d'exploitation à base de sésame au Burkina Faso. En effet une meilleure connaissance des typologies d'exploitation agricole permet de définir des groupes cibles d'exploitation, de comparer ces exploitations pour des interventions efficaces [11]. Ceci est nécessaire afin de parvenir à l'amélioration de la productivité de la culture.

Pour y parvenir, il est apparu nécessaire de caractériser les différentes exploitations cultivant le sésame et la détermination de la typologie des systèmes de culture dans les différentes zones agro-climatiques de la région Est du Burkina Faso. Cette étude permettra de mieux cerner les principaux facteurs qui limitent la production de la culture.

Les objectifs de l'étude étaient: i) d'établir la typologie des systèmes de culture de sésame sur la base des pratiques culturales et les caractéristiques socio-économiques des producteurs et ii) de proposer un outil d'aide à la décision et de choix raisonné pour une amélioration de la productivité du sésame en milieu paysan. A cet effet, l'hypothèse formulée est qu'il existe dans la zone d'étude une diversité des systèmes de culture à base de sésame, qui se distingue par les pratiques culturales notamment les pratiques de gestion de la fertilité du sol et de l'utilisation des variétés améliorées pour l'accroissement de la productivité du sésame.

2 MATERIEL ET METHODES

2.1 DESCRIPTION DU MILIEU DE L'ÉTUDE

La présente étude a été menée dans la région de l'Est du Burkina (12° 15' Nord, 1° 00' Est) et a concerné l'ensemble des zones agro-climatiques. Six communes ont été concernées de sorte à couvrir les trois zones agro-climatiques de la région. Il s'agit des communes de Bogandé, Mani, Diabo, Tibga, Pama et Kompienga (Figure 1) grandes zones de production du sésame [6]. Elles ont été identifiées sur la base des données de l'enquête permanente agricole de la Direction Régionale en charge de l'agriculture de la région de l'Est sur la base des informations recueillies lors de la phase exploratoire. La zone sud-soudanienne, assez réduite, est située au sud du parallèle 11°30' avec une pluviométrie annuelle moyenne comprise entre 900 et 1 200 mm et une saison des pluies de six mois [12]. Elle correspond à la partie sud des provinces de la Kompienga et de la Tapoa. Les sols dominants sont les luvisols et les vertisols [13]. La zone nord-soudanienne par contre, comprend le sud des provinces de la Gnagna et de la Komondjari, ainsi que les provinces du Gourma et une grande partie de la province de Tapoa. Elle est située entre les parallèles 11°30' et 14°00'N, avec une pluviométrie annuelle moyenne comprise entre 600 et 900 mm, répartie sur quatre à cinq mois [12]. Les principaux types de sols rencontrés sont les luvisols et les regosols avec la présence de vertisols moyennement représentés [13]. Enfin, la zone sahélienne située au nord avec une pluviométrie annuelle moyenne comprise entre 300 et 600 mm répartis sur trois mois [12]. Elle correspond au nord des provinces de la Gnagna et de la Komondjari. Les types sols dominant sont les regosols et la présence de cambiosols dans une moindre mesure [13].

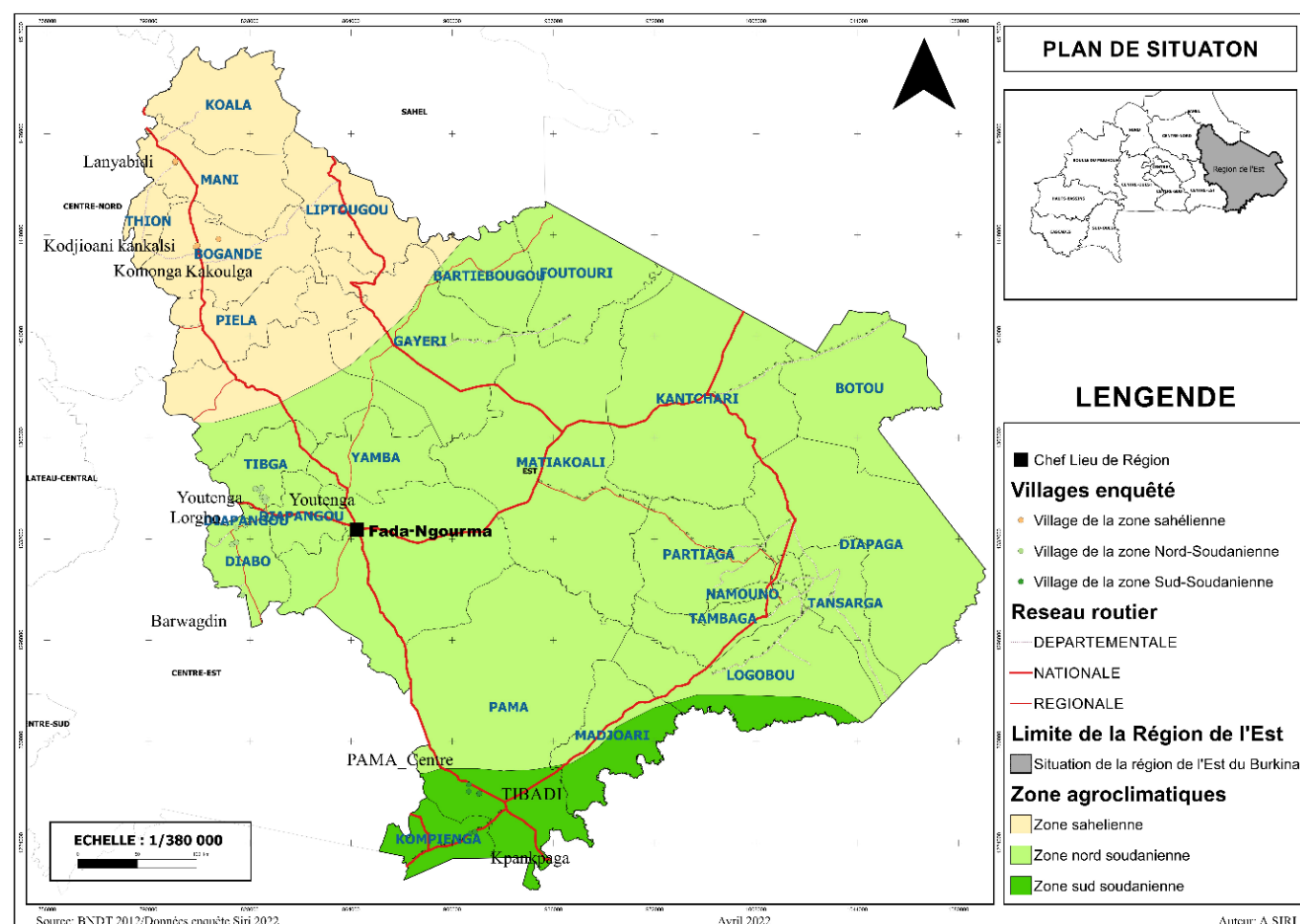


Fig. 1. Cartes des zones agro-climatiques, des communes et des villages enquêtés

2.2 ÉCHANTILLONNAGE ET COLLECTE DES DONNÉES

La taille de l'échantillon d'étude a été déterminée à travers la distribution binomiale de [14] suivant la formule:

$$N = (1-p) (U1-\alpha/2) / d^2$$

Avec :

$U_{1-\alpha/2}$ la valeur de la variable aléatoire normale pour la valeur de probabilité de $1-\alpha/2$, α étant le risque d'erreur. Pour $\alpha = 5\%$ ($1\% \leq d \leq 15\%$), la probabilité $1-\alpha/2 = 0,975$ et on a :

$U_{1-\alpha/2} = 1,96$. p est la proportion estimée de personnes qui pratiquent la production de sésame dans la zone d'étude. La marge d'erreur d'estimation (d) retenue dans cette étude est de 5%.

Au total, 288 personnes ont été échantillonnées. Dans l'optique de minimiser ou de garder la marge d'erreur en cas d'indisponibilité ou des données manquantes qui surviendraient dans la collecte de données, 300 producteurs ont été enquêtés à raison de 100 producteurs par zone agro-climatique. Dans l'échantillonnage, nous avons œuvré à ce que l'enquête soit exhaustive et inclusive en prenant en compte les diversités existantes (genre, catégories socioculturelles, groupe socio-professionnel).

L'approche méthodologique est basée sur une enquête auprès des producteurs de sésame dans les différentes zones de production. Un questionnaire semi-structuré portant les caractéristiques sociodémographiques des producteurs (sexe, âge, nombre d'actif de l'exploitation, niveau d'éducation) et technico-économiques des parcelles (superficies, nombre d'animaux de trait, rendement grain de sésame, recettes monétaires annuelles) ainsi que le système de culture de sésame (variétés de sésame cultivée, mode de semis, entretien des cultures, type de terre affectées à la culture de sésame, gestion de la fertilité des sols). L'application Open Data Kit Collect (ODK) a été utilisée pour la collecte des données. Les données sont ainsi consolidées systématiquement sur la plateforme Kobotoolbox à travers un compte d'utilisateur préalablement créé. Cette méthode a permis de garantir la qualité des données collectées, de renforcer la fiabilité, la synchronisation et la consolidation automatique des données au fur et à mesure de l'avancée de l'enquête sur le terrain. Les échanges ont consisté en un dialogue direct à travers un jeu de questions-réponses avec chaque producteur.

2.3 ANALYSE STATISTIQUE DES DONNÉES

Les données collectées ont été soumises à une Classification Ascendante Hiérarchique (CAH) en utilisant le logiciel XLSTAT version 2016 en vue d'obtenir des classes des producteurs. La CAH qui est une méthode de classification itérative, ces regroupements successifs ont permis d'obtenir un arbre binaire de classification, le dendrogramme, dont la racine correspond à la classe regroupant l'ensemble des individus. Une analyse de la variance suivie du test de comparaison multiple de Student Newman Keul a été réalisée sur les variables quantitatives suivant les systèmes de culture. Ces variables quantitatives sont: le nombre d'année dans la production du sésame (ancienneté du producteur), le nombre d'actif de l'exploitation, la superficie emblavée pour la production du sésame, le rendement grain ($\text{kg} \cdot \text{ha}^{-1}$) et la recette monétaire annuelle (CFA) issue de la production du sésame. Enfin, des fréquences ont été calculées pour les systèmes retenus par zone agro-climatique afin de déterminer la dominance de chaque système au sein des différentes zones agro-climatiques.

3 RÉSULTATS

3.1 TYPOLOGIE DES SYSTEMES DE CULTURES DU SESAME

La Classification Ascendante Hiérarchique a permis de générer trois systèmes de cultures (Figure 1). Le type SCS1 est fortement dominé par des femmes (71%) et des producteurs alphabétisés. Les producteurs de cette classe possèdent au moins une paire d'animaux de trait pour les travaux de labours et d'entretien des cultures. Également, ces producteurs cultivent le sésame en culture pure sur des terres fertiles. Ils utilisent des semences améliorées (variété S42), effectuent des semis en ligne et assurent au moins deux sarclages pour entretenir les cultures durant le cycle de production. La majorité (64 %) des producteurs de cette classe utilise le fumier et les résidus de récolte comme amendement des sols et 28% des producteurs de cette classe utilisent l'engrais minéral (NPK 14-23-14-6S-1B) en combinaison avec l'engrais organique.

La classe SCS2, regroupe les producteurs qui sont en majorité (75%) des hommes non scolarisés (68%) et possédant au moins une paire d'animaux de trait pour les travaux de labours et d'entretien des cultures. Les producteurs de cette classe n'utilisent pas de semence de variétés améliorées de sésame et la culture de sésame est faite sur des sols pauvres et abandonnées. En majorité, 67 % des producteurs de cette classe n'utilisent pas d'engrais pour fertiliser les parcelles de sésame.

Le type SCS3 par contre, est constitué de producteurs à dominance homme (77%) et non scolarisé (69%). Ces producteurs n'utilisant pas des semences de variétés améliorées et choisissent de produire le sésame sur des terres pauvres ou abandonnées. Également le semis à la volée est le mode dominant dans ce groupe. Dans leur grande proportion (88%) de producteurs de ce groupe ne fertilise pas leur sol pour la production de sésame.

Le type SCS1 regroupe un nombre d'actifs significativement ($P < 0.001$) élevé pour la production agricole. Les plus grandes superficies emblavées pour la culture du sésame sont constatées chez les producteurs du système SCS2 ($2,32 \pm 8,57 \text{ ha}$). Par ailleurs, on note que les rendements grains de sésame les plus élevés sont observés chez les producteurs du type SCS1 ($358,17 \pm 131,7 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$) et les plus faibles sont observés chez les producteurs du type SCS3 ($162,37 \pm 121,79 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$). En outre, les résultats du Tableau 2, montrent que les

recettes monétaires annuelles les plus élevées issues de la commercialisation du sésame sont obtenues par les producteurs du type SCS2 ($241\,465 \pm 218\,088$ FCFA) et les plus faibles chez les producteurs du type SCS1 ($94\,494 \pm 129\,375$ FCFA).

Dendrogramme

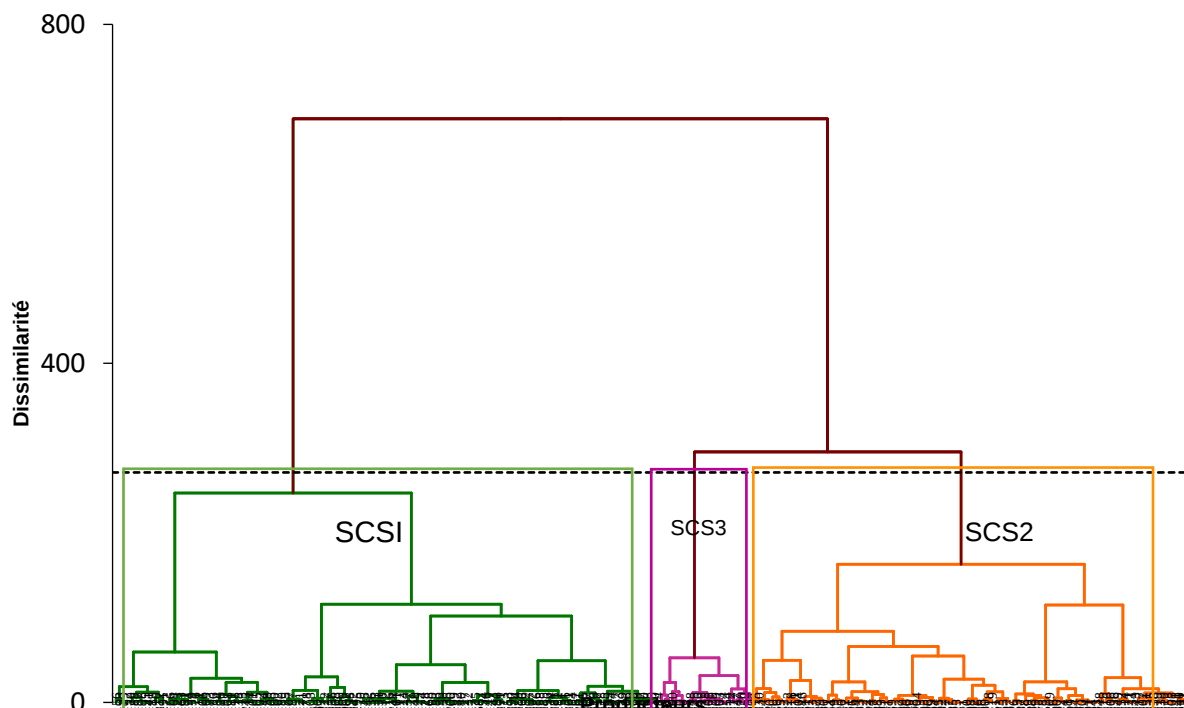


Fig. 2. Dendrogramme relatif au regroupement des paysans

Tableau 1. Typologie des systèmes de culture à base de sésame et caractéristiques socio-économiques associées dans la zone Est du Burkina Faso

Type de système de culture de sésame	Système 1	Système 2	Système 3
Caractéristiques socio-économiques	Femme (71%) et homme (29%)	Homme (75%) Femme (25%)	Homme (77%) Femme (23%)
	36≤âge≤50	36≤âge≤50	36≤âge≤50
	Alphabétisé (82%)	Non scolarisé (68%)	Non scolarisé (69%)
	Possède au moins 1 paire d'animaux de trait	Possède au moins 1 paire d'animaux de trait	Possède au moins 1 paire d'animaux de trait
Caractéristiques techniques de culture	Cultivé en culture pure	Cultivé en culture pure	Cultivé en culture pure
	Cultivé sur les terres fertiles	Cultivé sur les terres pauvres	Cultivé sur les terres pauvres
	Utilisation de variété améliorée	Utilisation de semence locale	Utilisation de semence locale
	Semis en ligne	Semis en ligne	Semis à la volée
	Effectue 2 sarclages	Effectue 2 sarclages	Effectue 1 sarclage
	Gestion de la fertilité : Apport uniquement de la matière organique (64%) ; Apport du NPK et de la matière organique (28%) ; Apport uniquement du NPK (3%) ; Aucun apport (5%)	Gestion de la fertilité : Aucun apport de fertilisant (67%) ; Apport uniquement de la matière organique (25%) Apport uniquement du NPK (6%) Apport du NPK et de la matière organique (2%)	Gestion de la fertilité : Aucun apport de fertilisant (88%) Apport uniquement de la matière organique (12%)

Tableau 2. Analyse de la variance sur les variables quantitatives considérant les systèmes

Variable	Système 1 (SCS1)	Système 2 (SCS2)	Système 3 (SCS3)	Moyenne	Probabilité
Nombre d'année d'expérience (année)	6,24 ± 5,18	7,84 ± 4,24	7,38 ± 4,98	6,99 ± 4,83	0,02*
Nombre d'actif agricole	5,43 ± 2,53	3,60 ± 1,67	2,80 ± 1,09	4,46 ± 2,34	0,001***
Superficie (ha)	0,80 ± 0,5	2,32 ± 8,57	0,87 ± 0,78	1,42 ± 5,53	0,068 ns
Rendement grain (kg.ha ⁻¹)	358,17 ± 131,7	273,1 ± 137,78	162,37 ± 121,79	306,43 ± 146	0,001***
Recettes monétaires annuelles (CFA)	172 952 ± 143 784	241 465 ± 218 088	94 494 ± 129 375	194 085 ± 182 026	0,001***

*** = (P<0.001). ** = (P<0.01). * = (P<0.05). ns = Not Significant.

3.2 REPARTITION SPATIALE DES PRODUCTEURS DE SÉSAME

La Figure 2 présente la répartition des producteurs de sésame selon les zones agro-climatiques. Les systèmes de culture SCS2 et SCS3 sont plus représentés respectivement avec un taux de 85% et de 10% dans la zone nord soudanienne. Dans la zone sahélienne, le système de culture SCS1 est le plus rencontré (95%). Enfin, au niveau de la zone sud soudanienne les systèmes de culture SCS1 et SCS2 sont dominant (51% et 32% des producteurs enquêtés respectivement).

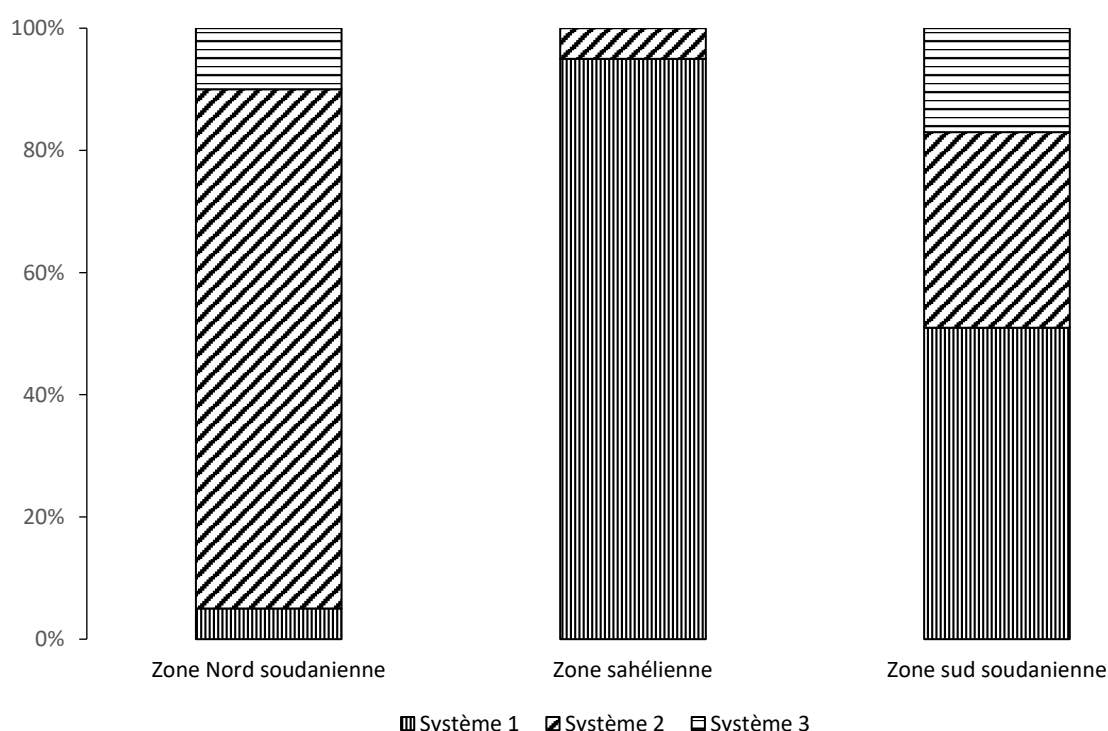


Fig. 3. Caractérisation des producteurs de chaque système de culture selon les zones agro-climatiques

4 DISCUSSION

L'étude de la typologie des systèmes de culture à base de sésame dans la région de l'Est du Burkina a montré qu'il en existe trois types. Les critères utilisés dans le cadre de la présente étude comportent entre autre: le type de terre réservée à la production de sésame, les variétés semées, le mode de semis, le nombre de sarclage, le mode de gestion de la fertilité des sols, notamment les pratiques de la fumure minérale et/ou organique et les caractéristiques socioéconomiques des producteurs (nombre d'actif agricole, le sexe, l'âge, l'ancienneté dans la culture de sésame, le niveau d'instruction et le montant des recettes monétaires annuelles issues de la production du sésame). En effet, [15] ont montré que la typologie des exploitations agricoles basée sur les variables les plus discriminantes permet de mieux comprendre les différents types d'exploitation. Également, [16] ont révélé que chaque système de culture se définit par la nature des cultures, leur ordre de succession et les itinéraires techniques appliqués. Nos résultats ont montré que les systèmes les plus dominants sont les systèmes SCS1 et SCS2 qui regroupent respectivement 50% et 41% des producteurs enquêtés. De plus, le système de culture SCS1 regroupe les producteurs alphabétisés. En outre, les producteurs du type SCS1 respectent mieux les itinéraires techniques et ont une meilleure pratique de la fertilisation comparativement aux producteurs des deux autres systèmes de culture. Nos résultats corroborent ceux de [10] qui ont révélé que le niveau d'instruction explique le faible niveau d'adoption ou de pratiques des

innovations agricoles des producteurs. Ce qui justifie le faible respect des bonnes pratiques pour la production du sésame au niveau des producteurs des systèmes de culture SCS2 et SCS3 avec de faible niveau de rendement de sésame. Ces auteurs ont montré également que le faible niveau de rendement du sésame s'explique par certains facteurs notamment la non-adoption des bonnes pratiques agricoles recommandées par les services de vulgarisation, le niveau d'éducation, la taille des ménages et la perception que les producteurs ont de la culture du sésame.

Par ailleurs, les meilleurs rendements grain de sésame sont observés au niveau des producteurs du système de culture SCS1 comparativement aux autres systèmes. Toutefois, ces rendements ($358,17 \pm 131,7 \text{ kg.ha}^{-1}$) restent largement en dessous des rendements potentiels des variétés améliorées de sésame. En effet, au sein de la collection des variétés améliorées de sésame disponibles, le potentiel des rendements varient entre 395 et 753 kg.ha^{-1} [8]. Bien que les producteurs du système de culture SCS1 respectent au mieux les bonnes pratiques agricoles comparativement aux autres producteurs des systèmes de culture SCS2 et SCS3, le niveau des rendements demeure toujours en dessous du rendement potentiel. La pratique de la fertilisation est à cet effet une véritable problématique dans la production du sésame quel que soit les systèmes de cultures identifiés. La conséquence est le faible niveau des rendements ce qui confirme les résultats de [8]. Également, les travaux de [17] indiquent que moins de 10% des parcelles bénéficient d'apport de fumure organique et ou d'engrais minéraux au Bénin. Les causes de ce faible taux d'utilisation d'engrais pour la culture du sésame sont relatives au coût élevé des produits et leur accessibilité [18]. Cette situation se traduit dès lors à une prédominance des systèmes de cultures plus ou moins extensifs. Ceci corrobore avec les résultats des travaux de [19]. Il ressort de cette étude que les exploitations agricoles peu intensives sont moins nanties financièrement et l'âge des chefs d'exploitation est inférieur à 60 ans. De plus, il ressort que 72% des agriculteurs burkinabè sont de petits exploitants ayant une faible capacité financière et des ressources limitées pour intensifier leur production [20]. La caractérisation des systèmes de culture à base de sésame est beaucoup influencée par les facteurs socio-économiques des producteurs.

Par ailleurs, nos résultats ont fait ressortir dans l'ensemble des systèmes de cultures identifiés, que la majorité des producteurs possèdent des animaux de trait qui facilitent la conduite des opérations culturales et produisent du fumier. Dans les systèmes de culture, l'intégration agriculture-élevage correspond à une forme d'intensification basée sur une gestion raisonnée des flux de matière organique et d'énergie disponibles sur les terroirs et les exploitations [18,21]. Cependant, on constate une faible utilisation des engrais organiques dans les exploitations de sésame. Cette situation se justifie par le fait que selon la stratégie paysanne, la fumure organique est destinée prioritairement à la production des principales cultures vivrières et celle de rente. Ceci justifie la faible proportion des exploitants appliquant les engrais organiques pour la production du sésame laissé au second rang dans les systèmes de culture. C'est au même titre que [18] ont révélé que seulement 21,6% des terres cultivées en 2010 au Burkina Faso, ont bénéficié de faible apport de fumure organique. La répartition spatiale des types de système de culture de sésame suivant les zones agro-climatiques, a montré que tous les systèmes existent au sein de chaque zone agro-climatique, excepté le système de culture SCS3 non pratiqué dans la zone sahélienne. En effet, ces systèmes de culture sont présents à des proportions variables dans les zones agro-climatiques. Ainsi, il existe un ou plusieurs systèmes de culture au sein d'une zone de production, les typologies des systèmes de culture n'évoluent pas avec les limites des zones agro-climatiques. Ces observations corroborent celles de [16] qui ont pu identifier l'existence de plus d'un système de culture à base de coton biologique dans des communes appartenant à une zone climatique similaire au Bénin. Le système de culture SCS1 est fortement représenté dans la zone sahélienne où les rendements sont meilleurs. En effet, le sésame est une culture qui ne résiste pas à des excès d'eau et à l'eau stagnante [22] d'où la nécessité d'un bon drainage. C'est ce qui probablement pourrait expliquer la présence de la culture dans les zones moyennement arrosées comme la zone agro-climatique sahélienne [23].

Dans la perspective d'améliorer la productivité du sésame dans la région de l'Est du Burkina Faso, il est suggéré aux services techniques en charge de la vulgarisation la prise en compte des typologies des systèmes de production de sésame présentes dans la zone d'étude pour mieux adapter les interventions en matière d'appui conseil. D'une manière générale, l'accent doit être mis sur l'adoption des variétés améliorées de sésame, l'adoption de pratique de gestion intégrée de la fertilité des sols, le respect des dates de semis, le semis en ligne et l'entretien des cultures à bonne date. Pour y parvenir, il est nécessaire de contribuer à la détermination des dates propices de semis dans les différentes zones agro-climatiques ainsi que les doses d'engrais organique et minérale. Tenant compte des contraintes de coûts élevés des engrais minéraux et de l'utilisation raisonnée de ces engrais, la technique de microdosage pourrait être évaluée pour améliorer la fertilité des sols et booster de niveau des rendements de la culture [24].

5 CONCLUSION

L'étude a permis de disposer de connaissances scientifiques sur la typologie des systèmes de culture à base de sésame dans la région de l'Est du Burkina Faso. L'analyse à l'aide de la classification ascendante hiérarchique a permis d'identifier l'existence de trois types de systèmes de culture de sésame. Le système de culture semi intensif (SCS1) pratiqué par la majorité des producteurs en majorité les femmes alphabétisées de la zone sahélienne disposant de petites exploitations. Les systèmes de culture systèmes extensifs (SCS2 et SCS3) observés respectivement dans les zones nord soudanienne et sud soudanienne. Les rendements les plus élevés sont observés au niveau du système de culture semi intensif (SCS1). Toutefois, ces rendements demeurent faibles par rapport aux rendements potentiels des variétés améliorées cultivées. Il est suggéré dans la présente étude l'appui aux producteurs pour l'adoption des pratiques de gestion

intégrée de la fertilité des sols intégrant la combinaison des engrais organiques et minéraux et l'adoption des variétés améliorées pour l'amélioration des niveaux de rendement dans les zones de production du sésame. Le développement de la culture du sésame au Burkina Faso devrait alors s'appuyer sur les traits distinctifs des systèmes de cultures identifiés pour une intervention appropriée.

REMERCIEMENTS

Nous remercions sincèrement le Fond National de la Recherche et de l'Innovation pour le Développement (FONRID) pour avoir financé cette étude dans le cadre du Projet d'Amélioration et d'Intensification de la Production du Sésame dans la région de l'Est. Les auteurs remercient également les techniciens qui nous ont aidés dans la collecte des données, malgré le contexte sécuritaire dégradée dans la zone d'étude, ainsi que les productrices et producteurs de sésame enquêtés. Les sincères remerciements aux évaluateurs pour leur importante contribution dans l'amélioration de la qualité du manuscrit.

REFERENCES

- [1] S. Mihoub et M. Zeghad, Propriétés des graines du *Sesamum indicum*, Mémoire de Master en Sciences de la Nature et de la Vie, Université Mohamed El-Bachir El-Ibrahimi, Bordj Bou Arreridj (Algérie), 2021.
- [2] S. Boureima et L.I. Mahaman, «Effets de la déficience en phosphore du sol sur la croissance et le développement du sésame (*Sesamum indicum* L.)», Int. J. Bio. Chem. Sci., 14: 1014–1024. DOI: <https://dx.doi.org/10.4314/ijbcs.v14i3.28>, 2020.
- [3] Z. Hamissou, A.A. Ibrahim, B. Seyni et A. M. Hamissou, «Caractérisation agromorphologique des accessions de sésame (*Sesamum indicum* L.) collectées au Niger», International Journal of Innovation and Applied Studies, 29 (4), 902-914, 2020.
- [4] RONGEAD (Réseau Non-Gouvernemental Européen sur l'Agroalimentaire, l'environnement et le Développement), le sésame au Burkina Faso: état des lieux, livret 1, 2013.
- [5] R. Guissou et F. Ilboudo, Analyse des incitations et pénalisations pour le sésame au Burkina Faso, MAFAP-SPAAA, FAO, Rome (Italie), p.44, 2012.
- [6] MAAHM/DGESS, Tableau de bord statistique de l'agriculture, Ministère de l'agriculture, des Aménagements Hydroagricoles et de la Mécanisation, Burkina Faso, p.86, 2021.
- [7] H. Haro et K.B. Sanon, «Réponse du sésame (*Sesamum indicum* L.) à l'inoculation mycorhizienne avec des souches des champignons mycorhiziens arbusculaires indigènes du Burkina Faso», International Journal of Biological and Chemical Sciences. 2020; 14: 417–423.
- [8] A. Miningou, V. Golane, A.S. Traore et H. Kambire, «Determination of the optimal dose and date of application of mineral manure on sesame (*sesamum indicum* L.) in Burkina Faso», Int J Bio Chem Sci., 14 (9), 2992-3000. DOI: <https://dx.doi.org/10.4314/ijbcs.v14i9.3>, 2021.
- [9] A. Zoungrana, Y. Zi, A.K. Sanou et P.W. Savadogo, «Comparaison de l'effet de deux champignons mycorhiziens arbusculaires sur la croissance et la productivité du sésame (*Sesamum indicum* L.) au Burkina Faso», Int J Bio Chem Sci., 16 (1), 201-212. DOI: <https://dx.doi.org/10.4314/ijbcs.v16i1.17>, 2022.
- [10] T. Fayama, J.N. Gue et C.T. Togbe, «les déterminants de la faible production du Sésame dans la zone ouest du Burkina Faso», RILALE, 3 (3), 69-79, ISSN 1840-9318, 2020.
- [11] E. Sossa, G. L. Amadj, P.V. Vissoh, B. M. Hounsou, K.E. Agbossou et D.J. Hounhouigan, «Caractérisation des systèmes de culture d'ananas (*Ananas comosus* (L.) Merrill) sur le plateau d'Allada au Sud-Bénin», Int J Bio Chem Sci., 8 (3), 1030-1038. DOI: <https://dx.doi.org/10.4314/ijbcs.v8i3.17>, 2014.
- [12] B.L.C.N. Karambiri et R.N. Gansaonre, «Variabilité Spatio-Temporelle de la Pluviométrie dans les Zones Soudaniennes, Soudano-Sahélienne et Sahélienne du Burkina Faso» ESI Preprints, 15: 1–1, <https://esipreprints.org/index.php/esipreprints/article/view/323>, 2023.
- [13] Y. Dembele, «Cartographie des Zones Socio-Rurales-Un outil d'aide à la planification pour la gestion de l'eau en agriculture», Rapport synthèse, FAO, Burkina Faso, p.68. <https://openknowledge.fao.org/handle/20.500.14283/BL068F>.
- [14] P. Dagnelie, Statistique théorique et appliquée: Inférence statistique à une et à deux dimensions, Tome 2, De Boek et Larcier, Paris, Bruxelles (Belgique), p.659, 1998.
- [15] M.M. Rabe, I. Baoua, L. Sitou, R. Adeoti, L. Amadou et S. Mahamane, «Caractérisation et typologie des exploitations agricoles dans le Sud-Est du Niger», Revue Marocaine des Sciences Agronomiques et Vétérinaires, 10 (2), 299-305, 2022.
- [16] S. Azonkpin, D.C. Chougourou, E.C. Agbangba, C.C.J. Santos, M.M. Soumanou, et S.D. Vodouhe, «Typologie des systèmes de culture de coton biologique au Bénin», Int J Bio Chem Sci., 12 (4), 1688-1704. DOI: <https://dx.doi.org/10.4314/ijbcs.v12i4.14>, 2018.
- [17] A.Y.C. Ajavon, S. Bello et P.Y. Adégbola, «Incidence socio-économiques et environnementales de la culture du sésame dans la commune de Tanguiéta au Nord-Ouest du Bénin», Bulletin de la Recherche Agronomique du Bénin (BRAB), 1025-2355, 2015.
- [18] A. Sanon, A.P.K. Gomgnimbou, H. Sigue, K. Coulibaly, F. Sékou, C.A. Bambara et H.B. Nacro, «Typologie des systèmes de culture de riz pluvial strict en zone nord et sud soudanienne: Cas des régions de l'Est, des Hauts Bassins et du Plateau Central du Burkina-Faso», International Journal of Innovation and Applied Studies, 33 (2), 344-353, 2021.

- [19] K.F. Zongo, E. Hien, J.J. Drevon, D. Blavet, D. Masse et C. Clermont-Dauphin «Typologie et logique socio-économique des systèmes de culture associant céréales et légumineuses dans les agro-écosystèmes soudano-sahéliens du Burkina Faso». *Int J Bio Chem Sci.*, 10 (1), 290-312. DOI: <https://dx.doi.org/10.4314/ijbcs.v10i1.23>, 2016.
- [20] F. Saba, S.J.B. Taonda, I. Serme, A.A. Bandaogo, A.P. Sourwema et A. Kabre, «Effets de la microdose sur la production du niébé, du mil et du sorgho en fonction la toposéquence». *Int J Bio Chem Sci.*, 11 (5), 2082-2092. DOI: <https://dx.doi.org/10.4314/ijbcs.v11i5.12>, 2017.
- [21] É. Vall, P. Dugué et M. Blanchard, le tissage des relations agriculture-élevage au fil du coton, *Cahiers Agricultures*, 15 (1), 72-79. <https://revues.cirad.fr/index.php/cahiers-agricultures/article/view/30562>, 2006.
- [22] D.R. Langham, J. Riney, G. Smith et T. Wiemers, *Sesame grower guide*. Sesaco Corp, 30 (331), 3, 2008.
- [23] S. Boureima, M. Diouf et N. Cissé, «Besoins en eau, croissance et productivité du sésame (*Sesamum indicum* L.) en zone semi-aride», *Agronomie Africaine*, 22 (2), 139–147. DOI: <https://dx.doi.org/10.4314/aga.v22i2.68362>, 2010.
- [24] A. Tounkara, M.D. Faye, C.A.B. NGOM, S. Saer, N. Ndiaye et A.M. Seck, «Performances de la fertilisation par microdose sur les céréales sèches dans le Bassin Arachidier au Sénégal», *Revue Marocaine des Sciences Agronomiques et Vétérinaires*, 11 (1), 64-69, 2023.

Évaluation de l'efficacité des boues d'alun des usines de production d'eau potable à éliminer le phosphore dans les eaux usées

[Evaluation of the effectiveness of alum sludge from drinking water treatment plant for phosphorus removal in wastewater]

Seyhi Brahim, Franck Maxime Gnamba, Yao Salomon Kouakou, and Bolou Golé Esaïe Georges

Département de Géosciences, UFR des Sciences Biologiques, Université Peleforo Gon Coulibaly, BP 1328 Korhogo, Côte d'Ivoire

Copyright © 2024 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: Sludge produced in drinking water treatment plants (DWTP) is discharged into environment every day, even they are rich in phosphorus-reactive elements. The objective of this study was to evaluate the removal of phosphorus using sludge from DWTP of the city of Sinematiali (Côte d'Ivoire). The sludge was packaged in granules and put in contact in beaker with synthetic water et effluent from domestic wastewater treatment plant. The results demonstrated that the sludge was rich in aluminum (307.6 ± 0.6 g/kg) and iron (208.7 ± 1.2 g/kg), two phosphorus removal agents. Phosphorus removal was described mainly by adsorption process, which equilibrium was reached after 4 h of contact time at pH 5. Removal of phosphorus from wastewater was around 70% in synthetic wastewater and 42.5% in real wastewater. Removal rate was enhanced when the sludge dosing increased from 10 to 40 g/l, from 42.5 to 87.5%. The adsorption of phosphorus is described by the Langmuir isotherm with $q_m = 1.72$ mg/g and kinetic removal followed pseudo-order 2 model ($k_2 = 0.023$ g/mg.min). Sludge from DWTP of Sinematiali demonstrated good phosphorus removal potential.

KEYWORDS: Alum sludge, Phosphorus removal, Adsorption isotherms, Adsorption kinetics, Korhogo.

RESUME: Les boues produites dans les usines de production de l'eau potable (UPEP) sont déversées chaque jour dans l'environnement, pourtant elles sont riches en éléments réactifs au phosphore. La présente étude a eu pour objectif d'évaluer l'élimination du phosphore dans les boues de l'UPEP d'une ville de Côte d'Ivoire (Sinematiali). Les résultats de caractérisation physico-chimiques ont démontré que les boues de UPEP de Sinematiali sont riches en aluminium ($307,6 \pm 0,6$ g/kg) et en fer ($208,7 \pm 1,2$ g/kg), deux éléments déphosphatants. Elles ont été conditionnées en granules et mise en contact dans un premier temps avec une eau synthétique, puis sur une réelle issue d'une station de traitement des boues de vidange (STBV). Les résultats ont démontré que l'élimination du phosphore se fait principalement par adsorption. Elle atteint son équilibre après 4 h de contact et à pH 5. L'élimination du phosphore dans les boues de l'UPEP de Sinematiali a avoisinée 70% pour ce qui concerne le traitement d'eau synthétique et 42,5% pour l'effluent de la STBV. Cette performance a été rehaussée lorsque la dose de boues est majorée, passant de 42,5% (à 10 g/l) à 87,5% (à 40 g/l). L'adsorption du phosphore est parfaitement décrite par l'isotherme de Langmuir avec $q_m = 1,72$ mg/g et une cinétique de pseudo-ordre 2 ($k_2 = 0,023$ g/mg.min). Les boues testées ont un bon potentiel d'élimination du phosphore dans les eaux réelles.

MOTS-CLEFS: Boues d'alun; élimination du phosphore, isothermes d'adsorption; cinétique d'adsorption, Korhogo.

1 INTRODUCTION

Le phosphore est un élément chimique essentiel à la vie. Il joue un rôle important dans la croissance des plantes, le processus de synthèse des protéines, le cycle de production d'énergies dans les cellules, la formation des os et des tissus nerveux, et bien d'autres [1]. Le phosphore est le premier facteur limitant de la croissance algale. De ce fait, il est à l'origine de l'eutrophisation des plans d'eau, la prolifération des algues bleu-vert (cyanobactéries) et dans une certaine mesure, la perte de biodiversité aquatique ([2], [3]). La présence du phosphore dans les plans d'eau est liée à son rejet via les eaux usées non traitées ou insuffisamment traitées, l'utilisation des engrais

en agriculture, les rejets d'élevage, etc. Son traitement peut être réalisé à l'aide des méthodes de traitement physique, physico-chimique (précipitation chimique ou échange d'ions) et/ou biologique des eaux [4]. Les méthodes de traitement physique sont essentiellement efficaces pour éliminer le phosphore particulaire [4], tandis que les méthodes physico-chimiques et biologiques visent à la fois, le phosphore particulaire et le phosphore dissous. Cependant les méthodes physico-chimiques et biologiques usuelles sont généralement onéreuses et particulièrement difficiles à mettre en œuvre dans le contexte des pays en développement ou de petites localités. En effet, elles sont associées à des besoins non négligeables d'opération et d'entretien réguliers, l'utilisation d'équipements spécialisés, une grande consommation énergétique et une importante production de boues [5]. Une alternative intéressante serait les techniques de traitement dites « passives », utilisant des matériaux à fort pouvoir d'adsorption et/ou de précipitation, et ne nécessitant pas un besoin d'opération et d'entretien réguliers ou l'utilisation d'équipements énergivores. En général, les matériaux utilisés sont moins chers et accessibles. Ils sont utilisés comme supports de filtration gravitaire ([6], [7], [8]; [9], [2]). Les boues des unités de production d'eau potable (UPEP) en sont un exemple typique qui pourrait avoir un fort pouvoir d'adsorption et/ou de précipitation, à cause des éléments chimiques qu'elles contiennent. Ces boues sont issues de l'étape de la coagulation chimique et de l'utilisation de la chaux dans les UPEPs, donc contiennent des éléments chimiques, tels que le Fer, l'aluminium et le calcium, qui sont reconnus réactifs au phosphore. Dans les pays en développement, les boues d'UPEPs sont rejetées directement dans l'environnement sans aucun traitement. En Côte d'Ivoire, la quantité de boues d'UPEPs rejetées dans l'environnement au cours de l'année 2018, peut être estimée entre 2 635 580 m³ – 7 906 740 m³ [10]. Ces rejets créent au fil du temps d'énormes problèmes environnementaux, tels que l'envasement des plans d'eau, la disparition de certains biotopes aquatiques, la présence d'éléments traces métalliques dans les plans d'eau, etc. La littérature rapporte que la valorisation des boues d'UPEPs dans le traitement des eaux usées est possible ([11], [12], [13]). Cependant, elle est intrinsèquement liée aux caractéristiques des boues, qui elles-mêmes dépendent de la qualité de l'eau brute traitée, la pureté et la qualité des coagulants et autres produits chimiques utilisés pour le traitement (chaux, charbon actif, floculants), ainsi que des conditions opératoires, etc. ([11], [8]). Par conséquent, les caractéristiques des boues d'UPEPs peuvent varier d'un pays à un autre, d'une région à une autre, d'une ville à une autre, d'un endroit à un autre, d'une UPEP à une autre, etc. Pour une valorisation optimale de ces boues, la connaissance de leur composition et la réalisation d'essais d'évaluation de leur potentiel à éliminer le phosphore sont essentielles. La présente étude s'inscrit dans cette dynamique et a pour objectif principal de connaître la composition physico-chimique des boues de l'UPEP de Sinematiali, et d'évaluer leur potentiel à éliminer le phosphore. Par ailleurs, elle permet de comprendre les mécanismes inhérents au processus d'élimination du phosphore dans les boues et de modéliser le principal mécanisme (l'adsorption) à l'aide de modèles mathématiques non complexes.

2 MATÉRIEL ET MÉTHODES

2.1 SITUATION GÉOGRAPHIQUE DE L'UPEP

Les boues utilisées dans la présente étude sont issues de l'UPEP de Sinematiali, située au nord de la Côte d'Ivoire (9°35' N, 5°23' O), dont la prise d'eau se fait au niveau du fleuve Bandama. Cette station alimente en eau potable les villes de Sinématiali, Ferkessédougou et Korhogo. L'usine comprend une (1) unité de coagulation-floculation, cinq (5) décanteurs, cinq (5) unités de filtration sur sable, et une unité de désinfection au chlore, avec un débit d'eau brute pompée s'élevant à 15 000 m³/j. Les produits chimiques utilisés sont: i) le sulfate d'alumine ou alun pour la coagulation-floculation, ii) la chaux pour la neutralisation du pH, et iii) l'hypochlorite de sodium pour la désinfection. Au total près de 184,3 m³ de boues sont rejetées par jour dans l'environnement, soit environ 67 269, 5 m³ de boues par an.

2.2 ÉCHANTILLONNAGE ET CONDITIONNEMENT DES BOUES

L'échantillonnage des boues s'est fait au niveau de la ligne de purge collective des décanteurs de l'UPEP. Environ 20 l de boues liquides ont été échantillonnés dans un contenant plastique (chaudière) et conservés à 4 °C. Au total, deux campagnes d'échantillonnage ont été réalisées. Les analyses de caractérisation des boues ont été faites le jour même de l'échantillonnage et les boues ont été déshydratées, transformées en granules, puis séchées. Le séchage a été réalisé dans un four enterré chauffée au feu de bois (3h).

2.3 MONTAGE EXPÉRIMENTAL

Les essais d'évaluation des performances des boues ont été réalisés en béchers sur une rampe de jar-test à 6 positions. Ces essais ont consisté à mettre en contact 250 ml d'une solution synthétique d'orthophosphates avec différentes masses de granules de boues. L'ensemble a été mis sous une agitation de 150 tr/min à 20 – 23 °C. La vitesse d'agitation de 150 tr/min a été choisie, vu qu'elle permet de réaliser une bonne homogénéisation des béchers ([14], [15]).

2.4 ESSAIS PRÉLIMINAIRES

La série d'essais préliminaires a consisté à évaluer de manière grossière le potentiel d'élimination du phosphore sur les boues conditionnées de l'UPEP de Sinematiali et de déterminer les principales voies réactionnelles. Pour ce faire, un volume de 250 ml d'eau synthétique à 5 mgP/l a été mis en contact avec à 10 g/l de granules de boues déshydratées et séchées. L'ensemble a été mis sous une

agitation de 150 tr/min à 20 – 23 °C, pendant une période de 14 h, sans ajustement du pH initial. À un intervalle de temps régulier (0,5, 1, 2, 4, 6, 8, 10 h), des échantillons ont été retirés, filtrés et des analyses ont été effectuées sur la phase liquide, conformément à des méthodes approuvées ([14], [15]).

2.5 ÉVALUATION DE L'EFFET DU PH INITIAL SUR LES PERFORMANCES D'ÉLIMINATION DU PHOSPHORE

La deuxième série d'essais a consisté à évaluer l'effet du pH initial de l'eau sur les performances d'élimination du phosphore. Pour ce faire, un volume de 250 ml d'eau synthétique à 5 mgP/l a été mis en contact avec 10 g/l des granules de boues déshydratées et séchées. L'ensemble a été mis sous une agitation de 150 tr/min à 20 – 23 °C, pendant une période de 4 h. Le temps de contact a été fixé sur la base des résultats des essais préliminaires. Différentes valeurs de pH initial ont été testées (3,0, 4,9, 7,0, 9,0, 10,0). Ensuite, les échantillons ont été filtrés et des analyses ont été effectuées sur la phase liquide, conformément à des méthodes approuvées ([14], [15]).

2.6 DÉTERMINATION DES ISOTHERMES

La troisième série d'essais a consisté à déterminer les isothermes du processus d'élimination du phosphore. Pour ce faire, un volume de 250 ml d'eau synthétique à différentes concentrations de phosphore (1 – 18,2 mg P/l) a été mis en contact avec 10 g/l des granules de boues déshydratées et séchées. L'ensemble a été mis sous une agitation de 150 tr/min à 20 – 23 °C et un pH de 4,9, pendant une période de 4 h. Ensuite, les échantillons ont été filtrés et des analyses ont été effectuées sur la phase liquide, conformément à des méthodes approuvées ([14], [15]).

Deux modèles mathématiques d'isothermes d'adsorption (Freundlich et Langmuir) ont été testés, afin de déterminer certains paramètres inhérents à l'adsorption du phosphore.

Le modèle de Freundlich est décrit par l'équation 1:

$$q_e = k_f * C_e^{\frac{1}{n}} \quad \text{Éq.1}$$

n est l'exposant de Freundlich et k_f est la constante de Freundlich.

Le modèle de Langmuir est décrit par l'équation 2:

$$q_e = \frac{K_L C_e}{1 + b C_e} \quad \text{Éq.2}$$

Dans cette équation, q_e (mg/g) est la quantité de phosphore adsorbée à l'équilibre par gramme de boues. C_e (mg/l) est la concentration résiduelle de phosphore à l'équilibre, en phase liquide. K_L (l/g) et b (l/mg) sont les constantes de Langmuir.

À partir des constantes K_L (l/g) et b (l/mg) de Langmuir, on déduit la constante adimensionnelle (R_L) (équation 3). Cette constante adimensionnelle permet de prédire si l'adsorption est favorable ou non ([16], [17]).

$$R_L = \frac{1}{1 + b C_0} \quad \text{Éq.3}$$

2.7 ÉTUDE CINÉTIQUE

La quatrième série d'essais a consisté à déterminer la cinétique d'élimination du phosphore sur les boues d'UPEP. Pour ce faire, un volume de 250 ml d'eau synthétique à 5 mgP/l a été mis en contact avec 10 g/l des granules de boues déshydratées et séchées. L'ensemble a été mis sous une agitation de 150 tr/min à 20 – 23 °C et un pH de 5 pendant une période de 4 h. À un intervalle de temps régulier (30, 60, 90, 120, 150, 180, 210, 240 min), les échantillons ont été retirés, filtrés et des analyses ont été effectuées sur la phase liquide ([14], [15]).

Les données expérimentales décrivant la cinétique d'élimination du phosphore sur les boues sont présentées à la figure 4. Ces données ont été modélisées à l'aide des modèles cinétiques de pseudo ordre 1 et de pseudo ordre 2.

Deux modèles cinétiques ont été testés: pseudo-ordre 1 et pseudo-ordre 2. Le modèle de pseudo-ordre 1 est basé sur l'hypothèse que la vitesse réactionnelle est proportionnelle au nombre de sites de fixation disponible. Il est décrit par l'équation 4 ([18], [19]):

$$\frac{dq_t}{dt} = k_1 (q_e - q_t) \quad \text{Éq.4}$$

Où, k_1 représente la constante cinétique de pseudo ordre 1 (1/min), q_e (mg/g) est la quantité de phosphore adsorbée à l'équilibre par unité de gramme de boue, et q_t (mg/g) est la quantité de phosphore adsorbée en un instant t quelconque.

Le modèle de pseudo-ordre 2 est quant à lui décrit par l'équation 5:

$$\frac{dt_t}{dt} = k_2 (q_e - q_t)^2 \quad \text{Éq.5}$$

Où, k_2 (g/mg.g) est la constante cinétique de pseudo-ordre 2, q_e (mg/g) est la quantité de phosphore adsorbée à l'équilibre par unité de gramme de boue, et q_t (mg/g) est la quantité de phosphore adsorbée à un instant t quelconque.

2.8 ESSAIS EN EAU RÉELLE

La cinquième série d'essais a consisté à évaluer les performances de traitement d'eau réelle. L'eau a été collectée à la sortie de la station de traitement des boues de vidange (STBV) de la ville de Korhogo (Côte d'Ivoire). La ville de Korhogo est située au nord de la Côte d'Ivoire à environ 30 km de la ville de Sinematiali. La STBV de Korhogo reçoit les boues de fosses septiques de la ville de Korhogo. Dans un premier temps, un volume de 250 ml d'eau réelle a été mis en contact avec 10 g/l des granules de boues déshydratées et séchées. L'ensemble a été mis sous une agitation de 150 tr/min à 20 – 23 °C pendant une période de 4 h. Deux scénarii ont été testés: i) pas d'ajustement du pH initial; ii) ajustement du pH initial à 5). Ensuite, les échantillons ont été filtrés et des analyses ont été effectuées sur la phase liquide conformément à des méthodes approuvées ([14], [15]). Dans un deuxième temps, des essais ont été réalisés en augmentant la masse de boues de 10 à 40 g/l, à pH 5. Après agitation, les échantillons ont été filtrés et des analyses ont été effectuées sur la phase liquide, conformément à des méthodes approuvées ([14], [15]).

2.9 MÉTHODES ANALYTIQUES

2.9.1 MESURE DU PH ET DE LA TURBIDITÉ

Un pH-mètre (pH meter/Ion meter Acumet excel XL2, modèle S/N XL 94005507, Fisher Scientific Co.) équipé d'une électrode Cole-Palmer à double jonction (référence Ag/AgCl) a servi à la mesure du pH et un thermomètre pour la mesure de la température des échantillons. Un turbidimètre (Hach, 2100Q) a servi à la mesure de la turbidité.

2.9.2 ANALYSE DES SOLIDES TOTAUX ET SICCITÉS

Des analyses de solides totaux et siccités ont été réalisées sur des échantillons de boues fraîches homogénéisées. Les analyses ont été réalisées conformément à la méthode MA100ST11-2 du centre d'expertise en analyses environnementales du Québec (CEAEQ) [20].

2.9.3 ANALYSE DES MÉTAUX

Les analyses de métaux (fer, aluminium et magnésium) ont été réalisées sur des échantillons de boues séchées et broyées à l'aide d'un mortier. 0,5 g d'échantillon de boues a été minéralisé par ajout d'acide nitrique et d'acide chlorhydrique dans les proportions 1: 3 (V: V). L'échantillon a été ensuite chauffé dans un bain marie à 100°C, pendant 1 heure et laissé refroidi à température ambiante. Finalement, 25 ml d'eau bi-distillée ont été ajoutées à l'échantillon, puis le tout a été filtré sur un filtre wattman dans une éprouvette de 50 ml, et complété à 50 ml avec de l'eau bi-distillée. Le filtrat a été prélevé pour une analyse de Fe, Al et Mg, à l'aide d'un spectrophotomètre d'adsorption atomique (Shimadzu, AA-7000).

2.9.4 ANALYSE DU PHOSPHORE ET DU CALCIUM

L'analyse du phosphore en phase liquide s'est faite à l'aide d'un spectromètre (HACH, DR1900), conformément à la méthode 8048 (PhosVer 3[®], (Ascorbic Acid) Method). Le phosphore analysé est la forme P-PO₄.

Les analyses de calcium et de phosphore dans la boue ont été réalisées sur des échantillons de boues séchées et broyées à l'aide d'un mortier. 5 g de boues ont été calcinées au four à moufle pendant 4 h. À la sortie du four, la boue a été refroidie, puis 5 ml d'acide sulfurique et 25 ml d'eau bi-distillée ont été ajoutés. Finalement, 25 ml ont été filtrés sur un filtre wattman dans une éprouvette de 50 ml, et complété à 50 ml avec de l'eau bi-distillée. Le filtrat a été prélevé pour les analyses de calcium et phosphore, respectivement avec un photomètre à flamme (BWP-XP) et un spectromètre UV (VWR, UV-6300PC).

3 RÉSULTATS

3.1 COMPOSITION PHYSICO-CHIMIQUE DES BOUES DE L'UPEP DE SINEMATIALI

Les résultats de l'analyse de caractérisation physico-chimique des boues issues de l'UPEP de Sinématiali sont présentés au tableau 1. Les boues ont un pH quasi neutre, ($\text{pH} = 7,11 \pm 0,0$). Les concentrations de solides totaux (ST) sont de l'ordre de $23,5 \pm 8,5 \text{ g/L}$ et la siccité des boues est de $2,6 \pm 0,9 \%$. Ces boues sont liquides et contiennent les éléments chimiques tels que l'aluminium ($307,6 \pm 0,6 \text{ g/kg}$), le Fer ($208,7 \pm 1,2 \text{ g/kg}$), le calcium ($9,3 \pm 0,0 \text{ g/kg Ca}$) et le magnésium ($15,0 \pm 0,1 \text{ g/kg}$), connus pour avoir un fort potentiel pour l'élimination du phosphore. Elles sont quasi exemptes de phosphore ($0,7 \pm 0,0 \text{ g/kg}$).

Tableau 1. Composition physico-chimique des boues de l'UPEP de Sinématiali

Paramètres	Valeurs
pH	$7,11 \pm 0,04$
Solide totaux (ST, g/l)	$23,5 \pm 8,5$
Humidité (%)	$97,4 \pm 0,9$
Siccité (%)	$2,6 \pm 0,9$
Calcium (g/kg)	$9,3 \pm 0,0$
Fer (g/kg)	$208,7 \pm 1,2$
Aluminium (g/kg)	$307,6 \pm 0,6$
Phosphore (g/kg)	$0,7 \pm 0,0$
Magnésium (g/kg)	$15,0 \pm 0,1$

3.2 APTITUDE DES BOUES À ÉLIMINER LE PHOSPHORE

Les boues conditionnées (séchage et granulation) sont capables d'éliminer de manière significative le phosphore (Figure 1). L'élimination du phosphore suit deux phases principales: i) une première dure 4 h au cours de laquelle un taux d'élimination de P-PO_4^{3-} allant jusqu'à 70% est observé. Ce qui fait passer la concentration de phosphore en solution de 5 mgP/l à $1,5 \text{ mgP/l}$. La seconde phase est caractérisée par une faible évolution de la concentration de P-PO_4^{3-} en solution, soit de $1,5 \text{ mg/l}$ à $0,6 \text{ mg/l}$ pendant 6h. Ce qui correspond à environ 18% de taux d'élimination. La suite de l'étude a donc été focalisée sur la phase majeure, à savoir la première phase. Celle - ci s'apparente à un processus d'adsorption du phosphore, tandis que la deuxième phase serait la précipitation chimique du phosphore par des ions tels que Al^{3+} , Fe^{2+} , Fe^{3+} et Ca^{2+} qui se retrouvent en solution par suite de la friction des boues.

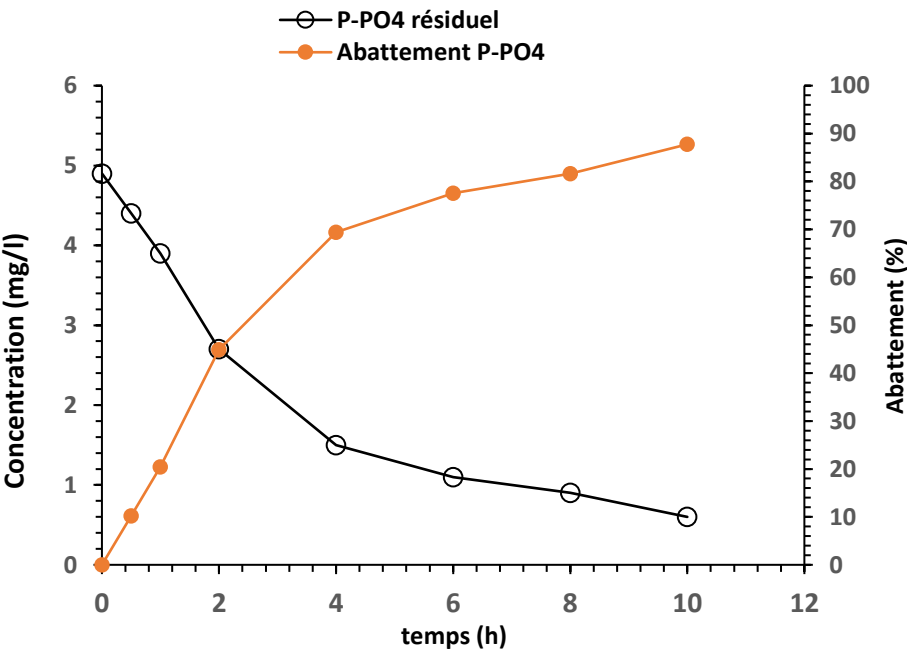


Fig. 1. Aptitude des boues à éliminer le phosphore au cours du temps (Eau synthétique, [Boue] = 10g/L; vitesse d'agitation = 150 tr/min)

3.3 EFFET DU PH SUR LES PERFORMANCES

L'évolution des performances d'élimination du phosphore sous l'effet du pH initial est présentée à la figure 2. On observe que le pH initial de la solution affecte l'élimination du phosphore. Le taux d'élimination du phosphore croît pour le niveau le plus élevé à pH 5, puis diminue lorsque le pH passe en dessous de 5 et au-dessus de 5. Le taux maximal d'élimination du phosphore de 70% est atteint à pH = 5. Ce taux d'élimination diminue à 24% à pH = 3. Lorsque le pH augmente au-delà de 5 (pH > 5), le taux d'élimination du phosphore diminue graduellement avec l'augmentation du pH, pour atteindre 30,6% à pH = 10. On en déduit que le pH optimal pour l'élimination du phosphore sur les boues de l'UPEP de Sinematilai est de 5. Pour la suite de l'étude, le pH a été fixé à 5.

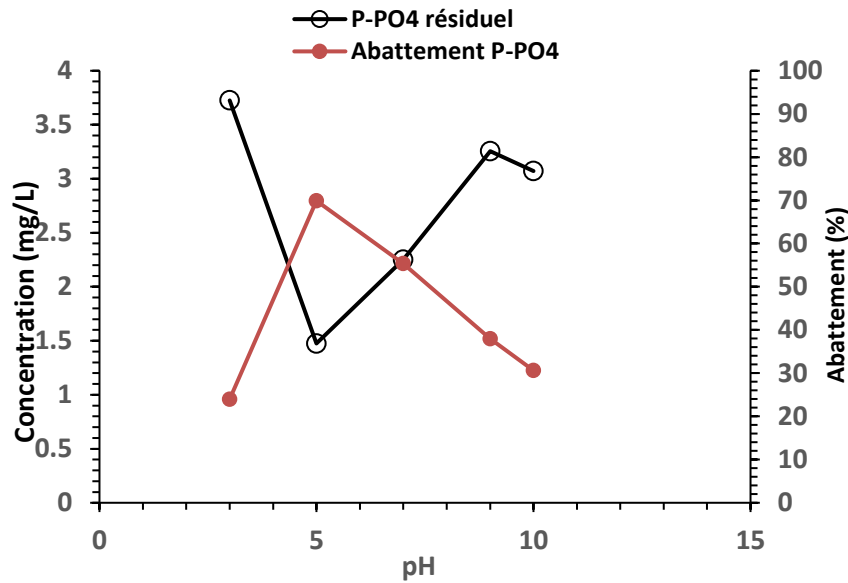


Fig. 2. Évolution du phosphore résiduel en fonction du pH ([P-PO4= 5mg/L; [Boue]=10 g/L; temps de contact = 4h; vitesse d'agitation = 150 tr/min)

3.4 ISOTHERMES D'ADSORPTION DU PHOSPHORE

Les données expérimentales d'adsorption ont été reliées aux modèles mathématiques d'isothermes de Freundlich et Langmuir. Les coefficients des équations décrivant les modèles de Langmuir et de Freundlich sont résumés au tableau 2 et la figure 3 présente les représentations graphiques des modèles d'isothermes par rapport aux données expérimentales. Les deux modèles testés décrivent bien les isothermes d'élimination du phosphore, avec des coefficients de détermination de $R^2 = 0,985$ pour le modèle de Langmuir et $R^2 = 0,962$ pour le modèle de Freundlich. La capacité maximale d'élimination du phosphore (q_m) sur les boues de l'UPEP de Sinematiali (q_m) est de 1,720 mg/g. La constante R_L a une valeur de $0,149 \pm 0,14$. Elle est adimensionnelle.

Tableau 2. Paramètres d'équilibre des isothermes d'adsorption du phosphore

Isothermes	Équations	Paramètres	Valeurs	R ²
Freundlich	$q_e = k_f * C_e^{1/n}$	$k_f (mg^{(1-1/n)} \cdot L^{1/n} / g)$	0,285	0,963
		Log k_f	-0,545	
		n	3,175	
		n^{-1}	0,315	
Langmuir	$q_e = \frac{K_L * C_e}{1 + b * C_e}$	$q_m (mg/g)$	1,721	0,985
		b(mg/L)	1,186	
		$K_L (L/g)$	0,689	
		R_L	0,149 ± 0,14	

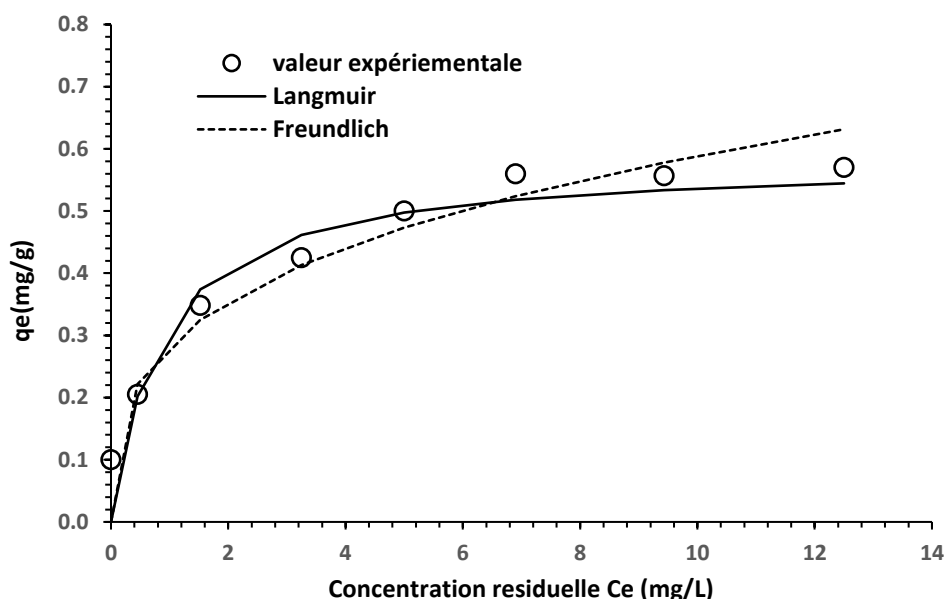


Fig. 3. Isothermes d'adsorption ($V=250$ ml; $C_b=10$ g/l; temps de contact =4 h; pH=5; agitation: 150 tr/min)

3.5 CINÉTIQUE D'ADSORPTION DU PHOSPHORE

Les données expérimentales décrivant la cinétique d'adsorption du phosphore sur les boues sont présentées à la figure 4 et les coefficients des modèles cinétiques testés sont présentés au tableau 3. Les deux modèles testés décrivent bien la cinétique d'adsorption du phosphore, avec un coefficient de détermination $R^2 = 0,963$ pour le pseudo ordre 2, $R^2 = 0,935$ pour le modèle pseudo-ordre 1.

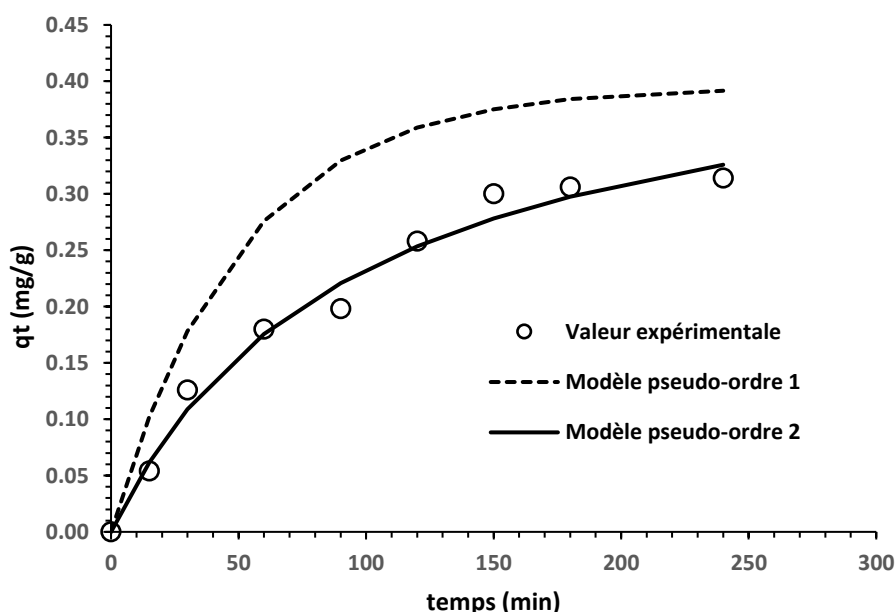


Fig. 4. Représentation graphique des modèles cinétiques d'adsorption du phosphore

Tableau 3. Paramètres cinétiques d'adsorption du phosphore

Modèles	Équations	Paramètres	Valeurs	R^2
Pseudo ordre 1	$\frac{dq_t}{dt} = k_1 * (q_e - q_t)$	q_e (mg/g) K_1 (g/mg.min)	0,394 0,020	0,935
Pseudo ordre 2	$\frac{dq_t}{dt} = k_2 * (q_e - q_t)^2$	q_e (mg/g) K_2 (g/mg.min)	0,456 0,023	0,964

3.6 TRAITEMENT D'UNE EAU RÉELLE

Les résultats des analyses de caractérisation physico-chimique de l'effluent de la STBV de la ville de Korhogo sont présentés au tableau 4. Le pH de l'eau est basique ($\text{pH} = 9,2$) et la concentration de P-PO_4^{3-} est de $9,75 \pm 0,46 \text{ mg P/l}$. On remarque également une présence d'anions, tels que NO_3^- . Lorsque le traitement est fait dans les conditions optimales obtenues en solution synthétique, mais sans ajustement du pH initial de l'eau ($\text{pH} = 9,2$), le taux d'élimination du phosphore est de l'ordre de 27,9 %. Ce taux augmente à 42,5%, lorsque le pH initial est ajusté à 5. Aussi, lorsque la concentration de boues est majorée de 10 g/L à 40 g/l, on observe une augmentation du taux d'élimination du phosphore, passant 42,5 % à 87,5% au bout de 4 h de temps de contact (figure 5).

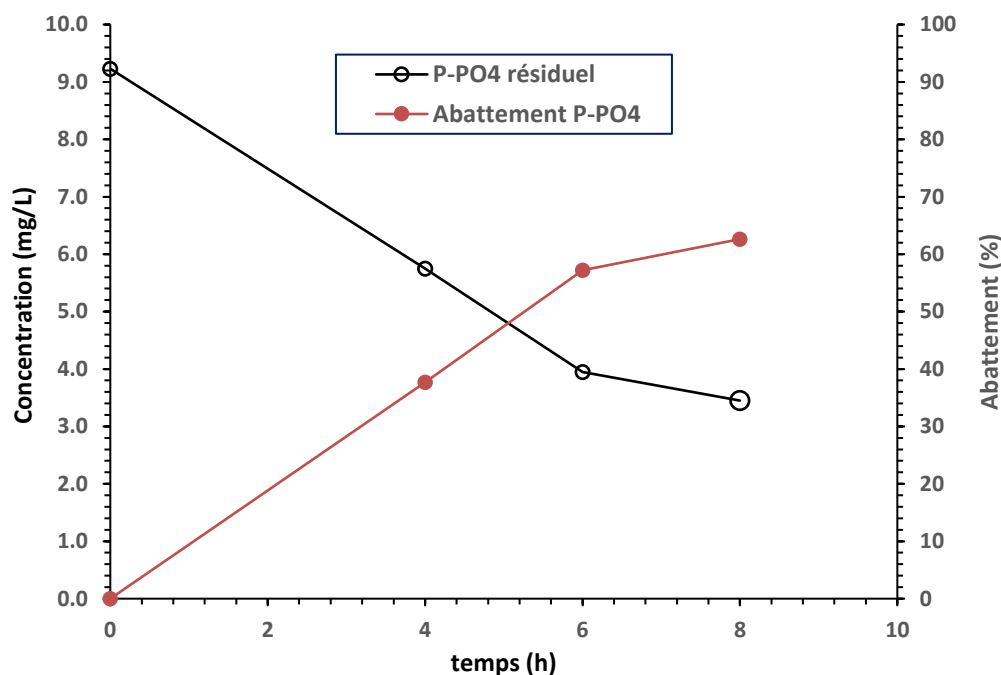


Fig. 5. Aptitude des boues à éliminer le phosphore au cours du temps (Eau réelle, [Boue] = 10G/L, vitesse d'agitation = 150 tr/min)

4 DISCUSSION

La concentration de Al dans les boues de l'UPEP de Sinematiali ($307,6 \pm 0,6 \text{ g/kg}$) est similaire à celles rapportées dans la littérature sur les boues d'UPEP qui utilisent l'alun ($[\text{Al}] = 36,9 - 460 \text{ g/kg}$) ([21], [22]). Lorsque ce dernier est injecté dans l'eau, il se retrouve sous les formes Al^{3+} et $\text{Al}(\text{OH})_3$ [23]. Ces formes contribuent à la clarification de l'eau, en réagissant avec les colloïdes et matières en suspension (MES), puis se retrouvent dans les boues à l'étape de décantation. Elles sont également très réactives au phosphore.

Aucun réactif à base de fer n'est utilisé dans l'UPEP de Sinematiali. Par conséquent, le fer détecté de manière significative dans les boues ($208,7 \pm 1,2 \text{ g/kg}$), serait apporté par l'eau brute (fleuve Bandama). En effet, les analyses de caractérisation de l'eau brute (données non présentées ici) ont montré que pendant les saisons des pluies, l'eau brute se charge en matières dissoutes et particulaires diverses (sol, limon, etc) provenant des sols environnants, riches en fer. En effet, jusqu'à 1 mg/l de fer a été analysé dans l'eau brute. Le transfert du fer dissous aux boues se produirait lors de l'étape de préchloration dans l'usine. Le fer rendu insoluble est ensuite piégé dans les boues lors de l'étape de coagulation chimique. En comparaison, la concentration de fer dans les boues de Sinematiali est largement supérieure à celles rapportées dans la littérature ($0,041 - 102 \text{ g/kg}$) ([8], [24]). Les sols de la région sont de type de latéritique, ferrugineux, et ferrallitique: riches en fer ([25], [26]).

Le calcium et le magnésium sont présents dans les boues à des concentrations similaires à celles rapportées dans la littérature, soient $[\text{Ca}] = 0,125 - 67,8 \text{ g/kg}$ ([24], [27]) et $[\text{Mg}] = 0,085 - 12,28 \text{ g/kg}$ ([28], [29]). Étant donné que l'UPEP de Sinematiali utilise la chaux pour la neutralisation, le calcium proviendrait en partie de cette étape. Cependant, le magnésium n'intervient pas dans le process de l'usine. Sa présence dans les boues proviendrait de l'eau brute.

Les résultats de traitabilité du phosphore montrent que les boues de l'UPEP de Sinematiali ont une aptitude relativement bonne à éliminer le phosphore. Cela est lié à la présence des éléments chimiques tels que Al, Fe et Ca. En effet, la présence de ces éléments chimiques et les propriétés de surface des granules de boues faciliteraient les interactions entre les granules de boues et le phosphore.

L'élimination du phosphore évolue selon deux phases. La première phase s'apparente à une adsorption sur les granules de boues. Elle serait gouvernée principalement par la formation de liaisons ioniques et/ou de ligands avec Fe, Al, Ca, oxydes et/ou carbonates. La

seconde phase de l'élimination du phosphore est caractérisée par un faible taux d'élimination du phosphore. Elle serait gouvernée par des réactions de précipitation, de polymérisation de surface et/ou de diffusion à l'intérieur des granules de boues [27]. Les réactions de précipitation se font avec les ions Al^{3+} , Fe^{2+} , Fe^{3+} et Ca^{2+} mis en solution par effritement des granules de boues. En effet, une fois en solution, les ions métalliques réagissent directement avec PO_4^{3-} ou se transforment en hydroxydes pour piéger le phosphore particulaire. Les précipités ainsi formés sont généralement petits, sous forme de colloïdes stables et difficiles à être totalement séparés de l'eau par décantation gravitaire [30].

Le pH initial de l'eau affecte les performances d'élimination du phosphore sur les boues de l'UPEP de Sinematiali. En effet, il affecterait l'état ionique des composés, des groupements fonctionnels de surface et/ou les charges [15]. Ce qui contribue à modifier les interactions entre le phosphore et la boue. Le pH optimal déterminé dans la présente étude est similaire à celui rapporté dans la littérature sur l'utilisation des boues d'alun pour le traitement du phosphore (pH optimal = 4,3 – 5) ([22], [31], [32]). L'agitation entraîne un effritement des granules de boues et une remise en eau des suspensions fines. En milieu acide (cas des pH < 5), l'effritement des granules de boues est plus accentué et les ions métalliques Al^{3+} , Fe^{2+} et Fe^{3+} se solubilisent. Ils se dissocient des boues et réagissent avec les ions PO_4^{3-} pour former des composés, tels que $\text{Al}_2(\text{PO}_4)_3$, $\text{Fe}_2(\text{PO}_4)_3$, qui sont également solubles à pH < 5 [27]. Ceci explique la baisse de performances d'élimination du phosphore observée en milieu acide. Aussi, lorsque le pH augmente au-delà de 5, la concentration d'ions OH^- commence à augmenter en solution. Les ions OH^- entourent alors les ions métalliques (Al^{3+} , Fe^{2+} et Fe^{3+}) pour former un ensemble négatif [27]. Cela entraîne une répulsion, caractérisée par une baisse des performances d'élimination du phosphore.

L'augmentation de la concentration de boues entraîne une augmentation du taux d'élimination du phosphore. Cette tendance est rapportée dans la littérature ([7], [33], [34]). En effet, lorsque la concentration des boues augmente, la quantité d'éléments réactifs et le nombre de sites actifs augmentent également et contribuent à améliorer le taux d'élimination du phosphore. [22] a rapporté une amélioration du taux d'élimination du phosphore (passant de 49,2 à 96,7%), lorsque les concentrations de boues d'alun sont augmentées de 10 à 20 g/l.

L'analyse des données d'isothermes indiquent que les données expérimentales sont bien décrites par les modèles mathématiques de Freundlich et Langmuir, avec un léger avantage pour le modèle de Langmuir. Selon le modèle de Langmuir, la constante R_L tient compte du facteur de séparation des paramètres d'équilibre et permet de prédire si l'adsorption est favorable ou non ([16], [17]). Lorsque $R_L > 1$, l'adsorption n'est pas favorable, alors qu'elle est favorable lorsque R_L se situe entre 0 et 1 ($0 < R_L < 1$). Pour des valeurs de R_L très proches de 0, l'adsorption est considérée comme irréversible. L'adsorption est linéaire lorsque R_L est égale à 1 ([16], [17], [35]). Vu la valeur obtenue de R_L dans la présente étude ($R_L = 0,149 \pm 0,14$), on en déduit que l'élimination du phosphore est favorable dans les conditions expérimentales testées. Aussi, selon le modèle de Langmuir, l'élimination du phosphore sur les granules de boues d'alun est monocouche et la capacité maximale (q_m) d'élimination du phosphore est 1,720 mg/g. Certes, la valeur de q_m est dans l'intervalle rapportée par la littérature (1,58 mg/g – 31,9 mg/g) ([12], [22], [27], [36]), elle se situe dans l'extrémité inférieure. Cette grande fluctuation des données issues de la littérature est attribuée aux facteurs, tels que la variation de la composition des boues, la pureté de l'alun utilisé, les produits chimiques utilisés, la composition de l'eau brute, etc. Selon le modèle de Freundlich, l'exposant n décrit la non-linéarité du processus d'élimination du phosphore. Lorsque $n > 1$, cela indique que l'adsorbat est faiblement lié à l'adsorbant, d'où une faible variation de l'énergie libre d'adsorption. L'exposant $n < 1$ indique que la majorité d'adsorbats fixés sur l'adsorbant améliore les énergies libres pour les adsorptions à venir. La valeur de n obtenue dans la présente étude ($n = 3,175 > 1$), indique que le phosphore se lie faiblement aux granules de boues d'UPEP. Des essais thermodynamiques (à réaliser sous différentes conditions de températures) pourraient permettre de déterminer les énergies impliquées et aider à définir les types d'interactions entre les granules de boues et le phosphore.

L'analyse des données cinétiques fait ressortir que le modèle cinétique de pseudo ordre 2 décrit le mieux la cinétique d'adsorption du phosphore sur les granules de boues d'UPEP ($R^2 = 0,963$).

Le taux d'élimination du phosphore est plus faible dans l'eau réelle que dans l'eau synthétique. Cela est en lien avec la composition plus hétérogène de la matrice d'eau réelle (effluent de la STBV de Korhogo). Elle contient toute une panoplie d'éléments chimiques qui pourraient entrer en compétition avec les ions PO_4^{3-} . Étant donné que les sites actifs ne sont pas sélectifs, ils peuvent interagir avec tout type d'anions monovalents ou polyvalents. D'ailleurs, les résultats de caractérisation de l'eau traitée montrent que la concentration des nitrates diminue au cours du traitement (passant de 167,8 mg/l à 143,6 mg/l). L'effet de la présence des anions autres que PO_4^{3-} sur les performances des boues devrait être investigué.

5 CONCLUSION

La présente étude a permis de connaître la composition physico-chimique des boues de l'UPEP de Sinematiali qui utilise l'alun. Ces boues sont riches en éléments réactifs au phosphore, tels que Al ($307,6 \pm 0,6$ g/kg) et Fe ($208,7 \pm 1,2$ g/kg), Ca ($9,3 \pm 0,0$ g/kg) et de Mg ($15,0 \pm 0,1$ g/kg). Les essais ont démontré qu'une fois déshydratées et conditionnées en granules, les boues d'UPEP ont une capacité d'élimination du phosphore significative et comparable à ce que la littérature rapporte sur d'autres types de matériaux déphosphatants. L'élimination du phosphore sur les granules de boues d'UPEP évolue selon deux phases, la première phase étant la principale. Elle est

principalement gouvernée par l'adsorption. La deuxième phase est gouvernée par la précipitation et/ou polymérisation du phosphore. Le temps nécessaire pour atteindre l'équilibre du traitement est de 4 h et le pH optimal est de 5. Le pH 5 permet d'atteindre un taux d'élimination de phosphore de 70% lorsqu'il s'agit d'une eau synthétique et 42,5% lorsqu'il s'agit d'une eau réelle (concentration de boues: 10 g/l). La différence de performances est en lien avec la présence d'éléments chimiques compétiteurs dans l'eau réelle, tels que les nitrates. L'adsorption du phosphore est parfaitement décrite par les isothermes de Freundlich et Langmuir, avec un léger avantage pour le modèle de Langmuir ($q_m = 1,72 \text{ mg/g}$, $R^2 = 0,985$). L'adsorption du phosphore sur les granules de boues d'alun est monocouche et la capacité maximale d'adsorption du phosphore est $q_m = 1,720 \text{ mg/g}$. Le phosphore se lie faiblement aux granules de boues d'UPEP. La cinétique du processus d'adsorption du phosphore est décrite par le modèle de pseudo-ordre 2, avec $k_2 = 0,023 \text{ g/mg.min}$ et un coefficient de détermination $R^2 = 0,963$. Les paramètres cinétiques obtenus sont similaires à ceux rapportés dans la littérature pour d'autres types de matériaux déphosphatants. L'augmentation de la concentration de boues fait accroître de façon significative le taux d'adsorption du phosphore. Dans le cas du traitement d'une eau réelle (effluent de STBV), lorsque la concentration de boues est majorée de 10 g/L à 40 g/l, on observe une augmentation du taux d'élimination du phosphore, passant 42,5 % à 87,5% au bout de 4 h de temps de contact.

REFERENCES

- [1] Coulibaly L.S., Abattement des phosphates des eaux usées par adsorption sur des géomatériaux constitués de Latérite, grès et schistes ardoisiers, Thèse de Doctorat Géosciences, Université de Lorraine, 177p, 2014.
- [2] Roy-Dumesnil G, Capture passive du phosphore d'une eau usée municipale en contexte de biofiltration. Université.
- [3] R. Galvez-Cloutier, S. Ize, and S. Arsenault, «La détérioration des plans d'eau: Manifestations et moyens de lutte contre l'eutrophisation», *Vecteur environnement* vol. 35, no. 6, pp. 18-37, 2002.
- [4] Metcalf et Eddy, Wastewater Engineering. Treatment and reuse, Fourth ed, McGraw-Hill Education, New York, 1819p, 2003.
- [5] M. Letshwenyo, R. Moroeng, and L. Mpenyana-Monyasti, «Investigation on the performance of a full-scale waste stabilization pond system in Botswana», *Physics and Chemistry of the Earth*, parts A/B/C, 72-75, pp.232-238, 2014.
- [6] C. Vohla, M. Kõiv, H.J. Bavor, F. Chazarenc and Ü. Mander, «Filter materials for phosphorus removal from wastewater in treatment wetlands», *Ecological Engineering*, vol. 37, no. 1, pp. 70–89, 2011.
- [7] N. M. Agyei, C.A. Strydom and J.H. Potgieter, «The removal of phosphate ions from aqueous solution by fly ash, slag, ordinary Portland cement and related blends», *Cement and Concrete Research* vol. 32, no. 12, pp. 1889-1897, 2002.
- [8] A.O. Babatunde and Y.Q. Zhao, «Constructive approaches toward water treatment works sludge management: An International Review of Beneficial Reuses», *Critical Reviews in Environmental Science and Technology*, vol. 37, no. 2, pp.129-164, DOI: 10.1080/10643380600776239, 2007.
- [9] D.F. Xu, J.M. Xu, J.J. Wu and A. Muhammad, «Studies on the phosphorus sorption capacity of substrate used in constructed wetland systems», *Chemosphere*, vol. 63, no. 2, pp. 344-352, 2006.
- [10] SODECI (Société de distribution d'eau de la Côte d'Ivoire) (2018). Rapport de développement durable. 119p.
- [11] Y.Q. Zhao, A.O. Babatunde, Y.S. Hu, J.L.G. Kumar and X.H. Zhao, «Pilot field-scale demonstration of a novel alum sludge-based constructed wetland system for enhanced wastewater treatment», *Process Biochemistry*, vol. 46, pp. 278–283, 2011.
- [12] A.O. Babatunde and Y.Q. Zhao, «Equilibrium and kinetic analysis of phosphorus adsorption from aqueous solution using waste alum sludge», *Journal of Hazardous Material*, vol. 184 no.1-3, pp. 746-752, 2010.
- [13] K.B., Dassanayake, G.Y. Jayasinghe, A. Surapaneni and C. Hetherington, «A review on alum sludge reuse with special reference to agricultural applications and future challenges», *Waste Management*, vol. 38, pp. 321–335, 2015.
- [14] B. Seyhi, P. Drogui, G. Buelna and J-F Blais, «Modeling of sorption of bisphenol A in sludge obtained from a membrane bioreactor process», *Chemical Engineering Journal* 172, 61–67, 2011.
- [15] B. Seyhi, P. Drogui, P. Gortares-Moroyoqui, I. Maria, Estrada-Alvaradob and L.H. Alvarezb, «Adsorption of an organochlorine pesticide using activated carbon produced from an agro-waste material», *Journal of Chemical and Biotechnology*, vol. 89 no. 12, pp. 1811–1816, 2014.
- [16] R. Shokoohi, M.H. Saghi, H.R. Ghafariet and M. Hadi, «Biosorption of iron from aqueous solution by dried biomass of activated sludge», *Iran Journal of Environmental Health Science and Engineering*, vol.6, no. 2, pp. 107-114, 2009.
- [17] S. K. Lagergren, «About the theory of so-called adsorption of soluble substance», *Kung Sven. Vetensk. Hand*, vol. 24, pp.1-93, 1898.
- [18] A.K. Bhattacharya and C. Venkobachar., «Removal of cadmium (II) by low cost adsorption», *Journal of Environmental Engineering*, vol. 110, no. 1, pp. 110-122, 1984.
- [19] MDDELCCCQ (Ministère du Développement Durable, de L'environnement et de la Lutte Contre les Changements Climatiques du Québec), Détermination des solides totaux et des solides totaux volatils: méthode gravimétrique, MA. 100 – S.T. 1.1, Rév. 5, Centre d'expertise en analyse environnementale du Québec, 13 p. 2017.
- [20] M.R. Patil et P.D. Raut, «Removal of phosphorus from sewage effluent by adsorption on Laterite», *International Journal of Engineering Research & Technology* (IJERT), vol.2, no. 9, pp. 551-559, 2013.
- [21] Djekoune L., Valorisation des boues issues du traitement des eaux de surface dans l'élimination des phosphates. Mémoire pour l'obtention du Magister, Université des sciences et de la technologie Houari Boumediene. N° d'ordre: 05/2014-11/GP. 103p, 2014.

- [22] A.T. Nair and M.M. Ahammed, «Water treatment sludge for phosphate removal from the effluent of UASB reactor treating municipal wastewater», *Process Safety and Environmental Protection* vol.94, no. 201, pp. 105–112, 2015.
- [23] V. Gopalakrishnan and R. Velkennedy, «A Study of the Influence of Water Treatment Plant Sludge on Wastewater Treatment», *International Journal of Pharmaceutical Sciences Review and Research*, vol. 39, no. 1, pp. 325-329, 2016.
- [24] A. D. Tidjani, and V. Hien, «Évaluation de la fertilité des sols de la région de la Côte d'Ivoire: cas d'Adiaké et de Korhogo», *Revue Ivoirienne des Sciences et Technologies*, vol. 22, pp.69-83, 2013.
- [25] I. N. Ouattara, E. K. Koffi, K. A. Kouamé, F. B. Appia, and K. E. Kassin, «Évaluation de la fertilité des sols dans la zone cotonnière de Korhogo, au nord de la Côte d'Ivoire», *International Journal of Biological and Chemistry Sciences*, vol. 12 no 4, 1938-1951, 2018.
- [26] N. Maqbool, Z. Khan and A. Asghar, «Reuse of alum sludge for phosphorus removal from municipal wastewater», *Desalination and Water Treatment*, vol. 57, no. 28, pp.13246-13254, 2016.
- [27] M. Kyncl, «Opportunities for water treatment sludge re-use», *GeoScience Engineering*, Vol. LIV, No.1, pp. 11-22, ISSN 1802-5420, 2008.
- [28] G.M. Anujkumar and M. Ahammed, «Water treatment sludge for removal of heavy metals from electroplating wastewater», *Environment and Engineering Research*, vol. 23, no. 1, pp.92-98, 2018.
- [29] Lemay J., Déphosphatation des eaux usées par l'utilisation de boues d'alun. Université de Sherbrooke. Faculté des sciences appliquées. Mémoire de maîtrise. ISBN 0-315-31755-8. 158p, 1985.
- [30] R. Y. Yang, S. C. S. Tsou, T. C. Lee; L-C. Chang, G. Kuo, P-Y. Lai, «Moringa, a novel plant rich in antioxidants, bioavailable iron, and nutrients», *American Chemical Society Symposium Series*, Vol. 925, no 17, pp. 224-239, 2006 [16] S. Gao, J. Cui and Z. Wei, (2009), «Study on the fluoride adsorption of various apatite materials in aqueous solution», *Journal of Fluorine Chemistry*, vol. 130, pp.1035-1041, 2009.
- [31] Y.Q. Zhao and Y. Yang, «Extending the use of dewatered alum sludge as a P-trapping material in effluent purification: study on two separate water treatment sludges», *Journal of Environmental Science and Health, Part A*, vol. 45, no. 10, pp. 1234-1239, 2010.
- [32] Ouakouak A, Élimination du cuivre, des nitrates et des phosphates des eaux par adsorption sur différents matériaux. Thèse de doctorat, Université Mohamed Khider, de Biskra, Algérie. 211p, (2017).
- [33] Kpannieu D.E., Traitement de la pollution phosphorée des effluents résiduels urbains par des matériaux de Côte d'Ivoire constitués de schiste ardoisier, grès et latérite: approches en réacteur homogène, en mode hydrodynamique contrôlé et en réacteur micro-pilote de terrain. Chimie analytique. Thèse doctorale. Université de Lorraine; Université Nangui Abrogoua (Abidjan), Français. 178p, 2018.
- [34] I. Langmuir, «The adsorption of gases on plane surfaces of glass, mica and platinum», *Journal of the American Chemical Society*, vol. 40, pp. 1361-1403, 1918.
- [35] Talib A.T., Characteristics and mechanisms of phosphorus removal by dewatered water treatment sludges and the recovery, Doctoral thesis, Cardiff School of Engineering, Cardiff University, 166p, 2017.

Enjeux économiques et conflits armés à l'Est de la République Démocratique du Congo

[Economic issues and armed conflicts in the East of the Democratic Republic of Congo]

Sadiki Nyembo Lucien

Relations Internationales, Université de Likasi, RD Congo

Copyright © 2024 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 persistence of insecurity in the east of the DRC invites reflection. Discussions on the causes of this insecurity cannot be done without noting the importance of the economic issues. Entitled «Economic issues and insecurity in the East of the Democratic Republic of Congo», this article aims to demonstrate the impact of economic issues on the persistence of insecurity in the East of the DRC. We demonstrate in this article that the persistence of insecurity in the east of the DRC is explained by several causes, in particular the economic issues of Rwanda. This position is shared by many authors, notably Pierre Jacquemot who maintains that «the control of mines and exit circuits was, for Rwanda, a way of continuing the war in another form and of creating a base for accumulation of capital for a country without natural resources and landlocked. Also, numerous international reports, notably that of January 2014, question Rwanda's support for the M23 and the fraudulent transits of coltan and tin via Kigali. Military campaigns have so far brought mixed results. Therefore, a different approach that focuses on structural reforms is needed. These structural reforms must aim in particular at good governance, the improvement of socio-economic conditions, the revitalization of the judicial system, and the restructuring of the FARDC. It is with these structural reforms that the DRC can hope to have a strong, organized, disciplined army capable of protecting the integrity of the national territory.

KEYWORDS: Reforms, wealth, looting, persistence, insecurity, support, crisis.

RESUME: La persistance de l'insécurité à l'Est de la RDC invite à réfléchir. Les discussions sur les causes de cette insécurité ne peuvent se faire sans relever l'importance des enjeux économiques. Intitulé « Enjeux économiques et insécurité à l'Est de la République démocratique du Congo », cet article vise à démontrer l'incidence des enjeux économiques sur la persistance de l'insécurité à l'Est de la RDC. Nous démontrons dans cet article que la persistance de l'insécurité à l'Est de la RDC est expliquée par plusieurs causes, notamment les enjeux économiques du Rwanda. Cette position est partagée par certains auteurs, notamment Pierre Jacquemot qui soutient que « le contrôle des mines et des circuits de sortie a été, pour le Rwanda, une manière de continuer la guerre sous une autre forme et de créer une base d'accumulation du capital pour un pays sans ressources naturelles et enclavé ». Aussi, de nombreux rapports internationaux, notamment celui de janvier 2014, mettent en cause le soutien du Rwanda au M23 et les transits frauduleux de coltan et d'étain via Kigali. Les campagnes militaires ont pour le moment apporté des résultats mitigés. Par conséquent, une approche différente qui se concentre sur les réformes structurelles est nécessaire. Ces réformes structurelles doivent viser notamment la bonne gouvernance, l'amélioration des conditions socioéconomiques, la redynamisation du système judiciaire, et la restructuration des FARDC. C'est avec ces réformes structurelles que la RDC peut espérer avoir une armée forte, organisée, disciplinée et capable de protéger l'intégrité du territoire national.

MOTS-CLEFS: Réformes, richesses, pillage, persistance, insécurité, soutien, crise.

1 INTRODUCTION

L'Est de la République démocratique du Congo (RDC) est l'épicentre de l'instabilité qui règne dans la région des Grands lacs africains. L'origine de cette instabilité est à situer en 1996 lorsqu'éclate la guerre de libération menée et gagnée par l'Alliance des forces démocratiques pour la libération du Zaïre (AFDL) conduite par Laurent-Désiré Kabila. Ce dernier a bénéficié d'un soutien militaire de certains pays voisins de la RDC, principalement le Rwanda et l'Ouganda. Le fil des événements ne tardera pas à démontrer que Paul Kagame et Yoweri Museveni avaient soutenu l'AFDL pour masquer leurs propres visées expansionnistes. Ayant constaté qu'ils ne pouvaient pas transformer le président Laurent-Désiré Kabila en une véritable marionnette, ils se sont décidés de s'en débarrasser. D'où la guerre d'agression et de pillage déclenchée le 2 août 1998 [1].

Alors qu'il est déstabilisé par les mouvements rebelles, Laurent-Désiré Kabila, appelé chaleureusement par les congolais « Mzee »¹, est assassiné le 16 janvier 2001 au Palais de marbre à Kinshasa. Il est remplacé par son fils Joseph Kabila Kabange avec lequel une ère nouvelle a été véritablement inaugurée sur le plan politique. Il entama les négociations avec les principaux chefs rebelles. A la fin de l'année 2006, les élections libres confirment Joseph Kabila à la tête du pays pour un mandat de 5 ans renouvelables une fois.

Au cours de la période électorale de 2006, un mouvement politico-militaire sous la présidence de Laurent Nkundabatware, plus connu sous le nom de Général Nkunda est créé. C'est le Congrès National pour la Défense du Peuple (CNDP). Le CNDP était initialement un mouvement pour la défense des intérêts des rwandophones à l'Est de la RDC [2]. Le M23 qui déstabilise aujourd'hui la partie Est de la RDC est issu du CNDP qui a déposé les armes le 23 mars 2009, à la suite d'un accord de paix stipulant que ses soldats seraient intégrés dans la police et l'armée congolaises, tandis que l'aile politique du CNDP deviendrait un parti politique officiellement reconnu. Cependant, une faction au sein du CNDP a par la suite dénoncé la mauvaise application de l'accord et s'est transformée en un nouveau groupe rebelle connu aujourd'hui sous le nom du M23 [3]. Dans des documents signés le 12 décembre 2013 avec le gouvernement congolais, le M23 s'était engagé à mettre fin au conflit à l'Est de la RDC [4]. Mais depuis mars 2022, cette partie de la RDC est de nouveau affectée par des crises sécuritaires et humanitaires liées à la résurgence du M23.

Les discussions sur les causes de la persistance l'insécurité à l'Est de la RDC ne peuvent se faire sans relever l'importance des enjeux économiques. Intitulé « Enjeux économiques et insécurité à l'Est de la République démocratique du Congo », cet article vise à démontrer l'incidence des enjeux économiques sur la persistance de l'insécurité à l'Est de la RDC. Pour y arriver, nous allons en premier lieu faire un aperçu des conflits armés à l'Est de la RDC; en second lieu, il sera question des acteurs de l'insécurité à l'Est de la RDC; en troisième lieu, nous allons surfer sur l'incidence des enjeux économiques sur la situation sécuritaire à l'Est de la RDC; enfin, il sera question des perspectives d'avenir.

2 APERÇU DES CONFLITS ARMÉS À L'EST DE LA RDC

Théâtre de la « Première Guerre mondiale africaine », qui a mis aux prises sept États africains et fait au minimum 2 millions de victimes entre 1996 et 2002, la RDC est la clé de la stabilité de l'Afrique centrale » [5]. En 2007, un rapport de l'*Internal Rescue Committee* établit qu'il y a eu près de 5,4 millions morts liées à la guerre en RDC depuis 1998 [6]. Toutefois, cette guerre qui a débutée en 1996 n'est pas la seule guerre qu'a connue la RDC, en effet, depuis son indépendance, le pays est allé de guerres en guerres: celle de la résistance contre l'invasion belge (1960), celle contre les sécessions organisées de force pour vider l'indépendance de son contenu, celles pour la « Deuxième Indépendance » contre la domination néocoloniale exigée par la Guerre froide (1963-1965), celle contre la tentative d'usurpation de pouvoir par les mercenaires dirigés par Jean Schramme (1967), celles contre la dictature néocoloniale mobutiste (1967-1980; 1977-1978; 1992-1993; 1994-1995; 1996-1997); celle contre l'expropriation des terres par des nouveaux venus (1993-1996 à Masisi [...], [7].

La guerre qui débute en 1996 est donc un conflit additionnel qui éclate en RDC, mais contrairement aux autres conflits, elle a lieu à un moment où l'État est affaibli. Cette guerre se termine brièvement en 1997 par la victoire de Laurent-Désiré Kabila qui détrône Mobutu Sese Seko. Laurent-Désiré Kabila prend sa place et renomme le Zaïre: RDC. La progression de l'AFDL est à l'origine de massacres de milliers de Hutu, qui seront qualifiés en 1997 de « massacres contre l'humanité » par l'ONU [8].

¹ Surnom donné à l'ancien président de la RDC Laurent Désiré Kabila, Mzee signifie littéralement « vieux » en swahili. Ce surnom a une connotation affectueuse en RDC. Il signifie « le sage ».

Il sied de noter que l'AFDL de Laurent Désiré Kabila a bénéficié d'un soutien militaire de certains pays voisins de la RDC, principalement le Rwanda et l'Ouganda. Ceux qui refusent de reconnaître cette réalité auront du mal à expliquer comment une coalition de quatre groupes de rebelles disparates formée le 18 octobre 1996 à Lemera, soit environ deux semaines après le déclenchement des hostilités par l'armée rwandaise, puisse se restructurer et s'organiser pour mener une campagne militaire victorieuse en un rien de temps, d'une part, et pourquoi, d'autre part, un officier militaire rwandais, James Kabarebe, devait prendre le commandement de la nouvelle armée nationale, les Forces armées congolaises (FAC). Le voile a été finalement et définitivement levé sur le rôle moteur du Rwanda dans la guerre de sept mois et le renversement de Mobutu par les déclarations du général Paul Kagame au journal américain le *Washington Post* en juillet 1997 et confirmées dans son entretien avec le professeur ougandais Mahmood Mamdani [9]. Même si la contribution de l'Angola sur le plan des opérations militaires proprement dites (la défaite des mercenaires à Kisangani, de la DSP à Lubumbashi et des hommes de l'Unita à Kenge) fut beaucoup plus importante, compte tenu de sa longue expérience en matière, un dispositif logistique considérable, les orgues de Staline et d'autres armes sophistiquées, l'initiative rwandaise visant la destruction des camps des réfugiés Hutu au Congo et, partant, les bases des ex-FAR et des *interahamwe* reste la clef de voûte de la marche victorieuse de l'AFDL vers Kinshasa [10].

Le fil des événements ne tardera pas à démontrer que Paul Kagame et le président ougandais Yoweri Museveni avaient soutenu l'AFDL pour masquer leurs propres visées expansionnistes. Ayant constaté qu'ils ne pouvaient pas transformer le président Laurent-Désiré Kabila en une véritable marionnette, ils se sont décidés de s'en débarrasser. D'où la guerre d'agression et de pillage déclenchée le 2 août 1998 [10]. Cette guerre a impliqué neuf pays africains et une trentaine de groupes armés, dont les forces Hutu qui rassemblent des Rwandais, des rebelles burundais, des Hutu congolais et les milices Mai-Mai, des autochtones qui se battent pour la défense de leur terre. Ces différents groupes souhaitent renverser les gouvernements Tutsi au pouvoir au Rwanda et au Burundi, et contrôler les ressources naturelles du Kivu. Malgré le cessez-le-feu de Gbadolite, les combats continuent dans la région du Kivu, essentiellement au Nord, et la région reste déchirée par les violences. Les milices Hutu et Tutsi sont coupables de nombreux crimes contre les civils [11].

Le 2 août 1998, Sylvain Buki, le commandant du 10^{ème} bataillon de l'armée congolaise basée à Goma, lance le premier un appel à l'insurrection. La radio diffuse pendant plusieurs heures son communiqué rendu en ces termes: « *Les provinces du Nord et du Sud-Kivu sont entrées dans une rébellion ouverte contre le Gouvernement de Laurent-Désiré Kabila. Nous, l'armée de la République Démocratique du Congo, avons pris la décision de démettre du pouvoir le président Laurent-Désiré Kabila* » [12]. Une nouvelle rébellion, soutenue par le Rwanda, l'Ouganda et le Burundi éclate en RDC, cette fois dressée contre Laurent-Désiré Kabila qu'ils avaient porté au pouvoir en mai 1997. La RDC était à nouveau dans une guerre civile, la deuxième, après celle de l'AFDL.

Alors qu'il est déstabilisé par les mouvements rebelles, Laurent-Désiré Kabila est assassiné le 16 janvier 2001 au Palais de marbre à Kinshasa. Il est remplacé par son fils Joseph Kabila Kabange. Avec l'avènement de Joseph Kabila Kabange à la magistrature Suprême, le 26 janvier 2001, une ère nouvelle a été véritablement inaugurée sur le plan politique. Il entama les négociations avec les principaux chefs rebelles. Au Dialogue inter-Congolais organisé à Sun City en Afrique du Sud sortira le principe d'un gouvernement de transition démarrée à partir du mois d'avril 2003 (un président et quatre vice-présidents) ainsi que le socle de la Constitution votée au Référendum populaire en 2005 et promulguée par le président de la République au mois de janvier 2006. Au courant de l'année 2006, les élections libres depuis 1966 confirment Joseph Kabila à la tête du pays pour un mandat de 5 ans renouvelables une fois.

Au cours de la période électorale de 2006, un mouvement politico-militaire sous la présidence de Laurent Nkundabatware, plus connu sous le nom de Général Nkunda est créé. C'est le CNDP qui était initialement un mouvement pour la défense des intérêts des rwandophones à l'Est de la RDC. A l'origine, de nombreux Hutu congolais ont rejoint les rangs du CNDP. Cependant, la tentative de créer une coalition rwandophone a échoué et depuis lors, le CNDP ne se présente plus de cette manière. Il est à présent de notoriété publique que Nkunda et son mouvement sont au service des intérêts de la minorité Tutsi (ou du moins d'une partie de ceux-ci) dans les Kivus. Nkunda tente même de créer une certaine paranoïa parmi la population Tutsi dans le Nord-Kivu. Dans ses discours, tracts et autres formes de communication politique, il fait constamment référence au passé violent contre les Tutsi et l'imminence d'un génocide [13]. Dans son manifeste politique de décembre 2006 [14], le CNDP formulait 8 objectifs principaux. Les plus importants sont les suivants:

- Mettre fin à la présence des groupes armés étrangers sur le sol congolais (avec un fort accent sur les Forces Démocratiques de Libération du Rwanda, les FDLR);
- Le retour des réfugiés congolais de l'étranger;
- Une enquête indépendante des crimes de guerre commis sur le sol congolais entre 1998 et 2004;
- Un processus d'intégration alternatif pour les FARDC (différent du processus actuel de brassage);
- La fédéralisation de la RDC.

Si le CNDP s'est doté d'un programme et de quelques structures politiques (un bureau politique, un secrétariat exécutif, etc.), il demeurait avant tout une organisation militaire dont quasiment tous les membres ont un background militaire. Les troupes du CNDP étaient constituées des unités des anciennes 81^{ème} et 83^{ème} brigades au passé Rassemblement Congolais pour la Démocratie (RCD), avec le renfort des soldats démobilisés des Forces de Défense Rwandaises [15]. Au mois de janvier 2009, les officiers supérieurs du CNDP ont pris la décision de mettre fin à leur rébellion [16].

Le M23 est issu du CNDP qui a déposé les armes le 23 mars 2009, à la suite d'un accord de paix stipulant que ses soldats seraient intégrés dans la police et l'armée congolaises, tandis que l'aile politique du CNDP deviendrait un parti officiellement reconnu. Cependant, une faction au sein du CNDP a par la suite dénoncé la mauvaise application de l'accord et s'est transformée en nouveau groupe rebelle connu aujourd'hui sous le nom du M23 [17]. Dans des documents signés le 12 décembre 2013 avec le gouvernement de la RDC, le M23 s'était engagé à mettre fin au conflit dans l'Est de la RDC. Les trois documents réaffirmaient la dissolution du M23 en tant que groupe armé et précisaient les modalités de la démobilisation ainsi que la renonciation de ses membres à la violence pour faire valoir leurs droits [18].

Au mois de novembre 2021, il s'est observé la résurgence du Mouvement du 23 mars (M23). En mai 2022, les nouvelles avancées du groupe armé M23 ont considérablement accru les tensions, entraînant le déplacement de 214 000 personnes [19] et provoquant des fusillades et des tirs de missiles à la frontière entre la RDC et le Rwanda. Le commerce transfrontalier entre la RDC et l'Ouganda a également été interrompu, ce qui a conduit à l'arrêt des économies locales. Le 13 juin, le M23 s'est emparé de la ville frontalière de Bunagana [20]. Le 15 juin, des manifestations anti-Rwanda ont menacé d'éclater à Goma [21], avec des groupes de la société civile constatant le ciblage de Tutsi congolais et rwandais dans un climat de discours de haine croissant sur les médias sociaux [22]. Le 17 juin, la mort d'un soldat de la RDC à la frontière avec le Rwanda a déclenché de nouvelles manifestations [23]. La RDC a accusé le Rwanda de soutenir la résurgence des rebelles du M23, tandis que le Rwanda l'a accusé en retour de collaborer avec les FDLR. La rhétorique s'aggravant rapidement de part et d'autre, une escalade militaire entre les deux pays est apparue fin juin comme une possibilité distincte.

Depuis mars 2022, la RDC, en particulier dans sa province orientale du Nord-Kivu, est affectée par des crises politiques, sécuritaires et humanitaires liées aux conflits armés entre les structures militaires nationales de sécurité, notamment les Forces armées de la RDC (FARDC) et le Mouvement du 23 mars (M23). Ceci a conduit à diverses poches de tension dans plusieurs localités, dont certaines ont abouti au contrôle de localités et de territoires, notamment Rutshuru, par le M23 [24].

Après une apparente accalmie à la fin de l'année 2022, la situation sécuritaire est restée volatile tout au long du début de l'année 2023, marquée par une intensification des opérations militaires entre les Forces armées congolaises et les groupes armés du M23 qui se battent pour étendre leur contrôle sur d'autres territoires, notamment ceux de Masisi et de Lubero. Si la situation sécuritaire s'est améliorée dans certaines zones suite à une décision de « cessez-le-feu » et au retrait apparent du groupe armé M23 de certaines localités, l'impact des violences et la nécessité de se protéger continuent de provoquer de nouveaux déplacements préventifs, ainsi que des déplacements secondaires de populations fuyant les attaques contre diverses positions des FARDC et des combattants d'autodéfense dans le territoire de Masisi et de Rutshuru [24].

La situation sécuritaire volatile provoque des déplacements dans les zones marquées par la présence de groupes armés vers des communautés relativement calmes où les populations déplacées s'installent à la fois dans des centres collectifs, des sites et des villages d'accueil. Des vagues de retour dans certaines localités résultant d'une amélioration relative de la situation sécuritaire ont été observées dans le cadre de cette évaluation de crise menée par l'OIM du 11 au 20 mars 2023, en particulier dans les localités affectées par la crise [24].

L'incertitude entourant la résolution pacifique de ce conflit, qui dure depuis mars 2022, continue d'accroître les vulnérabilités des populations déplacées ainsi que des communautés d'accueil et d'alimenter les inquiétudes croissantes concernant une situation humanitaire déjà alarmante, et soulève des préoccupations justifiées concernant la diminution des ressources communautaires et l'insuffisance des réponses humanitaires face à l'ampleur de la crise.

3 LES ACTEURS DE L'INSECURITE À L'EST DE LA RDC

Les acteurs principaux de l'insécurité à l'Est de la RDC sont principalement les groupes armés rebelles. Le nombre des groupes armés dans cette région est évalué à plus au moins 19 groupes avec un effectif oscillant entre 7 et 17 000 combattants [25]. En raison de la fragmentation typique remarquée dans d'autres conflits prolongés, la mission de maintien de paix des Nations Unies a alerté sur la possibilité de « création de nouveaux groupes [26] ». Plusieurs de ces groupes sont des milices criminalisées qui profitent du trafic illicite des ressources naturelles de la région. Certains sont dirigés par des politiciens locaux et d'autres sont des forces d'autodéfense au service des communautés. Les objectifs, les alliances et le leadership parmi ces groupes sont ponctuelles, souvent opportunistes, très versatiles et parfois contradictoires. L'insécurité dans cette région est

également alimentée par des facteurs externes. Des milices opposées aux gouvernements du Burundi, du Rwanda, et de l'Ouganda sont basées à l'Est de la RDC, épicerie de l'insécurité dans la région des Grands Lacs africains [27].

Depuis quelques années, les groupes armés les plus actifs sur le territoire congolais sont le M23, les Forces démocratiques de libération du Rwanda (FDRLR) et les Forces démocratiques alliées (ADF).

3.1 LE M23

Le Mouvement du 23 mars ou le M23 est issu du CNDP, qui a déposé les armes le 23 mars 2009, à la suite d'un accord de paix stipulant que ses soldats seraient intégrés dans la police et l'armée congolaises, tandis que l'aile politique du CNDP deviendrait un parti officiellement reconnu. Cependant, une faction au sein du CNDP a par la suite dénoncé la mauvaise application de l'accord et s'est transformée en un nouveau groupe rebelle. Ce dernier s'est fait connaître sous le nom de M23 en 2012. En plus de proclamer l'application des termes de l'accord de paix, le M23 prétend défendre les intérêts des minorités congolaises de langue Tutsi et Kinyarwanda. Dans le discours du M23, les doléances de ces minorités gravitent autour des menaces des milices Hutu et de l'inaptitude de l'État à les protéger. Malgré ces objectifs proclamés, le M23 a commis des violations des droits de l'Homme contre des civils, y compris des Tutsi, notamment lorsqu'il a occupé la capitale provinciale de Goma, au Nord-Kivu, en 2012. Il a fallu une action militaire conjointe des FARDC et de l'ONU pour vaincre le M23, entraînant la fuite des combattants vers le Rwanda et l'Ouganda [28].

Depuis sa défaite militaire en 2013, et à l'exception de quelques incidents mineurs, le M23 est resté en sommeil pendant près de dix ans, jusqu'à la fin de l'année 2021, date à laquelle le groupe a à nouveau intensifié ses attaques. En mars 2022, la violence s'est intensifiée lorsque le M23 a abattu un hélicoptère de l'ONU, tuant six soldats onusiens. En outre, le M23 a pris le contrôle de vastes parties du territoire de Rutshuru. Le raid sur la base militaire de Rumangabo en mai 2022 et la prise de la ville frontalière de Bunagana en juin, ont été les catalyseurs de la mainmise du M23 sur le Nord-Kivu. Si la première attaque a permis au M23 d'avoir accès à des armes de qualité militaire, la seconde opération a augmenté sa base de revenus grâce à la taxation illégale du commerce frontalier. Fin novembre 2022, le M23 s'est également emparé des groupements stratégiques de Kibumba et Buhumba, dans le territoire de Rutshuru. Cela leur a permis de couper la *Route Nationale 2*, une voie d'accès majeure à Goma. Par conséquent, certains craignent que leur contrôle des approvisionnements de Goma soit une première étape vers la reconquête de la ville [28].

Les objectifs du M23 se situent à l'intersection des intérêts de pouvoir locaux, nationaux et régionaux, comme l'a souligné, entre autres, le dernier rapport du groupe d'experts des Nations unies sur la RDC, qui explique en détail comment ce groupe rebelle est soutenu par le Rwanda [28].

3.2 LES FORCES DEMOCRATIQUES DE LIBERATION DU RWANDA (FDRLR)

Les FDLR sont l'un des plus importants groupes armés étrangers opérant sur le territoire de la RDC. Défendant les intérêts des Hutu rwandais réfugiés en RDC et opposé à la présidence de Paul Kagame, il aurait pris la suite de l'Armée de Libération du Rwanda (ALIR) et compterait dans leurs rangs des responsables du génocide des Tutsi de 1994, ce que le groupe nie. L'objectif des FDLR est de retourner au Rwanda et de renverser le régime du président Paul Kagame [29].

Actuellement, les FDLR constituent le plus grand groupe armé présent dans les provinces du Kivu. Elles sont un mouvement politico-militaire provenant des ex-FAR (Forces Armées Rwandaises), des miliciens ex-Interahamwe et de civils Hutu qui ont fui l'offensive du Front Patriotique Rwandais (FPR/RPF) dans le Rwanda voisin en 1994. Les FDLR sont le successeur de l'Armée de Libération du Rwanda (ALIR) qui est à son tour le successeur du Rassemblement pour le Retour des Réfugiés et la Démocratie au Rwanda (RDR). La composition des FDLR est différente aujourd'hui de la composition des initiateurs du RDR en 1995. Si un noyau puissant du mouvement des FDLR est toujours composé de Hutu impliqués dans le génocide de 1994, la grande majorité est innocente. Beaucoup d'entre eux sont des jeunes qui n'étaient encore que des enfants à l'époque du génocide rwandais. Le nombre exact des membres des FDLR impliqués dans le génocide rwandais fait l'objet de débats [30].

Dans leur communication officielle, les FDLR affirment qu'elles ne cherchent pas de solution militaire aux problèmes de la région [31]. Leur principale revendication est la création d'un dialogue inter-rwandais. Les FDLR affirment qu'elles seraient prêtes à retourner au Rwanda si un tel dialogue avait lieu et que la sécurité était assurée. En attendant, chaque combattant peut pour lui-même décider s'il veut rentrer. En réalité, les soldats des FDLR ne sont pas conscients des programmes de rapatriement existants – ils ne sont pas informés par leurs supérieurs – et ceux qui le sont ont trop peur pour désertir. Tout au long de leur histoire, les FDLR ont connu plusieurs groupes dissidents qui ont quitté l'organisation principale en raison de certains désaccords. L'un d'entre eux, le Ralliement pour l'Unité et la Démocratie (RUD) est toujours actif et son nombre est suffisamment important que pour représenter un risque sécuritaire [32].

3.3 LES FORCES DEMOCRATIQUES ALLIEES (ADF)

De tous les groupes armés sévissant à l'Est de la RDC, les Forces démocratiques alliées ou ADF sont les plus meurtriers durant ces dernières années. D'origine ougandaise et affiliés à l'organisation État islamique, ces djihadistes qui mènent des attaques contre des civils continuent de sévir de la RDC jusqu'en Ouganda malgré l'action conjointe des forces armées des deux pays.

À l'origine, les Forces démocratiques alliées sont une coalition de groupes armés ougandais, dont le plus important était composé de musulmans, opposés au président ougandais Yoweri Museveni (président de la république d'Ouganda depuis 1986). Historiquement, cette rébellion tire sa lointaine inspiration de la secte Tabligh, née au début du XXe siècle dans une Inde sous domination britannique, rappelle le Groupe d'Etude sur le Congo (GEC) dans un rapport publié en novembre 2018. Les premiers membres des ADF appartenaient à cette secte, qui en Ouganda est parfois associée à un courant salafiste. Le chef des ADF Jamil Mukulu est né chrétien, se convertit à l'Islam, part étudier en Arabie saoudite à Ryad d'où il revient avec une vision militante de l'Islam. Il sera arrêté et emprisonné avec d'autres lors des luttes de pouvoir pour le contrôle des musulmans en Ouganda [33].

Après sa libération en 1994, Mukulu s'enfuit au Kenya tandis qu'un autre dirigeant de son mouvement, Yusuf Kabanda, part vers l'est du Congo où il s'allie avec un groupe rebelle laïc ougandais, l'Armée nationale pour la libération de l'Ouganda - la NALU. À l'est du Congo alors appelé Zaïre, l'alliance rebelle ougandaise ADF-NALU œuvre pour le maréchal congolais Mobutu contre un ennemi commun, le président ougandais Yoweri Museveni. À la chute de Mobutu en 1996, provoquée en partie par l'intervention de l'armée ougandaise, les rebelles ADF-NALU fuient et trouvent refuge dans les savanes autour de Beni [33].

Implantés sur le Territoire de Beni à l'est de la RDC, les ADF-NALU s'implantent localement et mènent des raids contre l'Ouganda. Dans les années 2000, les ADF perdent leur allié NALU démobilisé. Le groupe se radicalise et devient plus agressif contre les populations locales alors qu'il fait aux offensives des Forces armées congolaises. En représailles, les ADF commettent à partir d'octobre 2014 une série d'horribles massacres contre la population locale, rappelle le rapport du GEC, et plus de 500 personnes ont été massacrées dans le Territoire de Beni entre octobre 2014 et décembre 2016. À la suite de l'arrestation de Jamil Mukulu en 2015, un nouveau chef le remplace, Musa Seka Baluku. En 2019, les ADF prêtent allégeance à l'organisation État islamique qui revendique les attentats en désignant le groupe comme sa "Province d'Afrique centrale". À l'Est de la RDC, les ADF sévissent dans les provinces du Nord-Kivu ainsi que de l'Ituri frontalières de l'Ouganda et sont accusés d'avoir massacré des milliers de personnes [33].

Les ADF sont régulièrement des incursions meurtrières en Ouganda. L'attaque du lycée Lhubirha à Mpondwe, marque cruellement la capacité des ADF de frapper en Ouganda lors d'une incursion, la deuxième depuis décembre 2022. Mais il s'agit de l'attaque la plus meurtrière depuis le double attentat à Kampala en 2010 qui avait fait 76 morts lors d'un raid revendiqué par le groupe islamiste des shebab, basé en Somalie. À la suite de l'attaque du lycée ougandais, les rebelles se sont repliés de l'autre côté de la frontière congolaise dans le parc des Virunga, la plus ancienne réserve naturelle d'Afrique mais aussi un repaire pour différentes milices.

3.4 LES GROUPES REBELLES BURUNDAIS

En dehors du M23, des FDLR, et des ADF, il faut signaler que des groupes rebelles burundais sévissent aussi à l'Est de la RDC. Les plus actifs sont le RED-FRONABU Tabora, les Forces nationales de libération (FNL) et le FPB (Les Forces populaires du Burundi).

La RED-FRONABU Tabara (Résistance pour un État de droit au Burundi) est considérée par la plupart des experts comme la branche armée du parti politique du Mouvement pour la solidarité et la démocratie (MSD) qui était représenté au Parlement jusqu'en avril 2017. Ce parti politique de l'opposition est présidé par Alexis Sinduhije. Si le mouvement est présent dans l'est de la RDC depuis 2011, la faction armée est très divisée entre la RED et le FRONABU. Selon un rapport de l'*International Crisis group* du 5 avril 2017, la Tabara est principalement composée de jeunes militants du MSD ayant fui les persécutions dans leur pays d'origine. La Tabara est populaire au Burundi mais manque de moyens opérationnels [34].

Les Forces nationales de libération du Burundi (FNL) sont présentes depuis une vingtaine d'années dans le Sud-Kivu et ont combattu dans la guerre civile burundaise pour la cause hutue. Même s'il est beaucoup moins actif qu'auparavant, le groupe a repris les armes depuis février 2013 après l'évincement de son chef historique, Agathon Rwaswa. Celui-ci préside depuis un parti politique ayant gardé le même nom que la guérilla et représenté au Parlement burundais. Le groupe armé aujourd'hui commandé par un déserteur de l'armée burundaise, le colonel Nzabampema est placé sous la direction politique d'Isidore Nibise. Début 2016, les FNL comptaient 400 hommes établis dans les hauts plateaux et les plaines de la Ruzizi. Elles sont

essentiellement composées de Burundais provenant de la région de la forêt de Rukoko ou du camp de réfugiés de Lusenda, mais aussi de quelques déserteurs des forces armées burundaises [34].

Les Forces populaires du Burundi (FPB) ont été créées le 23 décembre 2015, sous le nom de FOREBU, avant de se rebaptiser ainsi en août 2017. Le groupe serait progressivement devenu le plus puissant des groupes rebelles burundais en RDC, selon le dernier rapport des experts des Nations unies. Le mouvement compterait entre 300 et 500 combattants, concentrés dans les territoires d'Uvira et de Fizi (Sud-Kivu). Il est principalement composé de déserteurs des forces armées et de la police burundaise. Néanmoins, pour renforcer ses effectifs, le groupe recrute des civils dans le camp de réfugiés de Lusenda. Le mouvement semble dépasser les clivages ethniques, puisque on y retrouve à la fois des Tutsi et des Hutu. S'il manque de relais dans la population burundaise, c'est lui qui posséderait les soldats les mieux formés [34].

4 L'INCIDENCE DES ENJEUX ÉCONOMIQUES SUR LA SITUATION SECURITAIRE À L'EST DE LA RDC

La persistance de l'insécurité dans la région des Grands Lacs africains est expliquée par plusieurs causes. Mais dans le cadre de cette étude, nous partons de la thèse selon laquelle la persistance de l'insécurité dans la région des Grands Lacs africains est alimentée par des enjeux économiques. A ce niveau, précisons que l'enjeu est l'objet que l'on veut acquérir, ne le possédant pas; mais alors celui qui le possède veut dans la plupart des cas le conserver et on lui impose ainsi, de l'extérieur, de considérer l'objet comme un enjeu. L'apparition d'un enjeu suscite celle du risque. Les dirigeants des Etats peuvent exprimer les espoirs ou les idéaux de leurs peuples, mais ces espoirs ne constituent pas en tant que tels ce on peut appeler à proprement parler des enjeux (*policy goals*). Ils ne deviendront des enjeux que si la décision est prise qu'il faut, pour leur réalisation, faire un effort national impliquant des sacrifices ou le risque de sacrifices. On pourra, de ce point de vue, définir le conflit comme « *les situations successives dans lesquelles deux ou plusieurs partenaires considèrent un objet comme un enjeu dont la possession (à acquérir ou à garder) mérite que l'on coure des risques* » [35]. Partant de la définition de l'enjeu susmentionnée, nous pouvons définir un enjeu économique comme l'objet économique que l'on veut acquérir, ne le possédant pas; mais alors celui qui le possède veut dans la plupart des cas le conserver et on lui impose ainsi, de l'extérieur, de considérer l'objet économique comme un enjeu économique.

Les ressources minières que regorge la partie Est de la RDC constituent des enjeux économiques pour certains pays de la région des Grands africains qui ne les possèdent pas. Elles attirent la convoitise de certains Etats voisins. Et le plus cité est le Rwanda. Cette position est partagée par certains auteurs, notamment Pierre Jacquemot qui soutient que « le contrôle des mines et des circuits de sortie a été, pour le Rwanda, une manière de continuer la guerre sous une autre forme et de créer une base d'accumulation du capital pour un pays sans ressources naturelles et enclavé. À présent, le Rwanda de Paul Kagamé, fort de ses réussites économiques, peut s'émanciper de ses deux rentes constitutives, celle de l'aide étrangère fondée sur la compassion et celle du secteur minier fondée sur l'exploitation du voisin » [36].

Notre thèse se vérifie par le soutien persistant du Rwanda aux rebelles du M23 et la quête ou la préservation illicite des ressources minières de sa part du Rwanda dans la partie Est de la RDC.

4.1 LE SOUTIEN DU RWANDA AUX REBELLES DU M23

Il est important de remonter les faits dans l'histoire afin de comprendre le contexte du soutien du Rwanda au M23. En effet, le chaos qui règne en RDC vers le début des années 1990 permet la prolifération de groupes rebelles qui n'ont aucune autre alternative économique et utilisent la violence pour obtenir de l'argent, le pouvoir politique et surtout le contrôle des ressources. Malgré les efforts fournis pour mettre en place des processus en vue de réguler le marché des minerais issus de zones en conflit, il reste un domaine lucratif pour les groupes rebelles qui; grâce aux bénéfices tirés peuvent acquérir des armes, du matériel militaire auprès de pays tiers fabricants et fournisseurs d'armes de guerre, et ce malgré l'embargo sur les armes [37].

C'est dans ces circonstances qu'en 1996, le Rwanda et l'Ouganda, soutenu par des puissances occidentales, se joignent à Laurent Désiré Kabila à la tête de l'AFDL, pour se débarrasser d'un ennemi en commun, le président Mobutu [38]. Le Rwanda et l'Ouganda, pendant l'ère de Mobutu, avaient vu s'accroître dans le pays voisin des menaces à leur sécurité nationale [39]. Au lendemain de la prise de pouvoir par l'AFDL, face à l'hostilité de la population congolaise envers les troupes rwandaises et ougandaises, l'alliance s'affaiblit et Monsieur Kabila est poussé à se défaire de ses alliés. Ce qui a comme conséquence, le déclenchement de la guerre de 1998 [40]. Bien qu'il soit difficile de prouver que le motif initial du Rwanda était l'exploitation des ressources congolaises, une fois sur le terrain, les troupes rwandaises ont bénéficié des opportunités sur place et une partie du profit généré de ces activités lucratives a été acheminée dans le budget de l'État rwandais [41]. Si les troupes rwandaises et ougandaises se sont officiellement retirées du Congo dans les années 2002, la présence de ces deux pays est cependant

toujours palpable dans l'Est du pays où elles soutiennent les groupes rebelles toujours dans le but de conserver les avantages financiers tirés de l'exploitation des ressources.

Dans un rapport récent au Conseil de sécurité, le groupe d'experts des Nations Unies sur la RDC écrit que le Rwanda continue de supporter un des plus grands groupes rebelles en RDC, le M23: « le Groupe d'experts a établi que le M23 a continué à recevoir un appui en provenance du Rwanda, le plus fréquemment sous la forme d'activités de recrutement, ainsi qu'il est indiqué plus haut, et d'approvisionnement en armes et munitions, en particulier au cours des périodes de combat. Le M23 a également reçu des renforts directs de soldats rwandais en août. Au cours des combats en octobre, des chars rwandais ont tiré en direction de la RDC, à l'appui du M23 » [42].

Officiellement, le M23 a été défait le 5 novembre 2013 par une opération conjointe entre la MONUC et l'armée congolaise. Néanmoins, à l'écriture de son rapport en janvier 2014, le groupe d'experts indique que le recrutement a continué à se faire au Rwanda [42]. Le rapport au Conseil de sécurité des Nations unies montrait en détail en 2012 que le M23 bénéficiait d'un soutien important militaire, financier et politique de la part de membres haut placés du gouvernement rwandais, y compris du ministre de la Défense et du chef d'état-major de la Défense du Rwanda [43]:

- assistance directe à la création du M23 à partir du territoire rwandais;
- recrutement effectué par les Forces rwandaises de défense pour le compte du M23;
- appui logistique des Forces rwandaises de défense au M23;
- implication directe de responsables rwandais de haut rang dans la mobilisation de l'appui au M23;
- appui direct fourni au M23 par des unités des Forces rwandaises de défense lors d'opérations en RDC;
- soutien au M23 par des officiels rwandais;
- soutien du Rwanda à des groupes armés et à des mutineries liées au M23;
- soutien du Rwanda à des personnes visées par les sanctions, notamment le général Bosco Ntaganda.

La RDC accuse son voisin le Rwanda de soutenir ces rebelles, ce qui est corroboré par des experts de l'ONU, les Etats-Unis et d'autres pays occidentaux, bien que Kigali s'en défende. Félix Tshisekedi, président de la RDC, a accusé le 5 juin 2022 le Rwanda de soutenir le M23 [44]. La France et les États-Unis ont exprimé leurs inquiétudes face au soutien militaire continu du Rwanda au M23 et de la présence de soldats rwandais sur le territoire congolais [45].

4.2 LA QUETE OU LA PRESERVATION ILLICITE DES RESSOURCES MINIERES DE SA PART DU RWANDA DANS LA PARTIE EST DE LA RDC

La RDC regorge d'une multitude de ressources minières qui sont principalement situées à l'Est du pays où se sont enracinés les groupes rebelles que nous avons présenté précédemment. Les minerais qui se retrouvent en RDC ont une valeur particulière dans le monde contemporain, car ils sont utilisés dans l'industrie électronique notamment dans la fabrication de téléphones et d'ordinateurs portables, mais aussi dans les bijoux [46]. Parmi ces minerais, on retrouve « la cassitérite (minerai d'étain), le coltan (minerai qui permet d'obtenir un métal rare, le tantale), le wolframite (minerai de tungstène) et l'or ». L'uranium est également une ressource minière que l'on retrouve en RDC, « pendant la Deuxième Guerre mondiale, l'uranium dans la bombe atomique larguée sur Hiroshima provenait d'une mine au sud-est du Congo ». Sans oublier le diamant qu'on retrouve également en RDC.

L'existence de racines économiques à la situation de violence qui prévaut dans le Congo oriental est avérée par de nombreux rapports [47]. Le dernier rapport date de janvier 2014 et met clairement en cause, d'une part, le soutien du Rwanda aux forces rebelles du M23 et, d'autre part, les transits frauduleux de coltan et d'étain *via* Kigali². Les deux observations ne sont pas explicitement reliées mais le pas est franchi par la plupart des analystes, comme Pierre Péan, qui reprend de larges extraits des rapports pour démontrer l'exploitation abusive dont est victime le Congo depuis vingt ans [48].

Depuis 2010, l'exportation de minerais (cassitérite, coltan et tungstène) est devenue la première source de rentrée de devises du Rwanda, dépassant pour la première fois l'exportation du thé. En 2013, les minerais représentaient 28 % du total des exportations [49].

Or, le Rwanda ne dispose pas des gisements de taille suffisante pour fournir une telle production. En fait, pendant des années, les minerais du Congo ont passé la frontière pour recevoir une étiquette au Rwanda. Une fois mis en fûts et chargés

² En janvier 2014, profitant de son statut de membre du Conseil de sécurité, le Rwanda a tenté de bloquer ce rapport portant des « accusations sur le soutien du Rwanda au M23 et le recrutement sur son sol de supplétifs combattant en RDC ».

dans un petit avion assurant la liaison avec Goma, ils sont majoritairement transférés à Kigali, plaque tournante du trafic, où ils peuvent trouver une légalité en devenant, après une première transformation, un « produit made in Rwanda ». Le corridor rwandais conduit ensuite à Mombasa et Dar es-Salaam, pour se poursuivre vers l'Europe, les Émirats arabes unis et, surtout, l'Asie³.

Tous les éléments constitutifs d'un véritable « modèle » d'économie de guerre sont réunis dans les Grands Lacs: une rente minière facile à mettre en valeur avec un faible investissement industriel – mais avec des coûts de sécurité élevés –, une main d'œuvre disponible et aisée à exploiter, un réseau commercial efficace, un mode d'accumulation simple reposant sur un système financier élémentaire, un réseau internationalisé de vente de minerais et un autre pour l'approvisionnement en armes.

Installé il y a vingt ans, ce modèle demeure, mais évolue. Les racines des conflits ne se résument pas à la seule rapacité autour des ressources minérales. Dans la longue durée, des enjeux démographiques, liés à l'occupation de l'espace dans les Grands Lacs, nourrissent les tensions ethniques, exacerbées par les haines accumulées depuis des décennies. Dans ce contexte, l'exploitation des ressources minières est plutôt un facteur aggravant, et la violence endémique qui règne dans les Grands Lacs est amplifiée par la militarisation de l'économie et la fraude massive.

En outre, il est important de signaler le décollage économique du Rwanda grâce aux rentes issues de l'exploitation minière de la RDC. Le contraste entre les trajectoires économiques du Rwanda et de la RDC est saisissant. Sensiblement identique à celui de la RDC en 1994, le revenu par tête du Rwanda est désormais 2,6 fois supérieur [50].

Au regard de ce qui précède, il y a lieu d'affirmer que la rente minière de la RDC a constitué la base de l'accumulation primitive du capital au Rwanda. L'on peut aussi affirmer que les enjeux économiques du Rwanda ont une incidence certaine sur la situation sécuritaire à l'Est de la RDC; et de manière générale, dans la région des Grands Lacs africains. C'est sur base de cette affirmation que nous nous permettons d'analyser les perspectives d'avenir.

5 LES PERSPECTIVES DE LA PAIX À L'EST DE LA RDC ET DANS LA SOUS-REGION DES GRANDS LACS AFRICAINS

Les différents gouvernements qui se sont succédé en RDC ont mis en avant une réponse militaire à l'insécurité à l'Est de la RDC. Citons notamment l'opération « Umoja Wetu » lancée 20 janvier 2009 par les armées rwandaise et congolaise et dont la double mission était de traquer les FDLR et neutraliser les derniers éléments fidèles à Laurent Nkunda; l'opération « Amani leo » menée par les FARDC à partir de janvier 2010 et dont l'objectif principal était de repousser les FDLR loin de la frontière avec le Rwanda, dans des forêts difficilement accessibles, afin de les couper de leurs ressources économiques (notamment l'exploitation illégale de mines); l'opération « Kimia II » lancée en mai 2009 par le gouvernement de la RDC avec le soutien de l'Organisation des Nations unies (ONU) pour lutter contre la rébellion des FDLR dans l'Est du pays; etc.

En dépit de ces multiples opérations militaires, le constat que tout le monde peut faire est que l'Est de la RDC demeure une région instable et les différents groupes armés rebelles continuent de semer l'insécurité et de se livrer à des actes ignominieux. Les campagnes militaires ont donc pour le moment apporté des résultats mitigés et démontrent que seule la réponse militaire n'est pas suffisante. Par conséquent, une approche différente qui se concentre sur les réformes structurelles en RDC est nécessaire. Ces réformes structurelles doivent viser notamment la bonne gouvernance, l'amélioration des conditions socioéconomiques, la redynamisation du système judiciaire, et la restructuration des forces de défense et de sécurité (armée et police congolaises). C'est avec ces réformes structurelles que la RDC peut espérer avoir une armée forte, organisée, disciplinée et capable de protéger l'intégrité du territoire congolais.

Au niveau régional, il sied de noter que la position géographique de la RDC⁴ et l'immensité de son territoire l'oblige d'adopter d'autres mécanismes pouvant suppléer aux forces de défense et de sécurité. C'est notamment le renforcement de la politique de bon voisinage. Le *Good Neighbor policy* est une réalité nécessaire que la RDC doit entretenir afin d'assurer l'intégrité de son territoire. L'instabilité à l'Est de la RDC a remis en cause le principe de bon voisinage et a bouleversé la configuration géopolitique de la Région des Grands Lacs africains. S'il est vrai que l'intérêt national constitue l'enjeu par excellence pour un Etat et ce qui guide son action politique extérieure, et que c'est au nom de celui-ci que les Etats de la région

³ L'or de l'Ituri emprunte plutôt le corridor ougandais et celui du Sud-Kivu passe par le Burundi, où les droits de douane à l'exportation sont moins élevés qu'en RDC.

⁴ La RDC a des frontières avec neuf pays République du Congo, République Centrafricaine, Soudan du Sud, Ouganda, Rwanda, Burundi, Tanzanie, Zambie, Angola.

des Grands Lacs africains n'hésitent pas à se faire la guerre, il est aussi vrai que les conflits armés constituent aussi une menace sérieuse à l'intérêt national d'un Etat. L'intérêt national peut donc aussi être protégé par la paix durable dans un environnement de stabilité. La RDC, en particulier, et tous les Etats de la région des Grands Lacs africains, en général, doivent placer la politique de bon voisinage au centre de leurs visions de politique étrangère. Cette approche est la déduction de la maxime « Paix dans le pays, paix dans le monde » définie par le grand leader Atatürk, fondateur de la République de Turquie. Le principe de « paix dans le pays, paix dans le monde » vise d'une part à établir la paix et la tranquillité intérieure, vivre en sécurité, et de l'autre, la paix, l'armistice et la sécurité internationale. Le principe en question est la base à la fois de la politique intérieure et extérieure. En outre, il s'ensuit que cette approche est la conséquence naturelle d'une responsabilité contemporaine et d'une vision humaniste de politique étrangère.

Toutefois, pour la RDC, la politique de bon voisinage ne doit pas exclure la redynamisation des FARDC. Pour paraphraser l'ancien Ministre congolais de la Défense nationale et des Anciens Combattants, Gilbert Kabanda Rukemba, « le Congo a du miel, de l'or et d'autres richesses. Si ce miel n'est pas protégé d'une certaine façon, même quelqu'un qui n'a pas vraiment envie de nuire au Congo pourra malgré tout être tenté ».

6 CONCLUSION

Dans notre article intitulé « Enjeux économiques et conflits armés à l'Est de la RDC », nous nous sommes fixés l'objectif d'analyser l'incidence des enjeux économiques sur la situation sécuritaire à l'Est de la RDC. Pour y arriver, nous avons en premier lieu fait un aperçu des conflits armés à l'Est de la RDC; en second lieu, il a été question des acteurs de l'insécurité à l'Est de la RDC; en troisième lieu, nous avons analysé l'incidence des enjeux économiques sur l'insécurité à l'Est de la RDC; en quatrième lieu, enfin, il a été question des perspectives de la paix à l'Est de la RDC.

Ce que nous pouvons retenir de cette étude est que la persistance de l'insécurité à l'Est de la RDC est expliquée par plusieurs causes, notamment les enjeux économiques du Rwanda. Cette position est partagée par certains auteurs, notamment Pierre Jacquemot qui soutient que « le contrôle des mines et des circuits de sortie a été, pour le Rwanda, une manière de continuer la guerre sous une autre forme et de créer une base d'accumulation du capital pour un pays sans ressources naturelles et enclavé. À présent, le Rwanda de Paul Kagame, fort de ses réussites économiques, peut s'émanciper de ses deux rentes constitutives, celle de l'aide étrangère fondée sur la compassion et celle du secteur minier fondée sur l'exploitation du voisin ».

L'existence de racines économiques à la situation de violence qui prévaut à l'Est de la RDC est avérée par de nombreux rapports internationaux. Le dernier rapport date de janvier 2014 et met clairement en cause, d'une part, le soutien du Rwanda aux forces rebelles du M23 et, d'autre part, les transits frauduleux de coltan et d'étain via Kigali. Les deux observations ne sont pas explicitement reliées mais le pas est franchi par la plupart des analystes, comme Pierre Péan, qui reprend de larges extraits des rapports pour démontrer l'exploitation abusive dont est victime le Congo depuis vingt ans. Depuis 2010, l'exportation de minerais (cassitérite, coltan et tungstène) est devenue la première source de rentrée de devises du Rwanda, dépassant pour la première fois l'exportation du thé. Or, le Rwanda ne dispose pas des gisements de taille suffisante pour fournir une telle production. En fait, pendant des années, les minerais du Congo ont passé la frontière pour recevoir une étiquette au Rwanda. Une fois mis en fûts et chargés dans un petit avion assurant la liaison avec Goma, ils sont majoritairement transférés à Kigali, plaque tournante du trafic, où ils peuvent trouver une légalité en devenant, après une première transformation, un « produit made in Rwanda ». Le corridor rwandais conduit ensuite à Mombasa et Dar es-Salaam, pour se poursuivre vers l'Europe, les Émirats arabes unis et, surtout, l'Asie. Tous les éléments constitutifs d'un véritable modèle d'économie de guerre sont réunis dans les Grands Lacs africains. Ce qui confirme notre thèse selon laquelle les enjeux économiques du Rwanda ont un impact négatif sur la situation sécuritaire dans la région des Grands Lacs africains.

De ce qui précède, il y a lieu de noter que la sécurité à l'Est de la RDC et de manière générale dans la région des Grands Lacs africains passe par l'arrêt du soutien et de l'instrumentalisation des groupes rebelles sévissant dans la région des Grands Lacs africains par le Rwanda pour ses intérêts économiques. La sécurité dans cette région passe aussi par le dialogue entre les différentes parties impliquées dans la crise sécuritaire à l'Est de la RDC. C'est à juste titre que nous saluons et encourageons les efforts constants des dirigeants régionaux pour que les parties concernées mettent en œuvre les décisions de la feuille de route de Luanda et le processus de Nairobi. Mais ce processus ne peut aboutir sans la volonté politique des dirigeants de la région des Grands Lacs africains.

Mais au bout des comptes, ce que la RDC doit faire c'est reformer et renforcer son armée et la rendre capable de défendre le territoire national et décourager toute tentative extérieure qui aurait pour objectif de la déstabiliser pour bien contrôler ses ressources minières. Il s'agit là d'une option difficile à mettre en place à court terme, mais qui mérite une attention particulière des autorités congolaises. La RDC, à cause de ses richesses, va continuer l'objet de la convoitise abjecte des pays voisins. La RDC est un pays où les pays voisins, les multinationales, les grandes puissances, etc. viendraient se promener chaque fois qu'ils

éprouvent le besoin d'avoir accès aux matières premières à vil prix. « Le Congo a du miel, de l'or et d'autres richesses. Si ce miel n'est pas protégé d'une certaine façon, même quelqu'un qui n'a pas vraiment envie de nuire au Congo pourra malgré tout être tenté ». De là, la nécessité pour la RDC d'avoir une armée forte et de pratiquer la politique de bon voisinage. C'est avec des réformes structurelles que la RDC peut espérer avoir une armée forte, organisée, disciplinée et capable de protéger l'intégrité du territoire congolais.

REFERENCES

- [1] Nzongola-Ntalaja, G., « La guerre, la paix et la démocratie au Congo », *Journal of African elections*, Vol.2, n°1, p.5, 2003.
- [2] Nations Unies, *RDC: la MONUC salue la décision du CNDP de mettre fin à la rébellion*, 2009.
[Online] Available: <https://news.un.org/fr/story/2009> (10 janvier 2024).
- [3] Sabbe, B., *Pourquoi le M23 n'est pas un groupe rebelle comme les autres*, 2023.
[Online] Available: <https://ipisresearch.be/fr/weekly-briefing/pourquoi-le-m23-nest-pas-un-groupe-rebelle-comme-les-autres/> (12 janvier 2024).
- [4] Le Monde, *La RDC et le M23 signent un accord de paix*, 2013.
[Online] Available: https://www.lemonde.fr/afrique/article/2013/12/12/la-rdc-et-le-m23-ont-signé-un-accord-de-paix-annonce-le-kenya_4333653_3212.html (05 février 2024).
- [5] Vircoulon, T., « République démocratique du Congo: la démocratie sans démocrates », *Politique étrangère*, n°3, p.569, 2006.
- [6] Internal Rescue Committee, *Mortality in the Democratic Republic of Congo: An ongoing crisis*, p.16.
[Online] Available: <https://www.rescue.org/sites/default/files/document/661/2006-7congomortalitysurvey.pdf> (20 janvier 2024).
- [7] Wamba dia Wamba, E., *Le leadership et la stabilité politique en république démocratique du Congo*, p.4, 2005.
[Online] Available: <https://repositories.lib.utexas.edu/bitstream/handle/2152/4676/3762.pdf> (20 janvier 2024).
- [8] Vépierre, A., *L'Est de la RD-Congo déchiré par 22 ans de guerre*, 2016.
[Online] Available: <https://www.la-croix.com/Monde/Afrique/LEst-RD-Congo-dechire-22-guerre-2016-08-15-1200782377> (20 janvier 2024).
- [9] Pomfret, J., « Rwandans Led Revolt In Congo », *Washington Post Foreign Service*, 1997.
[Online] Available: <https://www.washingtonpost.com/wp-srv/inatl/longterm/congo/stories/070997.htm> (20 février 2024).
- [10] Nzongola-Ntalaja, G., *Art.cit.*, p.5.
- [11] Vépierre, A., *Art.cit.*
- [12] Thambwe Mwamba, A. (Dir.), *Traditions et perspectives de la diplomatie du développement en République Démocratique du Congo*, Kinshasa, Gescom, 2010, p.41.
- [13] International Crisis Group, « Congo: Bringing Peace to North-Kivu », *Crisis Group Africa Report*, N°133, p.7, 2007.
- [14] Nkunda, L., *Condensé Cahier de Charges du CNDP*, décembre 2006.
- [15] Spittaels, S. et Hilgert, F., *Cartographie des motivations derrière les conflits: le cas de l'Est de la RDC*, p.6, 2008. [Online] Available: <https://ipisresearch.be/wp-content/uploads/2015/02/Cartographie-le-cas-de-lEst-de-la-RDC.pdf> (10 février 2024).
- [16] Nations Unies, *RDC: la MONUC salue la décision du CNDP de mettre fin à la rébellion*, 2009.
[Online] Available: <https://news.un.org/fr/story/2009> (10 février 2024).
- [17] Sabbe, B., *Art.cit.*
- [18] Le Monde, *Art.cit.*
- [19] Bureau des Nations Unies pour la coordination des affaires humanitaires (OCHA), RD Congo, « Situation humanitaire dans les territoires de Rutshuru et Nyiragongo », *Rapport de situation #7*, 2022.
[Online] Available: <https://reliefweb.int/report/democratic-republic-congo/republiquedemocratique-du-congo-situation-humanitaire-dans-les-territoires-derutshuru-et-nyiragongo-rapport-de-situation-7-du-13-au-19-juillet-2022> (22 février 2024).
- [20] Sabiti, D. et Bujakera, S. « Congo rebels seize eastern border town, army blames Rwanda », *Reuters*, 2022.
[Online] Available: <https://www.reuters.com/world/africa/congo-rebels-seize-key-easternborder-town-local-activists-say-2022-06-13/> (22 février 2024).
- [21] Ilunga, P., « Goma residents threaten to cross into Rwanda to protest », *The East African*, 2022.
[Online] Available: <https://www.theeastafrican.co.ke/tea/news/east-africa/gomaresidents-threaten-to-cross-into-rwanda-to-protest-3849462> (22 février 2024).
- [22] Amnesty International, *RDC: L'escalade militaire avec le Rwanda est dévastatrice pour les civils*, 2022.
[Online] Available: <https://www.amnesty.org/en/latest/news/2022/06/drc-militaryescalation-with-rwanda-devastating-for-civilians/> (22 février 2024).

- [23] Zane, D., «DR Congo soldier shot dead by Rwanda police», *BBC News*, 2022.
[Online] Available: <https://www.bbc.co.uk/news/world-africa-61842635> (22 février 2024).
- [24] DTM, *Evaluation rapide de crise M23*, 2023.
[Online] Available: https://dtm.iom.int/sites/g/files/tmzbd1461/files/reports/Crisis%20analyse%20M23%20_Mars%202023__0.pdf (25 janvier 2024).
- [25] Stearns, J., «List of Armed Groups in the Kivu», in *Congo Siasa*, 9 juin 2010.
- [26] Stearns, J., «New Armed Groups Appear in South Kivu», in *Congo Siasa*, 15 septembre 2011.
- [27] Minani Bihuzo, R., «Un chantier inachevé: Balise pour la paix dans les Grands lacs», *Bulletin de la sécurité africaine*, n°21, p.1, 2012.
- [28] Sabbe, B., *Art.cit.*
- [29] Jones, P. et Gardin, M., *Les FDLR affirment entamer leur processus de désarmement en RDC*, 2014.
[Online] Available: https://www.challenges.fr/monde/les-fdlr-affirment-entamer-leur-processus-de-desarmement-en-rdc_153522, (13 février 2024).
- [30] Spittaels, S. et Hilgert, F., *Art.cit.*, pp.10-11.
- [31] FDLR/FOCA, Les mesures de coercition à l'encontre des forces des FDLR dans le but de leur désarmement feront-elles fléchir la résistance armée contre le régime de Kigali ?, 2 décembre 2007.
- [32] Spittaels, S. et Hilgert, F., *Art.cit.*, pp.10-11.
- [33] Randrianarimanana, P., *Qui sont les rebelles ADF alliés à l'EI qui sèment la terreur en Afrique centrale ?*, 2023.
[Online] Available: <https://information.tv5monde.com/afrique/qui-sont-les-rebelles-adf-allies-lei-qui-sement-la-terreur-en-afrique-centrale-2649263> (01 février 2024).
- [34] Lobez, C., *L'opposition armée burundaise: état et capacité d'influence sur le régime de Nkurunziza*, 2017.
[Online] Available: <https://www.grip.org/lopposition-armee-burundaise-etat-et-capacite-dinfluence-sur-le-regime-de-nkurunziza/> (14 février 2024).
- [35] Duroselle, J.-B., «La nature des conflits internationaux», *Revue française de science politique*, Vol. 14, N°2, pp.295-296, 1964.
- [36] Jacquemot, P., «Le Rwanda et la République démocratique du Congo. David et Goliath dans les Grands Lacs», *Revue internationale et stratégique*, vol.3, n°95, 2014, p.32.
- [37] Jacquemot, P., «Ressources minérales, armes et violences dans les Kivus (RDC)», *Hérodote*, vol.134, n°3, 2009, p.50.
- [38] Marriage, Z., *Formal Peace and Informal War: Security and Development in Congo*, New York, Routledge, 2016, p. 42
- [39] Prunier, G., «L'Ouganda et les guerres congolaises», *Politique africaine*, n°3, 1999, p.45.
- [40] Marriage, Z., *Op.cit.*, p. 51
- [41] Stein Sundstøl, E., *Op.cit.*, p.1102.
- [42] Lettre datée du 22 janvier 2014, adressée au Président du Conseil de sécurité par la Coordinatrice du Groupe d'experts sur la République démocratique du Congo, S/2014/42 par.28.
- [43] Lettre datée du 26 juin 2012, adressée au président du Conseil de sécurité par le président du comité du Conseil de sécurité créé par la résolution 1533 (2004) concernant la république démocratique du Congo » [archive]. S/2012/348/Add.1, Conseil de sécurité, Nations Unies, 27 juin 2012.
- [44] TV5 Monde, *RD Congo: quels sont les véritables objectifs des rebelles du M23 ?*, 2023.
[Online] Available: <https://information.tv5monde.com/afrique/rd-congo-quels-sont-les-veritables-objectifs-des-rebelles-du-m23-1855579> (26 février 2024).
- [45] Nations Unies, RDC: les membres du Conseil de sécurité s'inquiètent des attaques contre les civils dans l'est du pays et misent sur les initiatives régionales», 2023. [Online] Available: <https://press.un.org/fr/2023/cs15334.doc.htm> (06 février 2024).
- [46] Cook, N., «Conflict Minerals in Central Africa: U.S and international Responses», in *Conflict Minerals: International Response and Sec disclosure rule*, New York, Nova Scotia Publisher, 2013, pp.6-7.
- [47] Nations unies, Rapport final du groupe d'experts sur la République démocratique du Congo, New York, 13 février 2008, S/2008/43.
- [48] Péan, P., *Carnages. Les guerres secrètes des grandes puissances en Afrique*, Paris, Fayard, 2010.
- [49] OCDE, Banque africaine de développement, PNUD et Commission économique des Nations unies pour l'Afrique, *Perspectives économiques de l'Afrique*, Paris, éditions OCDE, 2013.
- [50] Jacquemot, P., «Le Rwanda et...», *Art.cit.*, p.39.

Analyse des facteurs explicatifs de la transposition des crises politico-sécuritaires de la Libye vers le Sahel

[Analysis of the explanatory factors of the transposition of the political and security crises from Libya to the Sahel]

Bokeka Lingoto Fortunat

Relations internationales, Université de Lubumbashi, RD Congo

Copyright © 2024 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 explanatory factors for the transposition of the political-security crises from Libya to the Sahel are endogenous and exogenous. Endogenous factors include the geopolitical configuration predisposed to the transfer of some situations from peoples straddling porous borders; the climate change that characterizes the region; the similarity of political regimes marked by dictatorship, the durability and longevity in power of heads of state, facing a population determined by the need for political alternation, ensure that crises leave one point towards others; the pre-existing secessionist desires in these countries were accentuated following the collapse of the Libyan state coinciding with the independence of South Sudan. Libya's geopolitical weight previously constituted a point of regional geopolitical balance, the collapse of which took away the beneficiaries of its stability. The underdevelopment which characterizes the collateral victims constituted an endogenous factor because of the poor living conditions which pushed the population to revolt. Corruption and misappropriation of funds cause the State to lose the means enabling it to assume its sovereign missions. The resurgence of terrorist groups and the inability of Sahel states to control the sale and circulation of weapons facilitate the multiplicity of crime in the region. As for exogenous factors, they refer to the ineffectiveness of multinational interventions, external interference through less effective unilateral interventions and Western political control that hamper conflict resolution initiatives in African countries.

KEYWORDS: Rainbow-crisis, Presiroids, Dictatorship, Contagious, Interversion, Presiroidintial.

RESUME: Les facteurs explicatifs de la transposition des crises politico-sécuritaires de Libye vers le Sahel sont endogènes et exogènes. Les facteurs endogènes sont notamment la configuration géopolitique prédisposée au transfert de certaines situations à partir des peuples à cheval des frontières poreuses; le dérèglement climatique qui caractérise la région; la similitude des régimes politiques marqués par la dictature, la pérennité et la longévité au pouvoir des chefs d'Etat, en face d'une population déterminée par le besoin de l'alternance politique, font à ce que les crises quittent un point vers les autres; les velléités sécessionnistes préexistant dans ces pays se sont accentuées à partir de l'effondrement de l'Etat libyen coïncidant avec l'indépendance du Sud Soudan. Le poids géopolitique de la Libye constituait auparavant un point d'équilibre géopolitique régional, dont l'effondrement a emporté les bénéficiaires de sa stabilité. Le sous-développement qui caractérise les victimes collatérales a constitué un facteur endogène à cause des mauvaises conditions de vie ayant poussé la population à la révolte. La corruption et les détournements des fonds font perdre à l'Etat les moyens lui permettant d'assumer ses missions régaliennes. La résurgence des groupes terroristes et l'incapacité des Etats du Sahel de contrôler la vente et la circulation des armes facilitent la multiplicité de la criminalité dans la région. Quant aux facteurs exogènes, ils font référence à l'inefficacité des interventions multinationales, l'ingérence extérieure à travers les interventions unilatérales moins efficaces et le contrôle politique occidental qui entravent les initiatives de résolution des conflits dans les pays africains.

MOTS-CLEFS: Arc-en-crise, Présiroids, Dictature, Contagieux, Interversion, Présiroidintiel.

1 INTRODUCTION

Le printemps arabe est le détonateur des crises libyennes allant de 2011 à ce jour. Ce vent révolutionnaire déferlera, comme nous allons le voir dans les lignes suivantes, trois régimes éternels au pouvoir [1] similaires des pays du Maghreb, à savoir les régimes tunisien, égyptien et libyen.

La circonstance de son coup d'envoi était la confiscation des légumes et fruits du jeune Mohamed Bouazizi par la police tunisienne le 17 décembre 2010 dans une bourgade de Sidi Bouzid. N'ayant pas digéré l'acte de la police, ce jeune tunisien jugea bon de s'auto-immoler devant le siège du gouvernement. Cette auto-immolation fut l'étincelle qui mit le feu à la poudrière, provoquant les soulèvements populaires en Tunisie. Les Tunisiens en colère descendent massivement dans la rue quatre semaines durant pour défendre leur dignité, et réclamer le départ du président tunisien Zine El-Abidine Ben Ali. Le 14 janvier 2011, le raïs tunisien finit par prendre fuite vers l'Arabie Saoudite.

Onze jours après, le 25 janvier, les Égyptiens descendent à leur tour dans la rue dans les grandes villes du pays. Ils réclament à l'unisson le pain, la liberté, la justice sociale, et surtout le départ de leur raïs Hosni Moubarak. Le 10 février, le raïs Égyptien cède à la pression du peuple. Il démissionne du pouvoir et se réfugie à Charm El-Cheikh [2].

Le 12 février 2011, la contagion a atteint la Libye, à partir de Bengazi. Contrairement à ses deux homologues voisins qui n'ont pas confrontés les peuples, Kadhafi n'a pas voulu se plier au choix des libyens face à la réalité du moment. Le 22 février 2011, le Guide apparaît à la télévision d'Etat pour s'adresser aux libyens. Furieux, il menace les manifestants de les noyer dans une rivière de sang [3]. Le jour suivant, il passe à l'action en mitraillant les manifestants pour tenter les dompter. C'était une erreur monumentale et fatale de la part de Kadhafi, tel qu'un brocard latin prévient aux réactions intempestives *Ira Furor Brevis Est* [4]. Les manifestants libyens sont restés déterminés, et la situation se transforma en une guerre civile, sous la bannière du Conseil national de transition (CNT), créé instantanément en février 2011 à Bengazi. C'est ainsi que l'occasion était donnée aux Occidentaux sous le parapluie de la résolution 1979 d'intervenir en Libye sous prétexte de protéger la population civile. Mais cette intervention occidentale n'a pas pu songer la période post-conflit. Après le départ de celle-ci, le pays a rechuté dans des crises politico-sécuritaires qui ont conduit à son effondrement.

Cependant, on constate que la situation libyenne a fait longue haleine à travers des conséquences extraterritoriales manifestées dans la région qui lui est attachée au Sud, le Sahel. Quelques pays de la région: la Mali, le Burkina Faso, le Tchad, le Niger, et la Guinée ont été secoués par les crises politico-sécuritaires manifestées par des coups d'Etats, la guerre civile et la recrudescence du terrorisme islamique. Ce constat a suscité une curiosité qui pousse à s'intéresser à cette réaction en chaîne. D'où, le but de cette réflexion est d'inventorier et analyser les facteurs géopolitiques à la base de la transposition des crises politico-sécuritaires de la Libye aux cinq Etats sahéliens, victimes collatérales.

A cet effet, hormis cette introduction et la conclusion, la réflexion va se développer autour de deux points: le premier démontrera la transposition des crises politico-sécuritaires de la Libye vers les pays du Sahel susmentionnés, et le second décryptera les facteurs de celle-ci.

2 LES MANIFESTATIONS DE LA TRANSPOSITION DES CRISES POLITICO-SECURITAIRES DE LA LIBYE VERS LE SAHEL

Les pays sahéliens qui ont été victimes des dommages collatéraux des crises politico-sécuritaires libyennes sont au nombre de cinq que voici: le Mali, le Burkina Faso, le Tchad et la Guinée.

2.1 LE MALI

La première victime collatérale de la transposition des crises politico-séculaires de la Libye vers le Sahel est le Mali. Après avoir fui la Libye à la suite de la chute de Kadhafi et son régime, les mercenaires Touaregs sont allés se réfugier au Mali. Là, ils se sont divisés en deux groupes. Les-uns ont voulu retrouver leur nationalité d'origine et prendre part au chapitre de la gestion du pays, et les autres se sont lancés dans le terrorisme en créant ou en adhérant des groupes djihadistes. C'est ainsi qu'en 2012, le Mali a connu une guerre civile qui était parvenue à la sécession de sa partie Nord causée par les rebelles de MNLA (Mouvement National de Libération de l'Azawad), proclamant l'indépendance de l'Azawad. Combattu par l'Union Africaine et la communauté internationale, la rébellion fut arrêtée. Le pays a repris le contrôle du territoire national. Les élections présidentielles et législatives ont été organisées en 2013, amenant Ibrahim Boubacar Keita (IBK) au pouvoir avec un parlement démocratiquement élus.

Malheureusement, en 2015, la rébellion a refait surface au Nord et les actes terroristes ont resurgi et se sont rependus dans tout le pays. Les plus macabres de ces actes terroristes sont:

- L'attaque terroriste d'un hôtel situé à Tombouctou (Nord-Est) qui abritait des expatriés travaillant pour la mission multidimensionnelle intégrée de l'ONU (MINUSMA), laquelle a été menée par Al-Mourabitoune le 7 août 2015 et a fait 13 morts, selon un bilan officiel (deux Ukrainiens, un Népalais et un Sud-Africain) [5];
- L'attaque du restaurant « La Terrasse » du quartier Hippodrome de Bamako très fréquenté par les étrangers, laquelle a été menée le 07 mars 2015 et a causé la mort de cinq personnes, dont trois Maliens, un Français et un Belge, et huit blessés dont deux Suisses [6];
- L'attaque du 20 novembre 2015 de l'hôtel Radisson Blu de Bamako qui avait causé au moins 21 morts et qui était revendiquée par Al-Mourabitoune [7];
- L'attentat suicide en janvier 2017 revendiqué par AQMI qui a causé au moins 77 morts et 115 blessés à Gao [8];
- etc

Après la réélection contestée du Président IBK en 2017, le Mali a été plongé dans une crise de légitimité donnant lieu à des manifestations populaires contre le régime d'IBK, lesquelles ont abouti au coup d'Etat d'Assimi Goita contre IBK en 2020.

2.2 LE BURKINA FASO

Le Burkina Faso est la deuxième victime collatérale des crises libyennes. Le pays des hommes intègres a connu une révolution populaire contre Blaise Compaoré en 2014; deux coups d'Etat militaires en 2022 à l'intervalle de huit mois: celui de janvier mené par Paul-Henri Sandaogo Damiba contre Roch Marc Christian Kaboré et celui de septembre mené par Ibrahim Traoré contre Paul-Henri Sandaogo Damiba. Ce pays a aussi connu la flambée des actes terroristes. Les plus éprouvants de ces actes terroristes sont les attaques terroristes de la terrasse du Cappuccino et de l'hôtel Splendid le 15 janvier 2016 tuant 30 personnes, dont vingt-deux de nationalité étrangère [9].

2.3 LE TCHAD

La troisième victime collatérale des crises libyennes est le Tchad. Légendairement, la partie Nord du Tchad est connue comme la zone d'opposition et d'extrémisme depuis l'indépendance du Tchad. Les soldats tchadiens sont fréquemment ciblés par des attaques des terroristes de Boko Haram. Le 4 août 2021, au moins 24 militaires tchadiens avaient été tués et plusieurs blessés [10].

Au premier trimestre de l'année 2021, l'extrémisme s'intensifia avec des allures inquiétantes contre le régime de Deby. Ce dernier décida d'affronter personnellement les extrémistes sur le champ des hostilités. En avril 2021, le maréchal Idriss Deby laissa sa peau sur le champ de bataille. A l'occasion de l'annonce de son décès, un coup d'Etat militaro-constitutionnel fut mené par son fils Mahamad Deby.

2.4 LA GUINÉE

La quatrième victime collatérale des crises libyennes est la Guinée. Ce pays a connu un coup d'Etat militaire très ignominieux contre Alpha Condé en septembre 2021, suite à la contestation de sa réélection pour un troisième mandat à la magistrature suprême après avoir modifié la constitution du pays. En plus de cela, le pays a commencé à enregistrer sur son territoire des actes terroristes dans sa partie nord-est.

2.5 LE NIGER

Le Niger est la cinquième victime collatérale des crises libyennes. A partir de 2017, le pays a été fortement secoué par le terrorisme islamique. En juillet 2023, un président démocratiquement élu Mohamed Bazoum a été renversé par un coup d'Etat mené par le capitaine Abdourahamane Tchiani. Et jusqu'à ce jour (2024), Bazoum qui est sous détention du régime militaire qui l'a renversé. Même après ce coup d'Etat, le pays continue de subir la montée du terrorisme sur son territoire. Le ministre nigérien de la transition chargé de la défense nationale, Alkassum Indatou avait déclaré via l'Agence nationale de presse le 02 septembre 2023 que le pays a enregistré de 2013 à 2023, un effectif de 1 200 morts dans les attentats terroristes, dont 500 soldats et 700 civils. Selon les statistiques établies par le rapport du Secrétaire général de G5 Sahel présenté au Conseil de sécurité de l'ONU, il y a eu une augmentation de 68,4% des actes terroristes commis au Sahel dans la décennie 2010 à 2020 par rapport à la décennie 2000 à 2010 [11].

Le groupe le plus meurtrier du Sahel est la nébuleuse de Boko Haram. Il opère au Sahel, précisément au Niger et au Tchad. De 2015 à ce jour (2024), il a mené au Niger 91 attentats qui ont causés 1 120 morts; et au Tchad, 46 attentats ayant causé 518

morts. Ses cibles sont les civils, les établissements scolaires, la police, les militaires, le gouvernement, les églises, et les supermarchés [12].

3 LES FACTEURS ENDOGENES EXPLICATIFS DE LA TRANSPOSITION DES CRISES POLITICO-SECURITAIRES DE LA LIBYE VERS LE SAHEL

Les facteurs endogènes de la transposition des crises politico-sécuritaires de la Libye vers le Sahel sont les suivantes: la configuration géopolitique, le dérèglement climatique, la similitude des régimes politiques, les velléités sécessionnistes, le poids géopolitique de la Libye sous Kadhafi au Sahel, le sous-développement, la corruption et les détournements généralisés, la résurgence des groupes djihadistes, l'incapacité de contrôler la vente et la circulation des armes,...

3.1 LA CONFIGURATION GÉOPOLITIQUE

Dans ce premier point, nous voulons tirer trois aspects inclus dans les considérations géopolitiques: la topographie des frontières nationales, l'élément humain entre le point de départ de la crise (la Libye) et les points d'arrivées (le Mali, le Burkina Faso, le Tchad, le Niger et la Guinée), et la porosité desdites frontières qui constitue un cadre propice à la contrebande.

En ce qui concerne le premier aspect géopolitique lié aux frontières nationales, si on observe minutieusement la localisation topographique de la Libye (point de départ des crises) et celle des victimes collatérales sahéniennes (points d'arrivée), on se rend compte clairement de la configuration géopolitique prédisposée à la transposition de certaines situations socio-politiques, culturelles, sécuritaires et géographiques, voire sanitaires, d'un point à un autre. Au cas où ces situations sont indésirables, il revient au voisinage immédiat de mettre sur pied des mesures d'endiguement pouvant les sécuriser. Dans le cas contraire, ledit voisinage se verrait contaminé.

Dans le cas d'espèce, la Libye est limitrophe conventionnellement au Sud de deux pays du Sahel: le Niger et le Tchad, qui, à leurs tours, sont voisins aux autres pays sahéniens. Le Niger partage des frontières conventionnelles avec le Burkina Faso et le Mali, le Mali avec la Guinée. C'est une configuration géopolitique d'interconnexion frontalière des territoires nationaux. Cette disposition est susceptible de véhiculer des crises entre voisins immédiats, les faisant basculer l'un après l'autre comme des pièces du jeu des dominos qui tombent en file suite à leur interconnexion.

En observant la trajectoire contagieuse des crises politico-sécuritaires au Sahel, partant de la Libye vers les pays de la région susmentionnée, elle donne la forme d'un arc. C'est ainsi que nous l'avons conceptualisé par l'expression « l'Arc-En-Crise » pour désigner le parcours itinéraire des crises politico-sécuritaires à l'étude. Cette trajectoire des crises politico-sécuritaires va de la Libye, passant par le Tchad, le Niger, le Mali, le Burkina Faso, jusqu'en Guinée, en prenant la forme d'un arc, de la Méditerranée à l'Atlantique.

De ces aspects géopolitiques liés au partage des frontières conventionnelles, l'élément humain intervient efficacement dans la transposition de l'insécurité et l'instabilité politique au sein de la région. Les frontières internationales ne coïncidant pas avec les frontières linguistiques, tribalo-ethniques, les limites méridionales de l'aire arabophone, Berbérophone, touarègues et l'aire Toubou de Tibesti passent par le Nord (Libye, le Maroc et l'Algérie) et aux Etats du Sahel, donnent lieu à formations des vastes ensembles fragmentés.

C'est à cause de certains peuples à cheval desdites frontières, vivant en Libye et dans différents pays du Sahel, qui communique, faisant passer une situation d'un pays vers les autres. Il s'agit notamment des Toubous, des Touaregs et des Berbères vivant à cheval des frontières de la Libye, du Mali, du Burkina Faso, du Niger, et du Tchad. Les Toubous se trouvent à cheval entre la Libye, le Tchad et le Niger. Les Berbères sont en Libye, au Maroc, en Algérie, en Tunisie, en Egypte, en Mauritanie, au Burkina Faso, au Niger, en Guinée et au Mali. Quant aux Touaregs, ces peuples nomades et pasteurs, s'éparpillent à cheval des frontières faisant jonction du Burkina Faso, du Mali, du Niger, l'Algérie et la Libye [8]. Ces peuples sont minoritaires dans les pays où ils vivent, et décrivent la marginalisation à leur égard par les gouvernements. En Libye, les berbères représentent 6% de la population. Kadhafi considérait la berbérerie comme une simple modalité de l'arabité, dont la revendiquer est une prétention réactionnaire qui nécessite d'être puni durement [13]. C'est ainsi qu'ils ont été les premiers au rang des manifestants du printemps arabe en Libye pour réclamer le départ de Kadhafi et son régime. Au Mali, les Touaregs revendiquent l'indépendance de leur région de l'Azawad parce que le gouvernement Malien ne prend pas soin de leur région [14]. Au Tchad, les Toubous se trouvent au nord, la partie légendairement extrémiste contre tous les régimes, parce qu'il cherche à retrouver leur unification avec ceux du Niger et de la Libye autour de leur propre Nation.

Malgré que ces peuples à cheval soient dispersés dans différents pays par défaut de tracés des frontières par les colons via l'acte de Berlin (1884-1885), sociologiquement, ils n'ignorent pas leurs origines. Ils fraternisent face aux problèmes des leurs se trouvant dans d'autres pays, en soutenant les revendications sécessionnistes par la voie de rébellion ou du terrorisme. Ils ont la facilité de se déplacer d'un pays à un autre par camouflage de race, de langue, et surtout par la porosité des frontières

nationales, des voies d'entrée et de sortie du territoire national qui caractérisent les Etats sahéliens en crise. Cette faiblesse profite aux terroristes, aux migrants irréguliers qui s'accompagnent des biens dangereux à la sûreté des Etats. Les raisons principales de cette porosité sont: le manque d'outils de pointe de surveillance; le manque du personnel qualifié et la corruption dans les services de contrôle, de sécurité, de renseignement et de mouvements migratoires (la Police, l'Armée, l'Agence Nationale de Renseignement, et la Direction Générale de Migration). Ils sont ainsi parce que, les-uns sont peu moins formés aux éventualités, et les autres très mal rémunérés. Dans ces conditions, ils se laissent corrompre par les narcotrafiquants et les trafiquants d'armes, voire les terroristes, facilitant ainsi la circulation de ces agents pathogènes de l'insécurité, d'un pays vers un autre.

Cette porosité des frontières fait appel au développement de la contrebande et laisse libre cours à celui-ci dans la région. Cette activité criminelle s'effectue mieux dans les entités qui échappent au contrôle de l'Etat là où il accuse des faiblesses administratives, parce que l'affaire tourne autour des produits stratégiques, sensibles à la santé humaine et la sécurité de l'Etat, tel que la cocaïne, l'héroïne, les armes à feu, des produits chimiques de fabrication des engins explosifs, et les organes humains. La contrebande est à la base de l'insécurité au Sahel de deux manières: premièrement, à cause du fait qu'elle est réalisée par des personnes qui n'hésitent pas à tuer pour réussir leurs opérations. Et deuxièmement, il y a un lien étroit entre les rebelles, les milices et contrebandiers dans le sens où, les contrebandiers fournissent aux rebelles les armes qui leur permettent de faire la guerre. Et avec les terroristes, les narcotrafiquants leur fournissent des produits chimiques pour la fabrication des engins explosifs. Les réseaux des trafiquants qui fait circuler des marchandises illicites provenant de la Libye, de l'Algérie et de la Mauritanie en destination du Mali, du Burkina Faso, du Niger, et du Tchad, sont principalement contrôlés par les djihadistes d'AQMI et d'Ansar Dine, et les rebelles Touaregs [15].

La contrebande dans la région du Sahel s'effectue à deux niveaux des réseaux interconnectés des acteurs locaux et internationaux. Les réseaux locaux sont gérés par des intervenants locaux: les transporteurs, les guides, les commerçants, les revendeurs, et les agents corrompus de l'administration publique en complicité avec certaines autorités des communautés locales. L'expansion du réseau au Niger, au Mali, au Tchad, au Burkina Faso et en Guinée est due à la présence des communautés touarègues et arabes qui vivent dans la bande sahélienne qui maîtrisent bien les différentes voies de communication, les endroits pour stocker et cacher les produits de la contrebande [16]. Les réseaux internationaux sont les cartels des narcotrafiquants qui ont les antennes dans différents pays du monde pour des activités clandestines. Par exemple les cartels latino-américains trafiquent la cocaïne; les cartels d'Asie, l'héroïne et l'opium; les personnels de liaison des usines européennes de fabrication d'armes ensemble avec les diasporas africaines installées en occident; et les mafias du Maghreb. Tous ces réseaux internationaux ont leurs facilitateurs de terrain. Il s'agit des branches mafieuses qui travaillent dans des chaînes de commandement pour des opérations économiques clandestines.

La plus patente de la collusion entre réseaux internationaux et locaux de la contrebande est « l'affaire d'Air Cocaïne » en 2009. Un Boeing 727 chargé de 10 tonnes de cocaïne en provenance du Venezuela vers Mali était atterri à Sinkrèbaka dans la région de Gao. Le cartel colombien avait collaboré avec des agents de l'aviation civile malienne. Les trafiquants locaux sahéliens avaient cheminé la cargaison aux différentes destinations finales. Grâce à ces réseaux établis en Mauritanie, en Algérie et au Maroc, des quantités importantes de cocaïne étaient sortis du Burkina Faso, du Niger, du Nigeria, et du Mali vers l'Europe pour le compte de narcotrafiquants colombiens et espagnols.

Nous pouvons bien visualiser la transposition sur base de la configuration géopolitique à travers le schéma reprise ci-dessous.

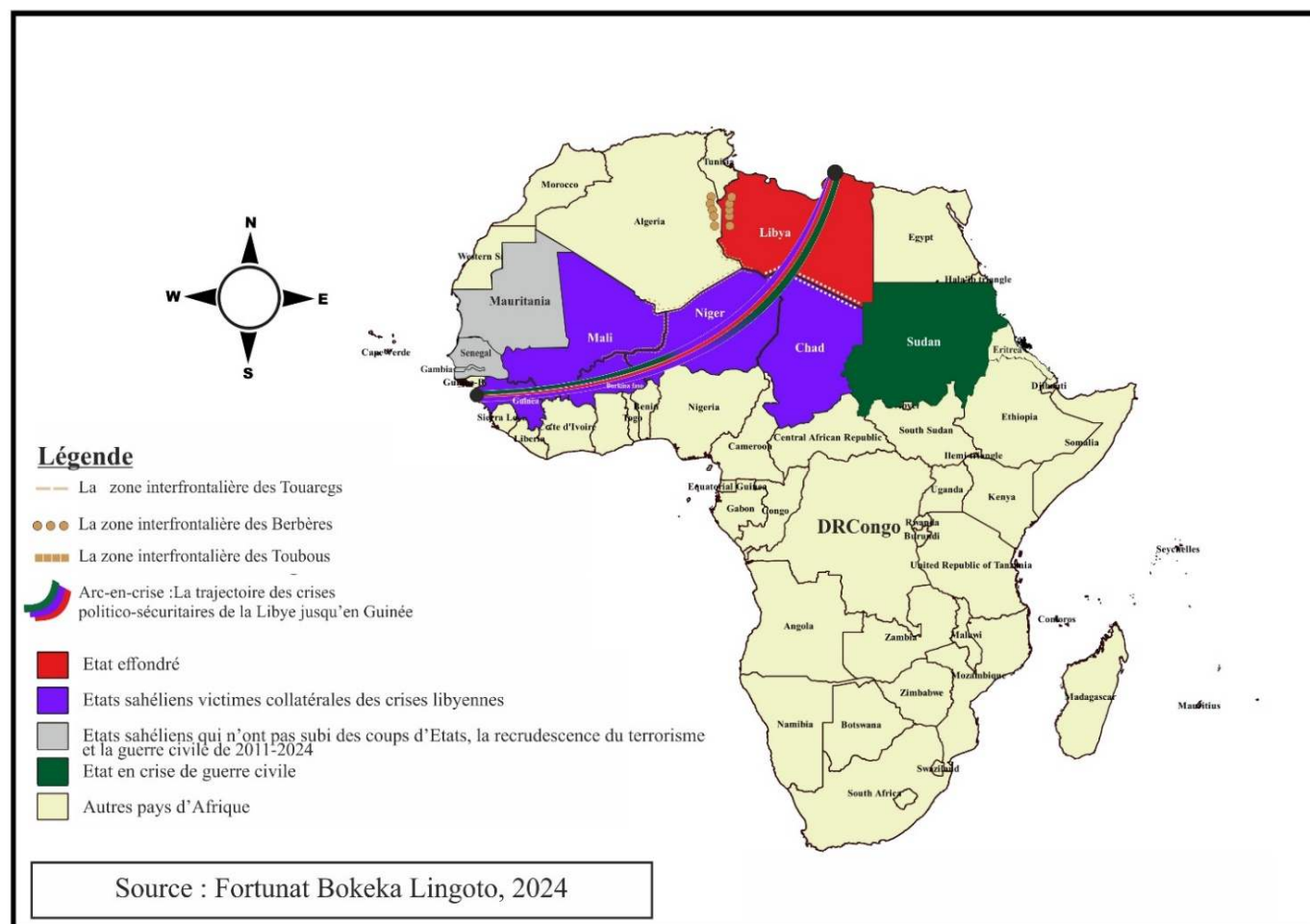


Fig. 1. La configuration géopolitique de la transposition des crises politico-sécuritaires de la Libye jusqu'en Guinée

3.2 LE DÉRÈGLEMENT CLIMATIQUE

La quasi-totalité de la population sahélienne est musulmane et arabe. Leur produit agricole alimentaire de première nécessité est de la famille des céréales, principalement le blé. Les pays victimes des répercussions des crises libyennes ne produisent pas du blé eux-mêmes à cause de la sécheresse qui accentue la désertification. Ils l'importent de la Tunisie et l'Egypte qui connaissent la baisse de production suite à la sécheresse qui a handicapé l'agriculture depuis 2009. Lors du coup d'envoi du printemps arabe dans ces deux pays, parmi les revendications populaires, les voix se levaient pour réclamer « le pain » dont la hausse du prix provenait de la hausse vertigineuse du prix du blé qui avait amoindri en raison de 17,2% le pouvoir d'achat des Egyptiens et des Tunisiens; 22% pour les Libyens, et 31% chez les victimes collatérales sahéliennes [17]. Or, quand le producteur est en baisse de son rendement, il pensera avant tout à l'autosatisfaction qu'à l'exportation. C'est ainsi que, quand le prix du blé a doublé en Tunisie, en Egypte, en Libye un peu plus, il a triplé chez les importateurs sahéliens. Les gouvernements étant incapables de suppléer à la marge déficitaire du pouvoir d'achat de leurs peuples exposés en plein fouet à la famine, les voix se lèvent pour décrier l'incapacité du gouvernement face à l'une de leurs missions régaliennes.

3.3 LA SIMILITUDE DES RÉGIMES POLITIQUES

Il existe quelques aspects d'homogénéité entre le régime libyen de Kadhafi et ceux des victimes collatérales du Sahel. Cette similitude se vérifie à travers les aspects de la pérennité au pouvoir des chefs d'Etats, l'étouffement des principes démocratiques: l'arbitraire et la dictature, le musellement de l'opposition et la société civile, et l'empiétement constitutionnelle. Cependant, le détonateur des crises a pour dénominateur commun la posture des peuples fatigués de leurs éternels présidents, et cela a généré en eux le besoin d'expérimenter le changement de visage au sommet de leurs Etats.

La Libye, depuis son accession à l'indépendance le 24 décembre 1951 jusqu'aux événements de 2011, n'avait connu que deux régimes politiques: le premier régime du monarque Idriss I et le deuxième issu du coup d'Etat du 01 septembre 1969 mené par des jeunes officiers militaires chapeautés par Kadhafi qui a dirigé le pays pendant 42 ans. Ce deuxième régime a été caractérisé par la dictature, la centralisation et la concentration du pouvoir entre les mains du Guide. Il n'existait pas une constitution au vrai sens du terme. *Le livre vert* de Kadhafi faisait l'office de la constitution nationale. Profitant du vent du printemps arabe, la population longtemps aigrie du régime dictatorial saisit l'opportunité pour s'affranchir de l'emprise d'asservissement.

C'est presque la même expérience au Burkina Faso, suite à la révolution populaire, Blaise Compaoré était contraint de démissionner du pouvoir. Et au Mali et en Guinée, il s'agissait des manifestations populaires qui avaient donné l'occasion aux juntas militaires d'exécuter le coup d'Etat contre IBK et Alpha Condé.

Au Tchad, Idriss Deby s'était retrouvé au pouvoir par un coup d'Etat en 1990. Les élections qu'il organisait n'étaient que des farces. En 2005, Idriss Deby modifia la constitution pour se représenter à l'élection de 2006 et pour les autres à venir. La même année après l'élection critiquée d'irrégularité, des mouvements rebelles apparaissent et se regroupent en une alliance des forces unies pour le changement (FUC), provoquant une guerre civile. En avril 2006, ils attaquèrent N'Djamena, et furent repoussées, pour revenir en février 2008 avec force jusqu'à cerner le palais présidentiel. Se faisant chef suprême des armées, le maréchal Idriss DEBY finira par tomber sur le champ de bataille contre les extrémistes de son régime au Nord du pays après 31 ans au pouvoir. Son fils le succéda par un coup d'Etat constitutionnel. Il organisa au mois de mai 2024 l'élection présidentielle qu'il remporta avec 61% pour un mandat constitutionnel.

Au Mali, Ibrahim Bubacar Keita accède au pouvoir démocratiquement en 2013. Il termine impopulairement le premier mandat à cause de la corruption, des détournements de fonds, et de la résurgence du terrorisme au pays en 2015. Il organise les élections à sa propre succession entachées d'irrégularités, remettant en cause sa réélection. Au même moment qu'IBK fait face à la crise de légitimité, la rébellion reprend au Nord du pays et donne lieu aux soulèvements populaires qui aboutiront au coup d'Etat de 2020.

Au Burkina Faso, le pays avait connu un moment d'accalmie des coups d'Etat depuis celui de 1987 mené par Blaise Compaoré contre Thomas Sankara. Son régime fut caractérisé par la répression des opposants et la confiscation des droits et libertés du peuple. Désavoué par le peuple, Compaoré initia un projet de modification de l'article 37 de la constitution relatif à la limitation du nombre des mandats constitutionnels afin de se représenter à l'élection en 2015. Le 30 octobre 2014, il s'est vu chasser du pouvoir suite à un soulèvement populaire.

En Guinée, Alpha Condé prend le pouvoir démocratiquement en 2010. Il termine calamiteusement ses deux premiers mandats constitutionnels en 2020. Au cours de la même année, il modifie la constitution et s'offre un troisième mandat largement contesté par la population, contre laquelle il réserva des affreuses représailles au cours desquelles de nombreux militants sociaux et personnalités politiques ont été emprisonnés, et certains sont morts en détention [18]. Évoluant dans une crise d'illégitimité, le coup d'Etat le plus humiliant en de l'histoire d'Afrique est exécuté contre Alpha Condé le 05 septembre 2021, faisant traîner le président de la république dans les rues de la Conakry en singlet, sous le sarcasme de la population.

Ces régimes n'ont pas su faire la part des choses, entre la monarchie et la république. Dans un cadre d'étude panoramique sur tous le continent, Kilwa Sibumba Eustache s'est interrogé si les Etats africains postcoloniaux sont des monarchies ou des républiques déguisées en monarchies, du fait qu'il y a des républiques où les présidents ont fait plus de 15 à 35 ans au pouvoir [19]. Cela s'est vérifié même dans ce cadre restreint qui est le nôtre: Kadhafi passa 42 ans au pouvoir en Libye, 28 ans pour Blaise Compaoré au Burkina Faso, 31 ans pour Idriss Deby au Tchad. Au Mali et en Guinée, Ibrahim Boubacar Keita et Alpha Condé n'ont pas atteint 15 ans à cause de l'éveil des peuples et la force majeure des putschistes, malgré le vouloir manifeste de se pérenniser au pouvoir.

Cette similitude constitue un facteur de la transposition de l'instabilité politique et sécuritaire dans le sens où les mêmes causes produisent les mêmes effets. Ce qui signifie, les mêmes situations provocatrices qui ont allumé le feu en Libye, une fois reproduites au Sahel, peuvent pareillement produire les effets similaires à ceux de la Libye.

De cette similitude, nous avons remarqué certaines réalités dans ces régimes qui sont incompatibles et inédites de ce qui est connu. Et là, nous avons pris soin de les qualifier de régimes Présirointiels. En effet, ce que nous savons est que dans une monarchie, le roi règne à vie au sommet de l'Etat. Dans une république, on trouve au sommet de l'Etat le président de la république qui dirige le pays avec un ou des mandat (s) constitutionnellement limité (s). Contraste, on remarque au sommet de certains pays du système républicain, des chefs d'Etats établis officiellement comme présidents de la république à vie, à l'instar du président chinois Xi-Ji Ping, du président éternel Nord-Coréen Kim Hill Sun, son fils successeur Kim Jong Hill qui a dirigé la Corée jusqu'à sa mort en 2011, et le troisième de la lignée du mont Pectou Kim Jong Un qui dirigent lui aussi le pays avec mandat illimité. Et d'autres, de leur côté, ne sont pas établis officiellement, mais ils s'imposent par un système dictatorial,

ou encore ont fait preuve de ne pas vouloir laisser le pouvoir tel que voulu par la constitution et le peuple. C'est le cas de chefs d'Etats qui ont sapé, modifié ou voulu modifier la constitution pour se pérenniser au pouvoir le plus longtemps possible. C'est l'exemple de Mouammar Kadhafi, Blaise Compaoré, Alpha Condé, Idriss Deby, de Mobutu Sese Seko, Paul Biya, Paul Kagamé, et Théodore Obiang Ngema. Dans un tel contexte, comment peut-on qualifier ces régimes qui revêtent simultanément une double caractéristique de la monarchie et celles de la république ? Le concept répondant à cette double caractéristique est celui de *régime présiointiel*. Nous entendons par *régime présiointiel* un système dans lequel le chef de l'Etat exerce le pouvoir comme un roi dans une monarchie. Nous qualifions celui-ci de *Présiroy*. Ce dernier est le chef de l'Etat sans limite du mandat officiellement établi. C'est un président de la république à vie, avec un mandat illimité dans une république, à l'instar de ceux dont nous avons cité supra.

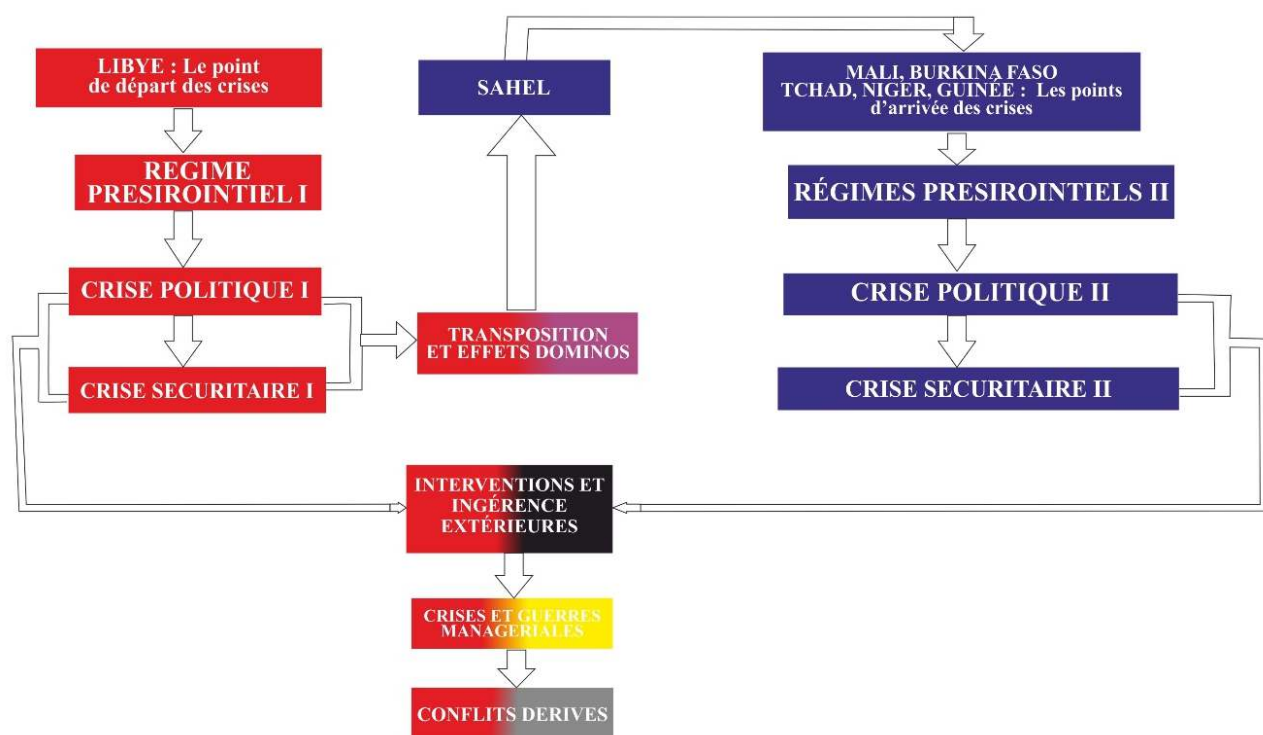


Fig. 2. Le schéma explicatif de la transposition des crises politico-sécuritaires de Libye vers le Sahel

Source: Fortunat Bokeka Lingoto (2024).

3.4 LES VELLÉTÉS SÉCESSIONNISTES AU SAHEL

Des vellétés sécessionnistes existent depuis plusieurs années au Sahel. Au Mali, le MNLA qui a destabilisé le Nord du Mali en 2012 est l'héritier du Mouvement populaire de libération de l'Azawad (MPLA) d'Iyad Ag Ghaly créé en 1988 et dont l'objectif était l'indépendance du territoire de l'Azawad [20]. Au Tchad, le Tibesti est historiquement une région frondeuse, berceau de plusieurs rébellions majeures depuis l'indépendance du Tchad, en 1960 [21].

Cependant, ces vellétés sécessionnistes ont pris inquiétantes à partir de la chute du régime de Mouammar Kadhafi en 2011, laquelle a coïncidé avec la sécession de la partie Sud du Nord donnant naissance à une nouvelle république indépendante (Sud Soudan). La sécession du Sud Soudan a constitué en effet une source de motivation pour les légendaires sécessionnistes maliens et tchadiens qui s'encouragent d'endurer afin de faire aboutir leurs revendications, comme cela a été le cas du Sud Soudan.

3.5 LE POIDS GEOPOLITIQUE DE LA LIBYE SOUS KADHAFI AU SAHEL

Kadhafi était un acteur constructif dans les accords de paix au Mali et au Niger. Ensemble avec la France, Kadhafi a sauvé le régime d'Idriss Deby menacé par les rebelles de FUC (Front uni pour le changement démocratique) en 2006 et 2008. La Libye sous Kadhafi était un Etat hégémon, avec un poids géopolitique réel au Maghreb et au Sahel. La force militaire et économique

qu'avait ce pays avec son Guide n'était pas moindre. S'il faut aller un peu loin, à peine une année et demi au pouvoir en 1971, Kadhafi a eu à sauver un régime, en interceptant avec ses avions de chasse sur les airs libyens, un avion en direction de Khartoum pour accomplir contre un coup d'Etat monté depuis Londres contre le Président soudanais Gaafar Nimeiry [22].

Du point de vue économique, la Libye avait non seulement des investissements directs étrangers dans les pays du Sahel [23], mais a été également une source d'emploi pour les immigrés étrangers des pays de la proximité: les Nigériens, les Soudanais, les Maliens, les Tchadiens, etc. La fin de Kadhafi et l'hécatombe en Libye a contraint les expatriés sahéliens à retourner désespérément dans leur pays, ne sachant quoi faire, si ce n'est que se lancer dans la criminalité, le terrorisme, ou la rébellion, à l'instars des Touaregs laïcs du MNLA au Mali, et de bien d'autres mouvements qui ont redynamisé le terrorisme dans tout le Sahel. La Libye était en fait un pilier d'équilibre géopolitique du Maghreb et du Sahel. Il est tout-à-fait évident que la chute brutale de ce pilier ait entraîné inéluctablement celles des parasites.

3.6 LE SOUS-DÉVELOPPEMENT

Le développement humain est évalué à travers les paramètres liés à l'alimentation, au logement, à la scolarité, à l'emploi, aux soins de santé et à l'expérience de vie. La vérification de ces paramètres de l'IDH dans les cinq pays sahéliens en crises donne des résultats très médiocres. Du point de vu alimentaire, dans tous le Sahel, 29 millions de sahéliens ont besoin d'assistance alimentaire [24]. Ce qui signifie qu'il existe une crise alimentaire au Sahel, laquelle peut constituer l'une des causes du taux élevé de la mortalité infantile au Sahel [25]. Pour les adultes, la moyenne mondiale de l'expérience de vie est d'environ 71 ans, alors qu'elle est de 52 ans au Mali [26]; 54 ans au Burkina Faso [27]; 51 ans au Niger [28]; 47 ans au Tchad [29]; et 59 ans en Guinée [30]. En ce qui concerne l'éducation, le taux d'alphabétisation est de 30% au Mali [31]; au Tchad, le taux d'analphabétisme est d'au moins 78% [32]; au Burkina Faso, le taux d'alphabétisation est évalué à 36% [33]; au Niger, le taux d'alphabétisation est d'environ 30 % [34] et en Guinée, le taux d'alphabétisation est de 30,4% [35]. Ces pays affichent du Sahel affichent un taux chômage élevés [36]. Selon le rapport du Programme des Nations unies pour le développement (PNUD) de 2021-2022, le Mali est le 147^e sur 191 pays du monde en termes du développement économique et humain; la Guinée est le 182^e; le Burkina Faso est le 184^e; le Tchad est le 187^e [37]. Le Niger est l'un des pays les plus pauvres du monde [38]. Au regard de ces indicateurs, il y a lieu d'affirmer que le Sahel est l'une des régions les plus sous-développées au monde.

Cette précarité des conditions de vie de la population est un facteur des tensions et des révoltes à l'interne. La population ayant perdu confiance en leurs autorités, elle est prédisposée à la révolte, laquelle s'extériorise par une sorte de transposition des crises d'un Etat à l'autre dans la mesure où, si elle commence dans un pays A, elle fera d'office l'objet d'incitation aux autres (B, C, D...) de la région qui sont dans la même situation.

3.7 LA CORRUPTION ET LES DETOURNEMENTS GENERALISES

La corruption et les détournements sont au centre des maux qui rongent la santé des Etats sahéliens à l'étude. A cause de la corruption des agents de services de renseignement, les groupes terroristes opèrent facilement contre l'Etat [39]. A cause des détournements des fonds, l'Etat est dépourvu des moyens pouvant lui permettre d'assurer ses missions régaliennes. Ces deux maux marchent souvent de pair: tous celui qui corrompt ou se laisse corrompre, détourne absolument, et celui qui détourne les biens publics corrompt ou se laisse corrompre inéluctablement. Ils commencent au sommet par les animateurs des institutions de l'Etat, et descendent jusqu'au bas niveau de fonctionnaires.

Au Mali, le régime d'IBK a été profondément marqué par l'utilisation abusive des fonds de l'Etat. A peine deux après au pouvoir, IBK avait détourné une somme de 353 milliards de FCFA au Mali [40]. C'était parmi les causes de son impopularité lors de l'élection de 2018. N'ayant pas été réélu, avait tenté de corrompre les agents de la CENI afin des résultats en sa faveur [41]. Et en ce qui concerne les élections législatives, les sièges des certains élus de l'opposition furent arbitrairement annulés au profit des proches du cercle du pouvoir [42]. Ce qui avait provoqué la contestation de la réélection d'IBK par les opposants bénéficiant du soutien du peuple. L'intensification de cette contestation durant deux semaines a conduit au coup d'Etat de 2020.

En Guinée, les deux premiers mandats de Condé ont été marqués par une corruption sans précédent au pays. Ne bénéficiant plus de la légitimité, il a fait recours à l'armée pour réprimer les opposants et la population civile. Après son renversement, Condé et son ex premier ministre Kassory Fofana ont fait objet des poursuites judiciaires pour les multiples détournements de fonds de l'Etat, l'enrichissement illicite et le blanchissement d'argent [43].

3.8 LA RÉSURGENCE DES GROUPES DJIHADISTES

Fuyant les représailles après la mort de leur mentor Kadhafi, les mercenaires Touaregs qui s'étaient enrôlés dans les forces pro-Kadhafi se sont déversés dans les pays de la bande sahélo-sahélienne avec des arsenaux d'armes qu'avait le Guide. Dans les pays où ils se sont déversés, la plupart d'entre eux se sont lancés dans le terrorisme en créant ou en adhérant aux groupes djihadistes; et leurs actes ont pris une ampleur croissante à partir de 2015. Les plus actifs de ces groupes djihadistes sont les suivants:

- Le MUJAO (Mouvement pour l'unicité et le djihad en Afrique de l'Ouest), autrement appelé Al-Mourabitoune, créé en 2013 par Mothtar Blmontar. Les membres s'appellent « les signataires par le sang ». En ce qui concerne les objectifs du MUJAO, dans une vidéo postée sur Internet en janvier 2012, celui qui était présenté comme son porte-parole (ou encore comme son chef par d'autres sources), Hama Ould Mohamed Kheyrou, alias Abou Qumqum, avait déclaré être en guerre contre la France qui est contre les intérêts de l'Islam. Il avait également ajouté que le djihad sera apporté partout où cela sera nécessaire et pour Dieu il faut être prêt à tout. L'imposition de la Charia dans toute l'Afrique de l'Ouest figure également au rang des desseins déclarés du groupe. Dans une autre interview, il a ajouté la nécessité d'instaurer la Charia et l'objectif du mouvement d'intégrer les jeunes de l'Afrique noire dans la dynamique du djihad. Il est ainsi clairement question d'une volonté d'exporter et d'étendre le djihad à l'Afrique subsaharienne [44] ;
- L'AQMI (Al-Qaïda au Maghreb islamique), créé en 2007. Son objectif est de renverser tous les gouvernements laïcs du Sahel et instaurer des califats, et déstabiliser les pays occidentaux [45] ;
- L'ANSAR DINE, autrement appelé « les défenseurs de la religion, créée en 2012. Son objectif est d'islamiser tout le Sahel par le djihad et l'insurrection [46] ;
- BOKO HARAM qui est une secte armée radicale créée au Nigeria en 2002. Pour ce groupe, l'éducation occidentale est un péché [47]. Il revendique la création d'un Etat islamique au Nigeria fondé sur la charia.

Ces groupes trouvent leur financement auprès de certains Etats du Moyen-Orient: l'Arabie saoudite, le Pakistan, l'Afghanistan, l'Iran et l'Irak, et es prises d'otage dont la libération est conditionnée d'une rançon [48].

3.9 L'INCAPACITE DE CONTROLER LA VENTE ET LA CIRCULATIONS DES ARMES

Etant donné que les armes font partie des biens économiques, leurs producteurs se comportent comme tous les autres qui ont besoin d'un marché d'écoulement des produits. Pour qu'il y ait ce marché, il leur faut une situation qui crée l'état de besoin.

En ce qui concerne les producteurs des armes, c'est la guerre dans toutes ses formes qui crée ce besoin. Les plus grands vendeurs d'armes dans le monde sont: les Etats-Unis, la Russie, la Chine, la France et le Royaume-Uni, la Russie et la Chine [49].

Profitant de l'état de vulnérabilité des Etats sahéliens et l'absence d'une législation solide en matière de détention d'armes et de circulation dans ces Etats, la région est considérée comme un véritable marché à conquérir par tous les moyens. Pour d'autres produits, l'Afrique ne représente pas grand-chose pour ces vendeurs, sauf concernant les armes. Concernant la région à l'étude, Amnesty International révèle que les groupes portant allégeance à l'Etat islamique (AQMI, MUJAO,...) utilisent des armes de fabrication européenne, notamment serbe. Cette ONG internationale mentionne aussi leur utilisation par des milices pro-gouvernementales et évoque des circuits illégaux d'armements de ces groupes [50].

4 LES FACTEURS EXOGENES DE L'INSTABILITE POLITICO-SECURITAIRE DANS LA REGION DU SAHEL

Les facteurs exogènes qui ont provoqué la transposition des crises politico-sécuritaires dans la région du Sahel sont les suivants: l'inefficacité des interventions multilatérales en Libye et au Sahel, et l'ingérence extérieure.

4.1 L'INEFFICACITE DES INTERVENTIONS MULTILATERALES

L'intervention de la communauté internationale a constitué par la suite l'un des facteurs ayant accentué la crise en Libye, n'ayant pas pris soins de la période post-conflit qui a suivi la mort de Kadhafi. Par ailleurs, cette intervention n'a pas pu tenir compte de la feuille de route de l'Union africaine. Cette feuille de route s'articulait autour des points suivants: (i) cessation immédiate de toutes les hostilités; (ii) coopération de toutes les autorités libyennes compétentes pour faciliter la fourniture à temps opportun d'une assistance alimentaire aux populations qui en ont besoin; (iii) la protection des étrangers, y compris les travailleurs immigrés africains en Libye; et (iv) le dialogue entre les parties libyennes et la mise en place d'un gouvernement de transition consensuel et inclusif [51].

Après l'autorisation et le lancement de l'intervention multilatérale anticipée par les bombardements français, nombreux Chefs d'Etats africains étaient contre cette décision hâtive qui pouvait avoir des lourdes conséquences en matière de déstabilisation au Sahel et de dissémination du terrorisme dans les Etats riverains de la Méditerranée [52]. L'incidence directe de cette intervention superficielle est la faillite de l'Etat Libyen et sa partition en deux gouvernements rivaux Est-Ouest; la montée du terrorisme islamique et les dommages collatéraux au Mali, au Burkina Faso, au Tchad, au Niger et en Guinée.

En ce qui concerne les missions de l'ONU, le bilan de la quasi-totalité des interventions déployées en Afrique post-bipolaire est passif. Le premier problème qui se pose est autour de la nature des missions de l'ONU face à l'ampleur de la situation sur terrain. Vu la multi-dimensionnalité des crises au Sahel, dans un enchevêtrement entremêlant des acteurs locaux, nationaux, régionaux et internationaux et l'incompatibilité des revendications des protagonistes, l'équation devient sans doute assez hardi à résoudre à cause de plusieurs inconnus. A premier vu, une fois un Etat est en crise sécuritaire, la mission que déploie l'ONU dans un premier temps est celle d'observation: les missions onusiennes en Afrique restent très souvent à la première phase de l'observation.

Au Mali, les autorités de transition ont demandé et obtenu le départ de la MINUSMA. Si des divergences d'opinions existaient déjà en coulisse entre le gouvernement de l'ancien président Ibrahim Boubacar Keïta et l'ONU, les relations se sont sévèrement dégradées depuis l'arrivée des militaires au pouvoir à la faveur de deux coups d'Etat, en août 2020 puis mai 2021. Les nouveaux dirigeants ont ouvertement fustigé à plusieurs reprises l'« inefficacité » de la MINUSMA, incapable « d'apporter les réponses adéquates à la situation sécuritaire au Mali » et de « répondre aux impératifs de sécurité des Maliennes et des Maliens » [53].

Cette inefficacité des forces de maintien de la paix de l'ONU est aussi déplorée en RD Congo où la MONUSCO se voit reprocher de ne pas avoir protégé la population contre les attaques de militants armés [54]. Lors que la MONUC a été dépêché au Congo en 2001, le pays comptait 20 groupes rebelles. A ce jour, le pays compte 266 groupes armés, et plus de 20 milliards de dollars ont été dépensés [55].

Les pays les plus pondérant (principalement les cinq membres permanents du Conseil de Sécurité) qui s'impliquent dans ces crises influent sur l'ONU, de sorte que les missions onusiennes deviennent compromettantes. La résultante directe de pareil comportement est que dans la région des Grands Lacs africains et au Sahel, en dépit des interventions onusiennes, les crises tendent vers des dimensions cycliques.

C'est ainsi que le Mali et la RD Congo ont décidé en 2023 d'expulser les missions onusiennes de leurs territoires. Ridiculisé à ce point, le Secrétaire général de l'ONU a déclaré de ne rien avoir dans l'agenda de l'organisation, un pays à intervenir jusqu'à nouvel ordre, d'après une redéfinition claire des natures et objectifs des interventions onusiennes dans le monde.

4.2 L'INGÉRENCE EXTÉRIEURE

L'ingérence que l'Afrique a toujours décriée est celle des occidentaux, sur les plans politique, militaire, économique. Mais dans le cas de la Libye et les cinq victimes collatérales sahéliennes, il n'y a à présent pas seulement les occidentaux, mais aussi d'autres pays du Moyen et Extrême Orient qui ont trouvé l'occasion d'expérimenter ou d'exprimer leur puissance ou leur puissance moyenne (le Qatar, les EAU, la Turquie, l'Egypte).

4.2.1 LES INTERVENTIONS MILITAIRES UNILATÉRALES

L'une des interventions unilatérales auxquelles nous faisons allusion dans le cadre de cette analyse est celle dénommée l'harmattan autorisée par la résolution 1973 du Conseil de sécurité de l'ONU. Celle-ci avait pour objectif d'appliquer les dispositions de la résolution 1973 du Conseil de sécurité susmentionnée, à savoir faire respecter la zone d'exclusion aérienne (no fly zone – NFZ) pour empêcher les aéronefs du colonel Kadhafi de bombarder la population, et de protéger la population libyenne des attaques des forces de Kadhafi. Pour atteindre ces objectifs, les moyens de la coalition, en particulier les moyens aériens: conduisent des missions d'interdiction aérienne: il faut détecter les aéronefs qui volent dans la NFZ et être en mesure de les neutraliser; doivent réduire les capacités de défense, en particulier sol-air, des forces de Kadhafi, pour permettre aux aéronefs de la coalition de faire respecter la NFZ en sécurité; conduisent des frappes sur des objectifs militaires qui peuvent menacer la population libyenne [56].

De bout en bout de l'intervention de la communauté internationale de 2011 en Libye, la France était restée en pointe. L'aviation française était d'ailleurs à l'origine de la capture de l'ex-dirigeant libyen. Avant même que l'OTAN réagisse, le ministre français de la Défense avait expliqué que les avions français avaient stoppé le cortège de véhicules où se trouvait le colonel en fuite [57].

En analysant de prêt la situation en Libye, nous sommes tenté de soutenir que ce qui comptait pour la France n'était pas principalement la protection des civiles, mais plutôt l'exécution d'un agenda non avoué de Nicolas Sarkozy: en finir avec Mouammar Kadhafi. Certains faits permettent de soutenir notre position. En effet, au cours d'une conférence de presse à Ankara en 2011, l'ancien président français s'était prononcé pour le départ de Kadhafi: « notre position est claire: M. Kadhafi doit partir... » [58]. Pour certains observateurs, la détermination de Nicolas Sarkozy de vouloir mettre fin à tout prix au régime du guide libyen se justifie: « c'est parce qu'il voulait se débarrasser d'une affaire devenue trop encombrante que Nicolas Sarkozy, en 2011, aurait plaidé de toutes ses forces en faveur d'une intervention en Libye. La défense des populations libyennes n'était qu'un cache-sexe. Il s'agissait pour l'ancien président de la République française d'éloigner les témoins gênants, au premier rang desquels le colonel Kadhafi. Quitte pour cela à plonger le pays dans le chaos le plus complet et à le « livrer aux djihadistes » » [59]. A cet effet, rappelons qu'en 2011, peu avant l'intervention militaire en Libye, Mouammar Kadhafi avait affirmé que Nicolas Sarkozy l'a trahi. Il avait déclaré: « c'est nous qui lui avons fourni les fonds qui lui ont permis de gagner les élections. [...] Il est venu me voir alors qu'il était ministre de l'Intérieur. Il m'a demandé un soutien financier. Et on l'a soutenu » [60].

En Libye, depuis le déclenchement de la deuxième guerre civile de 2014, un bon nombre de pays y ont chacun envoyé leurs combattants. Les interventions de certaines puissances étrangères, notamment certains pays du Golfe comme le Qatar, les Émirats arabes unis, l'Arabie saoudite et la Turquie, nous permettent de comprendre l'intérêt et l'enjeu que représente la Libye pour les pays interventionnistes:

- **La Turquie** qui soutient le GNA, est en train d'étendre son influence dans la région et en Méditerranée en particulier, avec notamment une implication dans la guerre en Syrie. En Libye, Ankara a fourni des conseillers militaires au GNA et y a également envoyé des miliciens syriens supplétifs de la Turquie, des drones et des systèmes de défense anti-aérienne. Ankara et le GNA ont signé en novembre un accord de « coopération militaire et sécuritaire » et un accord de délimitation maritime qui permet à la Turquie de faire valoir des droits sur de vastes zones en Méditerranée orientale, riches en hydrocarbures et convoitées par d'autres pays
- **Le Qatar**, mis à l'écart par ses voisins arabes du Golfe et l'Égypte qui l'accusent de soutenir des mouvements islamistes radicaux et de s'être rapproché de l'Iran, soutient également le GNA. Sur le terrain libyen le riche petit émirat gazier est ainsi en concurrence avec les Emirats arabes unis qui appuient le maréchal Haftar, tout comme l'Égypte
- **La Russie** de Vladimir Poutine étend elle aussi son influence dans la région, notamment en Syrie. En Libye, des mercenaires ayant des liens avec la société privée Wagner, considérée comme proche du président russe, sont engagés dans les combats aux côtés du maréchal Haftar. Le groupe Wagner a soutenu les forces pro-Haftar avec « des opérations de combat et d'influence », des snipers et un appui technique
- **Les Emirats arabes unis**, riche pays pétrolier du Golfe, a soutenu le maréchal Haftar pendant des années avec des avions de combat, des drones chinois et autres types d'armement moderne. Les Emirats accusent le GNA d'être proche des Frères musulmans, à l'égard desquels Abou Dhabi a une politique de tolérance zéro. Ils seraient avec d'autres monarchies arabes du Golfe en train de financer l'intervention du groupe Wagner
- **L'Égypte**, soucieuse de sécuriser ses frontières poreuses, a longtemps soutenu le maréchal Haftar dans l'Est de la Libye. Les relations avec Ankara sont tendues depuis que M. Sissi est arrivé au pouvoir en 2013 après avoir destitué Mohamed Morsi, membre des Frères musulmans, soutenus par Ankara
- **La France** reconnaît avoir apporté du renseignement au maréchal Haftar mais réfute tout soutien militaire dans son offensive contre Tripoli. Pour la France, la stabilisation de la Libye est fondamentale pour la sécurité de l'Europe et le Sahel
- **L'Italie**, ancienne puissance coloniale jalouse de son influence et de ses intérêts économiques notamment pétroliers, soutient le GNA en Libye, un soutien qui aurait également pour priorité l'assèchement des flux de migrants [61]

En analysant les visées politiques et économiques en termes d'enjeux, on se rend compte que tous ces Etats poursuivent trois buts à savoir: le renforcement de leurs influences internationales; tirer des avantages économiques des échanges commerciaux avec le nécessaire; et avoir la mainmise sur le pétrole libyen et l'uranium que regorgent les sous-sols des cinq victimes collatérales sahéniennes [62]. C'est de cette manière que la Libye est devenue comme un marché à conquérir et à conserver. Pour ces intervenants, ils ne souhaiteront pas que la Libye se rétablisse, sinon ils perdront leur marché. C'est ainsi que l'équation devient difficile sans issues.

Au Mali, suite à la guerre civile et au terrorisme qui avaient secoué le pays dans sa partie Nord en 2012, la France est intervenue en 2013 à travers l'opération Serval qui avait trois objectifs, à savoir: stopper l'offensive des Touaregs et djihadistes au Nord; empêcher la chute de Bamako; assurer la sécurité des français et européens vivant au Mali. En somme, l'opération avait tant soit peu atteint ses objectifs avec l'appui de la CEDEAO, à tel enseigne que, sur le plan politique, le pays a réussi à organiser les élections présidentielle et législatives, amenant Ibrahim Boubacar au pouvoir avec un parlement

démocratiquement élu. Mais c'est comme si la France ne voulait qu'atténuer la teneur de la situation pour distraire le Mali, préparer un rebondissement et passer à une autre intervention avec un champ plus large [63]. Et c'est cela le plan français de maintien du statu quo des crises au Sahel pour marteler l'importance de sa présence dans la région. Suite à la résurgence du terrorisme dans tous le Sahel, la France a élargi le champ de son intervention dans la région par l'opération Barkhane incluant le Mali, le Burkina Faso, le Niger le Tchad et la Mauritanie, les membres du G5-Sahel. Toutefois, cet élargissement, n'aura pas de point d'appréciation. Jusqu'à ce que les concernés la remettent en cause. Lancé le 1^{er} août 2014, Barkhane avait pour mission de lutter contre le terrorisme [64]. Après juste un an de son lancement, en 2015, il y eut la recrudescence du terrorisme chez les membres du G5 Sahel, excepté la Mauritanie [65].

Par ce manque des résultats, les voix des populations des pays du G5 Sahel se sont levées pour décrier la présence des troupes françaises. Au Mali, après les attaques à Bamako, à Tombouctou, à Kidal et à Gao, la France a perdu le contrôle. En voulant chercher à redorer les blasons ternis, elle s'est enfoncée davantage dans l'incrédulité, en lançant des attaques aveugles sur les paisibles citoyens, comme celle du 03 janvier 2021 au cours de laquelle les troupes de Barkhane ont attaqué les Peules, les Tabitals, les Pulaakus, et les Dénos qui festoyaient un mariage au siège leur association culturelle. Pour leur part, les troupes françaises de Barkhane avaient réfuté les accusations, allant jusqu'à remettre en cause les témoignages des rescapés confirmés par des enquêtes onusiennes.

Avant que le régime transitionnel malien ne décide du départ des troupes françaises, ce fut d'abord le peuple malien qui avait contesté la présence inutile de Barkhane. Par la suite, les enquêtes menées par les services de renseignement exhibent les correspondances téléphoniques, les messageries codées et les agents de liaisons entre les responsables de Barkhane et les chefs des djihadistes [66]. C'est ainsi que Barkhane quitta le territoire malien le 15 août 2022.

Au Burkina Faso, la population et les autorités de transition se sont rendus compte du manque du changement de la situation sécuritaire et ont demandé la fin de Barkhane au pays le 23 février 2022.

Au Niger, après le dernier coup d'Etat de septembre 2022 au Burkina Faso, il y avait des avertissements tel qu'un autre de plus au Sahel marquerait la fin de Barkhane, et de la présence des troupes américaines au Niger, en raison de manque des résultats, et par surcroît le sentiment néocolonialisme sous-jacent de la France dans toutes ses anciennes colonies [67]. Et, c'est au mois de mars 2024 que les troupes américaines ont quitté le Niger.

Au Tchad, après la mort d'Idriss Deby, le régime transitionnel a organisé des assises de dialogue avec toutes les couches sociales du pays au Qatar en 2022 pour la préparer un gouvernement d'union nationale de transition pouvant conduire aux élections. Voulant tout parrainer dans ses anciennes colonies, la France critiqua négativement les assises sous une forme d'incitation des opposants et la société civile au boycott de l'initiative. Ces critiques négatives françaises découlent du fait que le Tchad s'était orienté vers une autre direction que celle de l'Élysée. Ces dernières ont été qualifiées d'acte d'ingérence mal digéré par le pouvoir de N'Djamena qui avait formulé une mise en garde à l'égard de l'Élysée.

Bref, les interventions françaises semblent être perçues comme une mise sous tutelle des États, une forme de néocolonialisme [68]. Les interventions des occidentaux en Afrique, de manière générale, ne donnent pas des bons résultats à cause de la double carte que ces dernières jouent entre les protagonistes. Leurs priorités sont les intérêts à tirer derrière les crises. Lorsque ces intérêts priment sur la résolution d'une crise, cette dernière a du mal à trouver une issue à cause des enjeux qu'elle présente face aux intervenants extérieurs.

4.2.2 LE CONTRÔLE POLITIQUE

Il existe un certain étouffement des droits et libertés du Sud à disposer d'eux-mêmes par le Nord. C'est ce que nous qualifions ce fait de dictature hémisphérique. Dans l'histoire politique postcoloniale des pays africains, la majorité des chefs d'Etat africains qui ne se sont pas fait dociles aux occidentaux, ont été combattus par ces derniers. Leurs régimes ont été démantelés par des coups d'Etat orchestrés par les occidentaux en complicité avec les putschistes.

Kadhafi fut combattu par les occidentaux tout au long de son pouvoir jusqu'à être abattu en 2011 à cause de sa vision et sa détermination pour le bien de son pays, diamétralement contradictoires avec les intérêts occidentaux. Au Mali, Le premier chef d'Etat Modibo Keita était renversé par le coup d'Etat du 19 novembre 1967 mené par le lieutenant Moussa Traoré, soutenu par les Français [69]. En Guinée, les putschistes du dernier coup d'Etat de 2021 ont été soutenus par les français qui commençaient à être à couteau tiré avec Alpha Condé [70]. Au Burkina Faso, Marc Kaboré avait décrié l'empirement de la situation sécuritaire en dépit de la présence des troupes françaises. C'est ainsi que la France avait soutenu Paul-Henri Sandaogo Damiba pour exécuter le coup d'Etat contre Marc Kaboré.

Au regard de ce qui précède, nous constatons que la France, pour garantir ses intérêts, est prête à tout faire, même jusqu'à soutenir des dirigeants africains dictateurs et avides de pouvoir. Ce qui compte est qu'ils leur soient dociles et garants de leurs

intérêts en Afrique pour ils sont soutenus, quels que soient leurs impondérables aux pays devant leurs peuples. Leur dictature, corruptions et détournements ne sont pas chantés par les médias occidentaux. Les exemples typiques sont le cas de Paul Kagamé du Rwanda, soutenu par les américains et l'Union Européenne depuis 2000; Paul Biya soutenu par les français alors qu'il est président du Cameroun depuis 1982; Théodore Obiang de la Guinée Equatoriale soutenu par la France alors qu'il est à la tête du pays depuis 1979.

Cela ne signifie guère qu'au Rwanda, au Cameroun et en Guinée Equatoriale, il n'y a pas ceux qui sont contre ces régimes dictatoriaux et ces « *Présirais* [71] ». Mais tout simplement, ces *Présirais* sont soutenus par les occidentaux parce qu'ils leur sont dociles, fidèles et font le gardiennage de leurs intérêts en Afrique. Ces *Présirais*, dans leurs pays respectifs font ce qui leur semble bon: ils détournent, corrompent, torturent leurs peuples et opposants. A contrario, ceux qui portent l'étiquette nationaliste, défenseurs de leur souveraineté nationale, mais ne s'alignent pas derrière l'idéologie occidentale, sont pourchassés, inquiétés et même tués.

Il est de toute évidence de souligner que si certains dirigeants africains échouent de bien gouverner leurs pays, c'est par ce qu'ils sont au service des puissances prédatrices qu'ils craignent au risque de perdre leurs pouvoirs et leurs vies. Ils les considèrent comme des véritables sources de leur pouvoir et leur permet de le conserver. Ils se voient menacés et ont peur d'être inquiétés, traqués, reversés, voire tués lorsqu'ils ne s'alignent pas derrière les positions occidentales. De ce fait, pusillanimes qu'ils sont, ces dirigeants africains relèguent au second plan les intérêts de leurs peuples.

5 CONCLUSION

L'objectif de cette analyse a consisté à découvrir les facteurs qui ont rendu possible la transposition des crises politico-sécuritaires de la Libye au Sahel, précisément au Mali, au Burkina Faso, au Tchad, au Niger et en Guinée. La démarche entreprise a conduit à distinguer les facteurs endogènes et exogènes.

Dans l'ordre des facteurs endogènes, on s'est rendu compte que la configuration géopolitique en rapport avec le partage des frontières conventionnelles allant de la Libye, passant au Tchad et le Niger, le Mali, le Burkina Faso jusqu'en Guinée, est une topographie prédisposée à la transposition des crises véhiculées par les peuples à cheval des frontières: les Touaregs, les Berbères, et les Toubous. Ces peuples propagent la criminalité transfrontalière à cause de la porosité des frontières des Etats.

Un autre facteur endogène est la similitude des régimes politiques marqué par la dictature, la pérennité et la longévité au pouvoir et l'empiètement constitutionnelle par les chefs d'Etat des pays sahéliens. Les velléités sécessionnistes ont aussi constitué un facteur de la transposition des crises politico-sécuritaires de la Libye vers le Sahel par l'idée de vouloir l'exemple de l'indépendance du Soudan du Sud.

Le poids géopolitique de la Libye à l'époque de Kadhafi constituait une base d'appuis et de stabilité des autres pays voisins. Sa chute a emporté ceux qui se maintenaient grâce à lui. Ces pays sahéliens ont basculé dans des crises parce qu'ils étaient intrinsèquement faibles économiquement, et par rapport aux indices du développement humain, accentués par la corruption et les détournements de fonds. Ces derniers ruinent ces Etats en les dépossédant des moyens qui peuvent leur permettre d'assumer leurs missions régaliennes.

En ce qui concerne les facteurs exogènes, ils font référence à l'inefficacité des interventions multilatérales, notamment celles de l'ONU qui obéissent à l'influence des cinq membres permanents, laquelle compromet les missions onusiennes. Ces facteurs exogènes font aussi référence à l'ingérence de certains Etats sur les plans politique et militaire.

REFERENCES

- [1] Le Courrier International, *Le printemps arabe vu par la presse arabe*, N°1058, [11].
[Online] Available: <https://www.courrierinternational.com/magazine/2011/1058-le-printemps-arabe-vu-par-la-presse-arabe> (22 février 2022).
- [2] Ping., J., *Eclipse sur l'Afrique: fallait-il tuer Kadhafi ?*, Paris, Essai Michalon, 2014, p. 92.
- [3] Ping., J., *Op. cit.* p.94.
- [4] Maxime d'Horace qui signifie « la colère est une courte folie ».
- [5] Mathieu, Olivier, *Mali: une menace terroriste omniprésente, du Nord au Sud*, 2015.
[Online] Available: <https://www.jeuneafrique.com/280281/politique/mali-menace-terroriste-omnipresente-nord-sud/> (07 juillet 2024).
- [6] Jeune Afrique, *Mali: cinq morts dans un attentat à Bamako, deux suspects interpellés*, 2015.
[Online] Available: <https://www.jeuneafrique.com/226283/politique/mali-cinq-morts-dans-un-attentat-bamako-deux-suspects-interpell-s/> (07 juillet 2024).

- [7] Radio France internationale, *Ce que l'on sait de l'attentat à l'hôtel Radisson de Bamako*, 2015. [Online] Available: <https://www.rfi.fr/fr/afrique/2min/20151120-attentat-mali-hotel-radisson-blu-bamako-al-mourabitoun-terrorisme-al-qaida> (07 juillet 2024).
- [8] Jeune Afrique, *Mali: l'attentat-suicide contre la base militaire de Gao a fait au moins 77 morts*, 2017. [Online] Available: <https://www.jeuneafrique.com/395408/politique/mali-lattentat-suicide-contre-base-militaire-de-gao-a-77-morts/> (07 juillet 2024).
- [9] Salma Niasse-Ba, *Attentat de Ouagadougou: qui sont les 30 victimes des attaques du 15 janvier*, 2016. [Online] Available: https://www.lemonde.fr/afrique/article/2016/01/20/ouagadougou-qui-sont-les-30-victimes-des-attaques-du-15-janvier_4850730_3212.html (23 juin 2024).
- [10] Kum, Peter, *Tchad: une dizaine de soldats tués dans une attaque de Boko Haram (officiel)*, 2022. [Online] Available: <https://www.aa.com.tr/fr/afrique/tchad-une-dizaine-de-soldats-tu%C3%A9s-dans-une-attaque-de-boko-haram-officiel/2745286> (07 juillet 2024).
- [11] Rapport du Secrétaire général sur la force conjointe du Groupe de cinq pays du Sahel, présenté au Conseil de sécurité des Nations Unies S/2020/870, octobre 2020.
- [12] Reynié, D., et All., *Les attentats dans le monde de 1979 à 2019*, Paris, Fondation pour l'innovation politique 2019, p.37.
- [13] Gourdin, Patrice, *Touaregs du Mali. Des hommes bleus dans une zone grise*, 2013. [Online] Available: <https://www.diploweb.com/Touaregs-du-Mali-Des-hommes-bleus.html> (18 décembre 2022).
- [14] Dumortier, B., et All., *L'Afrique: du Sahel et du Sahara à la Méditerranée*, Paris, Armand Colin, 2017, 63.
- [15] *Le fantôme du Sahel*. [Online] Available: <https://www.youtube.com/watch?v=RHLQ0ZxJq8g> (18 décembre 2022).
- [16] *Global Organized Crime Index, GI-TOC*. [Online] Available: <https://africa.ocindex.net/> (11 juillet 2024).
- [17] FAO, *Situation alimentaire mondiale: indice des prix des produits alimentaires*. [Online] Available: <https://www.fao.org/worldfoodsituation/foodpriceindex/fr> (17 septembre 2022).
- [18] Zounmenou, D., *La Guinée peut-elle éradiquer les coups d'état de sa culture politique ?* [Online] Available: <https://issafrica.org/fr/iss-today/la-guinee-peut-elle-eradiquer-les-coups-detat-de-sa-culture-politique> (consulté le 08 mai 2024).
- [19] Kilwa Sibumba E., *Analyse de la forme des gouvernements postcoloniaux en Afrique: des monarchies déguisées en républiques ?*, International Journal of Innovation and Applied Studies, Vol.24, N°4, pp. 1567-1578, Novembre 2018. [Online] Available: <https://ijias.issr-journals.org/abstract.php> (11 juillet 2023).
- [20] Comité Afrique, *Mali: du combat pour l'Azawad au combat tribal*, 2016. [Online] Available: https://jeunes-ihedn.org/wp-content/uploads/2016/11/Afrique-Article-Mali_DMG_vu-CF-2-FINAL-PUBLI-PAPIER.pdf (05 juillet 2024).
- [21] Organisation suisse d'aide aux réfugiés (OSAR), *Tchad: situation sécuritaire dans la région du Tibesti*, Berne, Organisation suisse d'aide aux réfugiés (OSAR), p.19, 2022. [Online] Available: https://www.osar.ch/fileadmin/user_upload/Publikationen/Herkunftslaenderberichte/Afrika/Tschad/220824_TSCH_situation_Tibesti.pdf (05 juillet 2024).
- [22] Programme alimentaire mondial, *Rapport annuel sur la situation de l'insécurité alimentaire combine aux événements violents au Sahel*, Juin-Août 2021.
- [23] Berber, Myriam, *La Libye, investisseur en Europe et en Afrique*, 2011. [Online] Available: <https://www.rfi.fr/fr/afrique/20110222-libye-investisseur-europe-afrique> (07 février 2024).
- [24] Otayek, R., *La politique africaine de la Libye*, Paris, Karthala, 1986. p.41.
- [25] *Sahel: vers une prise de conscience du fléau de la malnutrition*. [Online] Available: https://ec.europa.eu/echo/files/media/publications/nutrition_sahel_fr.pdf (25 octobre 2023).
- [26] *Mali Population*. [Online] Available: <https://countrymeters.info/fr/Mali> (11 juillet 2024).
- [27] *Burkina Faso Population*. [Online] Available: <https://countrymeters.info/fr/Burkina-Faso-Population-2023-countrymeters>, (25 octobre 2023).
- [28] *Niger Population*. [Online] Available: <https://countrymeters.info>Niger-Population-2023-countrymeters>, (25 octobre 2023).
- [29] *Tchad Population*. [Online] Available: <https://countrymeters.info>Tchad-Population-2023-countrymeters> (25 octobre 2023).
- [30] *Guinée Conakry*. [Online] Available: <https://www.larousse.fr>pays>Guinée-conakry-population-2023> (25 octobre 2023).
- [31] *% des maliens ne sont pas alphabétisés*, 2022. [Online] Available: <https://www.studiotamani.org/114812-les-femmes-sont-les-moins-alphabetisees-au-mali-selon-la-direction-nationale-de-leducation-non-formelle-et-des-langues-nationales> (25 octobre 2023).
- [32] *Tchad: un taux d'analphabetisme d'au moins 78%*, 2023. [Online] Available: https://www.alwihdainfo.com/Tchad-un-taux-d-analphabetisme-d-au-moins-78_a126165.html (05 juillet 2024).
- [33] *Burkina Faso: taux d'alphabétisation*. [Online] Available: https://www.indexmundi.com/fr/burkina_faso/taux_d_alphabetisation.html (05 juillet 2024).

- [34] *L'alphabétisation de la femme nigérienne: quels avantages pour son inclusion ?*, 2022. [Online] Available: <https://www.studiokalangou.org/73977-alphabetisation-femme-nigerienne-queles-avantages-inclusion>, (05 juillet 2024).
- [35] *Guinée Taux d'alphabétisation*, https://www.indexmundi.com/fr/guinee/taux_d_alphabetisation.html (05 juillet 2024).
- [36] Ndenzako, J., *L'emploi dans le Sahel et dans le monde*. [Online] Available: <https://poverty-action.org/sites/default/files/Session%201%20-%20L%E2%80%99emploi%20dans%20le%20Sahel%20et%20dans%20le%20monde.pdf> (11 juin 2024).
- [37] Action contre la faim, *Rapport annuel de 2020 du Groupe Régional de Travail Sécurité Alimentaire et Nutritionnelle*, 2021. [Online] Available: https://www.actioncontrelafaim.org/wp-content/uploads/2021/12/RapportAnnuel2020_web.pdf (21 juin 2024).
- [38] *Classement des pays ayant le plus faible produit intérieur brut (PIB) par habitant dans le monde en 2023*. [Online] Available: <https://fr.statista.com/statistiques/917055/pays-les-plus-pauvres-monde/> (11 juillet 2024).
- [39] Gildas, D., *Sahel: quand la corruption entrave la lutte contre le terrorisme*, 2023. [Online] Available: <https://www.voaafrique.com/a/sahel-quand-la-corruption-entrave-la-lutte-contre-la-corruption/7315941.html> (11 juillet 2024).
- [40] Radio France Internationale, *Corruption au Mali: 153 milliards de FCFA détournés en deux ans*, 2015. [Online] Available: <https://www.rfi.fr/fr/afrique/20150507-corruption-mali-150-milliards-fcfa-detournes-deux-ans> (11 juillet 2024).
- [41] *L'équipe de Perspective monde*. [Online] Available: <https://perspective.usherbrooke.ca/bilan/servlet/BMEve/1915>, (19/10/2022).
- [42] Sidibé, M., *Le Mali au cœur des processus inachevés*, 2022. [Online] Available: <https://library.fes.de/pdf-files/bueros/mali/18969.pdf> (02 septembre 2023).
- [43] Tv5 Monde, *Guinée: l'ex-Premier ministre Kassory Fofana poursuivi pour « détournements » de fonds Covid*, 2022. <https://information.tv5monde.com/afrique/guinee-lex-premier-ministre-kassory-fofana-poursuivi-pour-detournements-de-fonds-covid> (06 décembre 2023).
- [44] Assanvo, W., « Etat de la menace terroriste en Afrique de l'ouest », *Note d'analyse*, n°12, pp.9-10, juillet 2012.
- [45] Mehdi, T., « La réalité de la menace de l'AQMI à la une des révolutions démocratiques au Maghreb », *Géostratégiques*, n°32, p.281, 3^e trimestre 2011.
- [46] Curtis, J.-F., *Sahel: le terrorisme adopte la mutualisation*, 2017. [Online] Available: <https://www.strategie-ci.com/sahel-le-terrorisme-adopte-la-mutualisation> (24 mars 2023).
- [47] En Haoussa, l'une des langues parlée au Nigeria, boko haram signifie l'éducation occidentale est péchée.
- [48] Bamba Gaye, S., *Connexion entre groupes djihadistes et réseaux de contrebande et trafic illicite au sahel*, Dakar, Friedrich-Ebert-Stiftung, pp.14-15, 2017. [Online] Available: <https://library.fes.de/pdf-files/bueros/fes-pscc/14175.pdf> (11 juillet 2024).
- [49] TV5 Monde, *Amnesty International, la dénonciation de livraisons d'armes au sahel*, 2021. [Online] Available: <https://information.tv5monde.com/afrique/amnesty-international-denonce-les-livraisons-darmes-au-sahel-14510> (24 juillet 2022).
- [50] Amnesty International, *Sahel. Des fusils serbes identifiés parmi les armes utilisées par des groupes armés violents*, 2021. [Online] Available: <https://www.amnesty.org/fr/latest/news/2021/08/sahel-amnesty-identifies-serbian-weapons-in-stockpiles-of-brutal-armed-groups/> (24 juillet 2022).
- [51] Ping, J., *L'Union africaine et la Crise libyenne: remettre les pendules à l'heure*, La Lettre du Président, N°1, Novembre 2011. [Online] Available: https://au.int/sites/default/files/pressreleases/24623-pr-lettre_du_president_de_la_commission_de_lua_-_francais.pdf (06 juillet 2024).
- [52] Soudan, F., *Idriss Déby Itno: « Si la Libye implose, les conséquences seront incalculables pour la région »*, 2021. [Online] Available: <https://www.jeuneafrique.com/192169/politique/idriss-d-by-itno-si-la-libye-implose-les-cons-quences-seront-incalculables-pour-la-r-gion/> (11 juillet 2024).
- [53] Rich, David, *Départ de la Minusma: entre le Mali et la mission de l'ONU, un divorce devenu inévitable*, 2023. [Online] Available: <https://www.france24.com/fr/afrique/20230630-d%C3%A9part-de-la-minusma-entre-le-mali-et-l-onu-un-divorce-devenu-in%C3%A9vitable> (07 juillet 2024).
- [54] Dawit, Yohannes et Meressa K. Dessu, *Que révèlent les manifestations sur le maintien de la paix de l'ONU en Afrique ?*, 2022. [Online] Available: <https://issafrica.org/fr/iss-today/que-revelent-les-manifestations-sur-le-maintien-de-la-paix-de-lonu-en-afrique> (07 juillet 2024).
- [55] Washington Forum, *Les opérations de maintien de la paix*, 2023. [Online] Available: <https://www.youtube.com/watch?v=vs7WGs3anG0> (11 juin 2024).
- [56] *L'opération Harmattan*, 2011. [Online] Available: <https://archives.defense.gouv.fr/operations/missions-realisees/monde/operation-harmattan-2011/dossier/l-operation-harmattan.html> (06 juillet 2024).

- [57] Le Figaro, *Nicolas Sarkozy en pointe dans le conflit en Libye*, 2021.
[Online] Available: <https://www.lefigaro.fr/international/2011/10/20/01003-20111020ARTFIG00766-nicolas-sarkozy-en-pointe-dans-le-conflit-en-libye.php> (11 juillet 2024).
- [58] *Sarkozy pas favorable à une opération militaire en Libye*, 2011.
[Online] Available: https://www.francetvinfo.fr/monde/afrique/sarkozy-pas-favorable-a-une-operation-militaire-en-libye_1615677.html (07 juillet 2024).
- [59] Lema, L., *En Libye, la guerre de Sarkozy?*, 2018. [Online] Available: <https://www.letemps.ch/opinions/libye-guerre-sarkozy>, (07 juillet 2024).
- [60] Le Nouvel Obs, *Quand Kadhafi assurait avoir financé la campagne de Sarkozy*, 2014.
[Online] Available: <https://www.nouvelobs.com/monde/20140128.OBS4066/quand-kadhafi-assurait-avoir-finance-la-campagne-de-sarkozy.html> (07 juillet 2024).
- [61] Agence France-Presse, *Principaux acteurs étrangers en Libye: qui veut quoi ?*, 2020.
[Online] Available: <https://fr.timesofisrael.com/principaux-acteurs-etrangeurs-en-libye-qui-veut-quoi/> (07 juillet 2024).
- [62] Magerisi. T., « Les enjeux géostratégiques de la guerre civile en Libye », in *Bulletin de la sécurité Africaine*, n°37, pp. 1-10, Juillet 2020.
- [63] Ndiaye., O., *Sahel: la France dans une guerre multiforme*, Mémoire de Maitrise, Université de Paris, Panthéon Sorbonne, Chaire de grands enjeux stratégiques contemporains, 2022, p.1.
- [64] Guisnel, J., *Driant et Hollande installent l'opération Barkhane*, 2014. [Online] Available: https://www.lepoint.fr/monde/le-driant-et-hollande-installent-l-operation-barkhane-16-07-2014-1846497_24.php (11 juillet 2024).
- [65] Larcher, L., *Barkhane, un bilan en demi-teinte*, [Online] Available: <https://www.la-croix.com/Monde/Afrique/Barkhane-bilan-demi-teinte-2016-08-01-1200779505> (12/08/2022).
- [66] Studio Tamani, *Barkhane au Mali 2 ans après: « bilan mitigé »*, 2016.
[Online] Available: <https://www.studiotamani.org/92280-barkhane-au-mali-2-ans-apres-bilan-mitige> (14 mai 2023).
- [67] Bourgery-Gonse, T., *Le coup d'État au Niger finit d'enterrer la stratégie militaire française au Sahel, selon des experts*, 2023. [Online] Available: <https://www.euractiv.fr/section/afrique/news/le-coup-detat-au-niger-finit-denterrer-la-strategie-militaire-francaise-au-sahel-selon-des-experts/> (11 juillet 2023).
- [68] Galy, M. et al., *La guerre au Mali, Comprendre la crise au Sahel et au Sahara. Enjeux et zones d'ombre*, Paris, La Découverte, 2013, p.196.
- [69] Ki-Zerbo, J., *Histoire de l'Afrique noire d'hier à demain*, Paris, Hatier, 1978. p.516.
- [70] Jeune Afrique, « Guinée: Alpha Condé pointe la « responsabilité » de la France dans le retard du pays », article publié le 30 septembre 2018, [Online] Available: <https://www.jeuneafrique.com/depeches/637214/politique/guinee-alpha-conde-pointe-la-responsabilite-de-la-france-dans-le-retard-du-pays/> (consulté le 11 juillet 2024).
- [71] Selon Fortunat Bokeka Lingoto, « le Présiroi » fait allusion au président de la république à vie; de mandat illimités à l'instar du président chinois Xi Ji-Mping; dans la longévité au pouvoir dans une république, à l'exemple de Paul Biya du Cameroun, Paul Kagamé du Rwanda, Théodore obiangu Ngema de Guinée Equatoriale.

Taux de l'acide urique chez le personnel de l'abattoir industriel de la ville de Bunia, province de l'Ituri en République Démocratique du Congo

[Uric acid levels in the personnel of the industrial slaughterhouse in the town of Bunia, Ituri province in the Democratic Republic of the Congo]

MADIRA ADRONGA Raphaël¹, KAMUHANDA BUGASAKI Jacob², KILEKA MANGALA Daniel¹, MUNGUROMO JAKISA Camile³, and TIBASIMA DHESSA Liévin³

¹Assistant, Institut Supérieur des Techniques Médicales de Bunia, Province de l'Ituri, RD Congo

²Chef de Travaux, Institut Supérieur Pédagogique de Bunia, Province de l'Ituri, RD Congo

³Chef de Travaux, Institut Supérieur des Techniques Médicales de Bunia, Province de l'Ituri, RD Congo

Copyright © 2024 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 study is to determine the prevalence of hyperuricemia among the personnel of the industrial slaughterhouse in the province of Ituri and identify the socio-demographic profile most affected by high levels of uric acid among the personnel of the industrial slaughterhouse in Ituri Province.

We conducted a cross-sectional study using a convenience sampling method on blood samples from 50 staff members of the industrial slaughterhouse in the town of Bunia, Ituri province.

After analysis, our study results show that 40.0% of the participants have a uric acid level exceeding 7.7mg/dl. Among these participants, 87.5% are aged 62 or older, 42.9% are male, 33.3% are university educated, 35.7% have worked for 0-20 years, and 11-19 years, respectively, and 34.8% come from the Bankoko neighborhood.

In summary, a high prevalence of hyperuricemia had been observed among the employees of the industrial slaughterhouse located in Ituri Province, Bunia, reaching up to 40%. Considering these results, we recommend limiting the consumption of red meat, adopting a low-protein diet, and closely monitoring cardiovascular risk factors.

KEYWORDS: hyperuricemia, staff, slaughterhouse, Bunia.

RESUME: L'objectif de ce travail est de déterminer la prévalence de l'uricémie chez le personnel de l'abattoir industriel de la province de l'Ituri et identifier le profil socio démographique le plus touché par le taux élevé d'acide urique chez le personnel de l'abattoir industriel de la province de l'Ituri.

Nous avons utilisé une étude transversale du type occasionnel sur les échantillons des sangs de 50 membres du personnel de l'abattoir industriel de la province de l'Ituri en ville de Bunia.

Après analyse, de notre étude montrent que 40,0% des enquêtes ont le taux d'uricémie supérieur à 7,7mg/dl, ces enquêtés ont la tranche d'âge supérieur ou égal 62 ans soit 87,5%, 42,9% sont de sexes masculins, 33,3% sont des universitaires, 35,7% ont été de 0 à 20 ans et 11 à 19 ans de carrières respectivement et 34,8% proviennent du quartier Bankoko.

En résumé, il a été observé un taux élevé d'uricémie chez les employés de l'abattoir industriel situé dans la province de l'Ituri, à Bunia, atteignant jusqu'à 40%. En fonction de ces résultats, nous leur conseillons de limiter leur consommation de viande rouge, d'adopter un régime alimentaire pauvre en protéines et de surveiller attentivement les facteurs de risque liés aux maladies cardiovasculaires.

MOTS-CLEFS: épidémiologie, infections néonatales, période précoce, hôpital général de référence.

1 INTRODUCTION

L'acide urique est un déchet issu de la dégradation des bases purines (adénine et guanine) provenant soit d'un apport exogène par la destruction des protéines issues de l'alimentation, ou soit d'une origine endogène par la destruction physiologique des cellules de

l'organisme (Magazine Santé, 2023). Sa concentration plasmatique dépend d'un équilibre entre sa synthèse et son élimination qui sont régulées par des facteurs génétiques et diététiques [1].

L'augmentation de la prévalence de la goutte dans le monde peut être expliquée par les facteurs d'environnement, notamment l'amélioration des conditions de vie (alimentation plus riche en purines), par l'augmentation importante de l'obésité et du syndrome métabolique, par l'augmentation de la longévité de la population et le service des patients âgés avec des formes avancées de maladie rénale et cardiovasculaire, le risque de complication de l'hyperuricémie [2].

De nombreuses études ont montré que la goutte était associée à une augmentation de la mortalité cardiovasculaire. Beaucoup de ces études, dont les plus récentes, montrent l'existence d'un risque accru d'infarctus du myocarde et de mortalité cardiovasculaire chez les personnes atteintes de la goutte, indépendamment des facteurs de risque associés [3].

En Europe et en Amérique du Nord, les estimations de la prévalence de la goutte sont de l'ordre de 1 à 1,5%, faisant de la goutte la forme la plus fréquente d'arthrite inflammatoire dans les pays occidentaux (Wallace et al., 2018). Dans tous les pays occidentaux, la goutte est en augmentation. Aux États-Unis, l'enquête nationale sur l'interview cardiaque fournit des informations sur la prévalence de la goutte estimée uniquement à partir des déclarations des sujets interrogés [4].

En Angleterre, en 2008, la prévalence de la goutte était estimée à 14% et atteignait 70% chez les hommes de plus de 65 ans. Dans cette étude, l'incidence de la goutte était rapportée comme étant stable de 2004 à 2008, alors qu'une autre enquête avait mis en évidence une augmentation considérable dans les années précédentes [5].

En Belgique, la goutte touche 2,8% des hommes et 0,6% des femmes. La prévalence augmente avec l'âge, et la goutte est la forme d'arthrite la plus fréquente chez les hommes. La prévalence de l'hyperuricémie dans le monde occidental est estimée à environ 20-25%, et elle augmente. La consommation croissante d'aliments riches en purines et d'alcool, le vieillissement de la population et l'épidémie d'obésité sont présentés comme des causes possibles [6].

L'Ituri, étant l'une des provinces de la République Démocratique du Congo, n'est pas épargnée par la goutte et ses complications. Plusieurs études ont établi la présence de la goutte et ses complications en Ituri dont l'étude sur la prévalence de la goutte et ses complications en Ituri, République Démocratique du Congo menée, en 2018, par des chercheurs de l'université de Kisangani et de l'hôpital général de Bunia. Cette avait porté sur un échantillon de 500 patients adultes souffrant de douleurs articulaires. Les résultats ont montré que la prévalence de la goutte était de 12,6%, et que les complications les plus fréquentes étaient l'arthrite (52%), les tophi (38%) et les néphropathies goutteuses (10%).

Au regard de ce qui précède, nous nous posons les questions suivantes:

- Quelle est la prévalence de l'uricémie chez le personnel de l'abattoir industriel de la province de l'Ituri ?
- Quel est le profil sociodémographique chez le personnel de l'abattoir industriel de la province de l'Ituri ?

Cette étude vise à déterminer la prévalence de l'uricémie chez le personnel de l'abattoir industriel de la province de l'Ituri et à identifier son profil sociodémographique.

2 MATERIEL ET METHODES

Les échantillons de sang constituant le matériel biologique de cette étude ont été prélevés chez le personnel de l'abattoir industriel de la province de l'Ituri en ville de Bunia pour la réalisation des examens biochimiques au laboratoire médical du Centre de Santé de Référence Bunia Cité qui se trouve à l'Est de la République Démocratique du Congo dans la province de l'Ituri. Nous avons effectué une étude transversale du type prospectif pendant la période allant du 1^{er} septembre au 1^{er} octobre 2022.

La population de notre étude était constituée de tout le personnel de l'abattoir industriel de la province de l'Ituri en ville de Bunia, soit 42 hommes et 8 femmes ayant accepté librement la prise de sang pour le dosage de l'uricémie. Leur âge variait de 22 à 66 ans pendant la période de notre étude.

Pour cette étude, nous avons utilisé un échantillonnage non probabiliste du type occasionnel constitué de 50 membres du personnel de l'abattoir industriel de la province de l'Ituri en ville de Bunia.

Les variables d'étude retenues étaient le taux d'acide urique chez le personnel de l'abattoir industriel de la province de l'Ituri en ville de Bunia.

La collecte de matériel biologique (sang) a été réalisée dans des conditions aseptiques. Pour cela, il a fallu placer et fermer le garrot du bras du patient afin de faire ressortir les veines, désinfecter l'endroit à piquer avec une ouate imbibée d'alcool, faire la ponction à l'aide d'une aiguille et d'une seringue, ouvrir le garrot et aspirer le sang à l'aide du piston jusqu'à 4ml une fois la seringue dans la veine, appliquer une ouate sèche à l'endroit piqué, retirer l'aiguille de la veine, puis transférer les 4ml de sang dans le tube sec et jeter la seringue dans la poubelle ou le réceptacle.

Les échantillons ainsi obtenus ont été soumis à un examen biochimique comprenant l'examen au spectrophotomètre.

Les résultats obtenus ont été présentés sous forme de tableaux et analysés à l'aide de pourcentages. Tous les participants à cette recherche ont donné leur consentement verbal après une séance d'explication.

3 RESULTATS

Les résultats de la présente étude sont repris dans les tableaux 1 et 2 ci-dessous.

Tableau 1. Uricémie chez le personnel de l'abattoir industriel de la province de l'Ituri

Taux de l'acide urique	
Minimale	7,10
Maximale	20,68
Moyenne arithmétique	7,83
Ecart-type	2,41

A la lumière de ce tableau, il ressort que le taux d'uricémie chez le personnel de l'abattoir industriel de la province de l'Ituri varie de 7,10 mg/dl avec une moyenne de 7,83 mg/dl.

Tableau 2. Répartition des enquêtés selon le taux d'uricémie (mg/dl)

Variables	Modalités	Normale		Elevé		Total	
		f	%	f	%	f	%
Age (année)							
	22-29	5	71,43	2	28,57	7	100,00
	30-37	13	76,47	4	23,53	17	100,00
	38-45	6	66,67	3	33,33	9	100,00
	46-53	3	60,00	2	40,00	5	100,00
	54-61	2	50,00	2	50,00	4	100,00
	≥62	1	12,50	7	87,50	8	100,00
Sexe							
	M	24	57,14	18	42,86	42	100,00
	F	6	75,00	2	25,00	8	100,00
Niveau d'étude							
	Analphabète	2	40,00	3	60,00	5	100,00
	Primaire	1	33,33	2	66,67	3	100,00
	Secondaire	11	61,11	7	38,89	18	100,00
	Universitaire	16	66,67	8	33,33	24	100,00
Ancienneté							
	02-10	18	64,29	10	35,71	28	100,00
	11-19	9	64,29	5	35,71	14	100,00
	20-28	2	50,00	2	50,00	4	100,00
	≥29	1	25,00	3	75,00	4	100,00
Adresse							
	Mudzi-pela	8	66,67	4	33,33	12	100,00
	Hoho	3	75,00	1	25,00	4	100,00
	Bankoko	15	65,22	8	34,78	23	100,00
	Lumumba	3	42,86	4	57,14	7	100,00
	Rwankole	0	0,00	2	100,00	2	100,00
	Yambi	1	50,00	1	50,00	2	100,00
	Total	30	60,00	20	40,00	50	100,00

Ce tableau montre que parmi les enquêtés, 40,0% du personnel de l'abattoir industriel de la province de l'Ituri en ville de Bunia présentent un taux d'uricémie élevé, dont la tranche d'âge est supérieure ou égale à 62 ans, soit 87,5%. 42,9% sont de sexe masculin, 33,3% sont des universitaires, 35,7% ont une ancienneté de 0 à 20 ans ou de 11 à 19 ans respectivement, et 34,8% proviennent du quartier Bankoko.

4 DISCUSSION DES RESULTATS

D'après nos résultats, il a été constaté que 40,0% des participants à notre étude présentent un taux d'uricémie supérieur à 7,7 mg/dl. Ces participants font partie d'un groupe dont l'âge est supérieur ou égal à 62 ans, ce qui représente 87,5% de notre échantillon. En ce qui concerne les caractéristiques démographiques, on observe que 42,9% sont de sexe masculin, 33,3% ont fait des études universitaires, 35,7% ont une ancienneté professionnelle soit de 0 à 20 ans, soit de 11 à 19 ans respectivement et 34,8% habitent dans le quartier Bankoko.

Ces résultats semblent contredire ceux obtenus par l'auteur [7] lors de ses études sur les déterminants de la goutte. Selon ses recherches, 93,1% de la population consommant de la viande rouge présente de l'hyperuricémie, tandis que seulement 7 cas, soit 7%, ont un taux d'uricémie normal. Il faut également noter que l'alimentation est considérée comme un facteur de risque pour l'hyperuricémie et l'apparition de la goutte. Cependant, il semblerait que dans la majorité des cas, un trouble de l'excrétion urinaire soit également impliqué.

Les résultats de cette étude contredisent également ceux de l'auteur [8] qui avait rapporté dans une étude sur les déterminants de la goutte que 95,3% des consommateurs excessifs de viande rouge avaient de l'hyperuricémie. Parmi les facteurs de risque alimentaire, les consommateurs de lait, d'œufs et de chocolat ont été fréquemment retrouvés chez les patients, respectivement avec des taux de 95%, 79% et 17%.

Cependant, les résultats de présente étude contredisent aussi ceux de l'auteur [9] qui avait trouvé dans une étude sur les déterminants de la goutte chez les consommateurs de viande rouge aux États-Unis que la prévalence de la goutte chez la population consommatrice de viande rouge est de 2%. Certains aliments et boissons comme la viande rouge, les sodas et l'alcool augmentent le risque de crise de goutte.

Au Mali, l'auteur [10] avait trouvé dans une étude sur les facteurs déclenchant la goutte dans le service de Rhumatologie au CHU du Point G que 12,6% des consommateurs de viande rouge avaient la goutte. La combinaison de plusieurs facteurs chez un même patient, en particulier l'adjonction d'un diurétique, est souvent un facteur déclenchant de la goutte primitive. Une prédisposition familiale était retrouvée chez 30% des personnes atteintes de la goutte.

Nous pensons que l'acide urique est le produit final du métabolisme des purines qui proviennent en partie de l'alimentation. Une diminution de la consommation excessive de viande rouge réduira le taux d'uricémie chez le personnel de l'abattoir industriel de la province de l'Ituri en ville de Bunia.

5 CONCLUSION

Ce travail a porté sur l'uricémie chez le personnel de l'abattoir industriel de la province de l'Ituri.

L'objectif visé par cette étude était de déterminer la prévalence de l'uricémie chez le personnel de l'abattoir industriel de la province de l'Ituri à Bunia.

Pour y parvenir, deux questions ont été posées:

- Quelle est la prévalence de l'uricémie chez le personnel de l'abattoir industriel de la province de l'Ituri ?
- Quel est le profil sociodémographique du personnel de l'abattoir industriel de la province de l'Ituri ?

Dans cette étude, nous avons émis les hypothèses selon lesquelles le taux d'uricémie serait élevé chez les personnes qui travaillent dans cet abattoir industriel de la province de l'Ituri et que l'âge ≥ 62 ans et le sexe masculin seraient le profil sociodémographique le plus touché par le taux élevé d'acide urique chez le personnel de l'abattoir industriel de la province de l'Ituri.

L'étude transversale a été conduite sur un échantillon de 50 membres du personnel de l'abattoir provincial de Bunia.

Après analyse et traitement des données, nous sommes parvenus aux résultats suivants:

- 40,0% des personnes interrogées présentent un taux d'acide urique élevé de 7,7 mg/dl.
- Ces interrogés ont la tranche d'âge supérieure ou égale à 62 ans, soit 87,5%.
- 42,9% sont de sexe masculin.
- 33,3% sont des universitaires.
- 35,7% ont eu des carrières de 0 à 20 ans et de 11 à 19 ans respectivement.
- 34,8% proviennent du quartier Bankoko.

Après avoir examiné attentivement toutes les informations fournies, nos observations confirment nos hypothèses. Par conséquent, nous souhaitons recommander au personnel de l'abattoir industriel de la province d'Ituri de prendre en compte les points suivants: il est

préférable de réguler la consommation de la viande rouge, d'adopter un régime alimentaire faible en protéines et de surveiller les facteurs de risque cardiovasculaire.

REFERENCES

- [1] Ardin, « Bases génétiques de l'hyperuricémie et de la goutte », *Rev Rhum Monographies*, 2011.
- [2] Richette, P., « Obésité, hyperuricémie et goutte », *Revue du rhumatisme Monographies*, vol1, n°83, pp.44-49, 2016. <http://doi.org/10.1016/j.monrhu.2015.11.002>.
- [3] Yamada, Y., Tokuda, Y., Ikeda, U., & et al., « Association between serum uric acid levels and risk of cardiovascular disease: A systematic review and meta-analysis », *JAMA*, vol17, n°319, pp.1735-1747, 2018.
- [4] Maquin, E., « La goutte, une maladie en recrudescence: enquête à l'officine », *Science pharmaceutiques*, 2018. <http://hal.univ-lorraine.fr/hal-03297546>.
- [5] Kwok, T. S. H., « La goutte », *CMAJ*, vol15, n°193, pp.536-537, 2021.
- [6] Richette, P., « Une règle de diagnostic de l'arthrite goutteuse aiguë en soins primaires sans analyse du liquide articulaire », *Arch Stagiaire Med*, n°44, pp.54-60, 2011.
- [7] Lamis., « Physiopathologie de l'acide urique: Etude biochimique auprès des adultes – Régions de Tébessa », 2020. <http://localhost:8080/jspui/handle/123456789/1186>.
- [8] Durand, M., Dubois, S., Martin, L., Petit, J., & Legrand, C., « Consommation de viande rouge et risque d'hyperuricémie: Une méta-analyse », *Revue Française de Nutrition*, vol3, n°56, pp.125-132, 2023.
- [9] Livieri, M. A., « The epidemiology of gout ». *Best Practice & Research Clinical Rheumatology*, vol1, n°26, pp.3-16, 2012.
- [10] Cortet, B., « Etude des hospitalisations pour goutte dans un service de rhumatologie entre 2000 et 2010 – Analyse rétrospective de 114 observations », *Revue du Rhumatisme*, vol1, n°81, pp.35-40, 2014. <https://doi.org/10.1016/j.rhum.2013.03.011>.

Effects of artisanal practices on the microbiological and physicochemical properties of local pineapple juice

Agoura Diantom¹, Kossi Attisso¹, Bouraïma Djeri², Agblekpe Agbessi Agblekpe¹, Kokou Anani², Messanh Kangni-Dossou²,
Stephane Effoe¹, and Tchadjobo Tchacondo¹

¹Laboratoire des Sciences Biomédicales, Alimentaires et de Santé Environnementale (LaSBASE), Ecole Supérieure des
Techniques Biologiques et Alimentaires (ESTBA), Université de Lomé, 01 BP 1515 Lomé, Togo

²Laboratoire de Microbiologie et de Contrôle de Qualité des Denrées Alimentaires (LAMICODA) Ecole Supérieure des
Techniques Biologiques et Alimentaires (ESTBA), Université de Lomé, 01 BP 1515 Lomé, Togo

Copyright © 2024 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: Pineapple, one of the most popular tropical fruits, is consumed in various forms including pasteurized pineapple juice. However, the heat treatment applied during pasteurization has an impact on the microbiological and nutritional qualities of these juices. This study consisted of evaluating the effects of artisanal practices on the microbiological and physicochemical properties of two pasteurized pineapple juice (70, 80 and 90°C for 10, 15 and 20 min). The produced juice had a satisfactory microbiological quality according to KEBS criteria. Physicochemical analyses revealed that the pH was similar for both juices, however the Brix degree of the preheated juice was significantly high ($\approx 17.3 \pm 0.2$) than that of the non-preheated juice ($\approx 15.3 \pm 0.2$). The vitamin C content significantly decreased in the preheated juice (8.81 ± 0.22 mg/100 ml) than in the unheated one (11.45 ± 0.44 mg/100 ml) at the same time and as the time and temperature increased. Artisanal production practices allowed to obtain pineapple juice with a satisfactory microbiological quality but the nutritional quality was compromised.

KEYWORDS: Pineapple juice, pasteurisation, vitamin C, pH, ° Brix.

1 INTRODUCTION

Diet is a major determinant of maintaining the body in a satisfactory state of health. Nutritional recommendations were then formulated to encourage a healthy diet [1]. Various epidemiological studies have shown that low consumption of fruits and vegetables increases the risk of non-transmitted diseases in humans. To prevent these diseases, the World Health Organization recommends a daily consumption of at least 400 g of fruits and vegetables per person [2]. Among the fruits consumed, pineapple holds a special place. Pineapple, one of the most important tropical fruits in the world [3], is highly appreciated because of its flavor, its aroma, its richness in microelements and also its numerous functional properties [4]. Indeed, its richness in soft fibers (cellulose) facilitates intestinal transit and helps fight chronic constipation. The polyphenols it contains, coupled with vitamin C and beta-carotene, give it antioxidant properties [5]. Several sources claim that it has weight-loss properties, hence its appreciation by people wishing to follow a diet in this sense [3], [6]. Fruits are consumed in various forms: fresh or processed, for example sliced, canned, concentrated juice, pulp, dried pieces, pasteurized juice, etc [5]. Pasteurized juice is popular due to its ready availability to consumers [7]. The heat treatment to which pasteurized juices are subjected has the role of eliminating or reducing their microbial load in order to preserve them for a long period [4]. However, negative consequences of pineapple juice have been revealed in numerous research studies focusing mainly on organoleptic and nutritional changes, notably the loss of vitamin C [7], [8], [9] and non-enzymatic browning (Maillard reaction) in the final juice [7]. Mastery of this treatment then proves essential to offer consumers products of satisfactory microbiological and nutritional quality. The production of pasteurized pineapple juice represents a common activity in Togo as in several countries in the sub-region. However, this activity is mainly based on the use of artisanal production processes which often lack adequate control due to the lack of training of the producers [10]. Indeed, a study in reference [11] revealed a lack of standardization of

practices and allowed to distinguish different ways of producing local pineapple juice such as the number of heat treatments applied to the juice and the addition of ingredients (water, sugar). An investigation carried out by some authors in some processing units revealed that one or two heat treatments are applied during juice production [12]. Furthermore, one heat treatment only involved a pasteurization step while two heat treatments involved preheating the unbottled juice followed by the pasteurization step. A control of these production practices carried out by these local processors is then necessary to assess the quality of the juices offered to the population. Therefore, the present study focused on the evaluation of the effects of artisanal production practices on the microbiological and physicochemical properties of local pineapple juice.

2 MATERIALS AND METHODS

2.1 MATERIALS

The pineapple used in this study was of the Brazza variety. These pineapples were obtained from a local supplier in Gbatopé (Prefecture de Zio, Togo).

2.2 METHODS

2.2.1 PRODUCTION OF RAW PINEAPPLE JUICE

Pineapple juice was produced according to the method in reference [13]. After reception, the pineapple was weighed and sorted to eliminate unripe and rotten fruit. After that, the crowns of the fruits were removed, and then followed by their washing. The washed pineapple was peeled and cut into small pieces then pressed using an electric press to obtain raw pineapple juice. This raw juice was filtered to remove the pulp.

2.2.2 PASTEURIZATION OF RAW PINEAPPLE JUICE

Part of the juice obtained was bottled and the other was heated at 100°C for 1 min according to the modified method of reference [13] before filling into the bottle. The both juices were pasteurized at 70°C, 80°C, 90°C for 10, 15 and 20 min. Heated and pasteurized juice (HPJ) and pasteurized juice (PJ) were used for microbiological and physicochemical analyses.

2.2.3 MICROBIOLOGICAL ANALYSES

The microbiological evaluation of the juices was carried out according to the routine standardized methods of the French Association for Standardization based on the KEBS criteria relating to fruits juices (Table 1) [14]. Total mesophilic aerobic flora (TMAF), total coliforms (TC), anaerobic sulfate-reducing germs (ASR) and yeasts and mold (Y&M) by the mass seeding technique. *Staphylococcus aureus* was enumerated by plating following the routine method [15]. The number of colonies was expressed in Colony Forming Unit per ml (CFU/ml) according to the AFNOR standardized formula:

$$N = \frac{\Sigma C}{V(n_1 + 0.1 n_2)d}$$

With:

N: number of Colony Forming Units per ml (CFU/ml), ΣC : sum of colonies counted on all the plates retained, v: Volume of the inoculum, n_1 : number of plates retained at the first dilution, n_2 : number of plates retained at the next dilution, d: dilution rate of the first dilution.

Table 1. Different food microbes enumerated in the chicken sausage samples

Germ	Reference of the method used	Reactive culture media	Temperature/duration of incubation
Total aerobic mesophilic (TAM)	NF EN ISO 4833-1	Plate Count Agar	30°C/24 -72hours
Total coliform (TC)	NF V08-050, 1992	VRBL	30°C/24hours
Anaerobic Sulphite Reductors (ASR)	NF EN ISO 15213	Typotone sulfite Neomycine	37°C/24-48hours
<i>Staphylococcus aureus</i>	NF EN ISO 6888-1	Baird Parker	37°C/24-48hours
Yeast and Molds (Y&M)	NF EN ISO 21517-152	Sabourand Chloramphenicol ⁺	30°C/48-72hours

2.2.4 PHYSICOCHEMICAL ANALYSES

2.2.4.1 DETERMINATION OF THE PH OF PINEAPPLE JUICE

The pH was determined according to the AOAC method [16] using an OAKTON pH 700 pH meter calibrated with pH 7 and 4 buffers. The pH measurement was obtained by immersing the pH meter electrode in a beaker containing the pineapple juice. At each pH determination, rinse the electrode with distilled water.

2.2.4.2 MEASUREMENT OF SOLUBLE DRY MATTER

The soluble dry matter, expressed as Brix degree (°Brix), of the produced pineapple juice was determined by the AOAC method [16] using a PAL-1 digital refractometer (ATAGO brand). A few drops of juice were placed using a Pasteur pipette on the glass part of the refractometer then we pressed the “Start” button on the device. The °Brix value is read directly on the device screen.

2.2.4.3 DETERMINATION OF VITAMIN C

Vitamin C content was measured using the modified method of reference [17]. 10 ml of sample were pipetted into an Erlenmeyer flask, 10 ml of the extraction solution (volume/volume mixture of 3% metaphosphoric acid and 8% acetic acid) was added to the sample. The mixture was homogenized and then stored for 30 min. Finally, the mixture is dosed with a 0.01 N iodine solution (I₂) in the presence of 0.5 ml of 0.5% starch.

The quantity of vitamin C (Vit C), expressed as mg of ascorbic acid in 100 ml of juice, was determined by the following formula:

$$\text{Vit C (mg / 100 ml)} = \text{Veq} * 8.806 * 10 / V$$

With: Veq: Volume in ml of iodine 0,01 N at the equilibria, V: Volume of sample in ml,

On the other hand, the percentage of preserved vitamin C (%Vit Cp) at each level of heat treatment is determined by the following formula:

$$\% \text{Vit C}_p = \left(\frac{C_f}{C_i} \right) X 100$$

With: C_i: initial Concentration of vitamin C, C_f: final Concentration of vitamin C

2.2.5 DATA ELABORATION

The collected data was elaborated in a Microsoft Excel database, version 2019. The GraphPad prism 8 software was used to carry out statistical analyses of these data. Multiple comparison tests of means were carried out using analysis of variance (ANOVA).

3 RESULTS AND DISCUSSIONS

3.1 MICROBIOLOGICAL QUALITY OF PINEAPPLE JUICE

The microbiological properties of the different categories of pasteurized pineapple juice have been presented in Table 1. The microbiological properties of the different categories of pasteurized pineapple juice determined after production revealed an absence of total coliforms, Anaerobic sulphite Reductors bacteria and *Staphylococcus aureus* in all juices. However, the presence of total mesophilic aerobic flora (TMAF) and yeasts and mould was noted in certain combination of temperature and time of pasteurization. Indeed, the analyses carried out revealed the presence of TMAF during pasteurizations carried out at 70°C for 10, 15 and 20 min and 80°C at 10 and 15 min for the two samples. On the other hand, for the other combined temperature and time of pasteurization, we did not find the TMAF. Compared to yeasts and molds, microbiological analyses revealed a decrease of 85 CFU/ml (70°C-10 min) at a load lower than 1 CFU/ml from 80°C-20 min in PJ and from 4 CFU/ml (70°C-10 min) at a load less than 1 CFU/ml from 70°C-15 min in HPJ. The total absence of total coliforms and ASR in the juices demonstrated the effectiveness of the pasteurization parameters on these groups of germs. However, the total mesophilic aerobic flora, yeasts and molds were observed at certain pasteurization parameters, but their values were well below than those set by the KEBS criteria (10^5 CFU/ml for TMAF and 100 CFU/ml for yeasts) [14]. That their presence had no importance on consumers health. Finally, a large reduction in the number of colonies of TMAF and that of yeasts and molds of HPJ compared to that of JP was observed. It appears from these analyses that all pasteurized juices had a satisfactory microbiological quality in relation to the criteria in force. These results demonstrated a better effect of the preheating and pasteurization on the microbiological quality of the juices. Concerning the microbiological point of view the combination of preheating and pasteurization is important to obtain the best results, which might be the principal objective of the artisanal producer of juice in developing countries.

3.2 PHYSICOCHEMICAL ANALYSES

3.2.1 PH

The pH values found for both samples are between 4.03 ± 0.02 and 4.06 ± 0.03 , but no significant differences were observed. The pH values of our juices were included in the interval of 3.3 – 5.2 which is a reference interval set by the codex [18]. These results corroborate with those obtained by others authors [13] who found pH values varying between 3.90 ± 0.07 and 4.14 ± 0.13 for pasteurized pineapple juice at 75, 80 and 85°C for 5 min. Hydrogen potential is an overall expression of the acidity of a product, a parameter which helps preserve the microbiological quality of drinks by creating an unfavorable environment to bacterial growth and thus extending their shelf life [19]. These pH values from our study confirmed the microbiological results obtained by our pasteurization scales and could be stored at room temperature. Indeed, according to the reference [20], pasteurized fruit juices with a pH < 4.5 are stable at room temperature.

3.2.2 BRIX DEGRE

The soluble dry matter content commonly called Brix degree is an important parameter in food technologies and in particular in fruit juices. The results of Brix degree of the juices are shown in Table 2. The results showed that, the Brix degree of HPJ was significantly high (17.3 ± 0.2) compared to that of PJ (15.4 ± 0.2). This could be due to the phenomenon of evaporation of water contained in the pineapple juice during the preheating phase. This elimination of the water from the solution increases the amount of the dry soluble matter, hence the increase in the °Brix of HPJ compared to PJ. Reference [21] noted the increase in °Brix during the production of concentrated orange juice by osmotic evaporation. These phenomena are therefore observed during the manufacture of concentrated fruit juice [18]. In other hand, the results revealed that neither the time nor the temperature of the pasteurization had a significant effect on the soluble solids content of the juices. This is due the fact that the bottles are hermetically closed, that there is no exchange of material between the content of the bottle and the environment [22]. The Brix values of all the juices produced were greater than 12 which is a fixed reference value [18].

Table 2. Microbiological analysis of pineapple juice

Criteria of (KEBS)	TMA (UFC/ml)	TC (UFC/ml)	Y&M (UFC/ml)	ASR (UFC/ml)	<i>S. aureus</i> (UFC/ml)
	1.10 ⁵	< 1	100	<1	NC
HPJ (heated and pasteurized juice)					
70°C-10 min	520	<1	85	<1	<1
70°C-15 min	210	<1	51	<1	<1
70°C-20 min	100	<1	<4	<1	<1
80°C-10 min	150	<1	<4	<1	<1
80°C-15 min	85	<1	<4	<1	<1
80°C-20 min	13	< 1	< 1	< 1	< 1
90°C-10 min	<4	<1	<1	<1	<1
90°C-15 min	<1	<1	<1	<1	<1
90°C-20 min	<1	<1	<1	<1	<1
PJ (Pasteurized juice)					
70°C-10 min	70	<1	<4	<1	<1
70°C-15 min	20	<1	<1	<1	<1
70°C-20 min	7	<1	<1	<1	<1
80°C-10 min	9	<1	<1	<1	<1
80°C-15 min	<4	<1	<1	<1	<1
80°C-20 min	<1	< 1	< 1	< 1	< 1
90°C-10 min	<1	<1	<1	<1	<1
90°C-15 min	<1	<1	<1	<1	<1
90°C-20 min	<1	<1	<1	<1	<1

Table 3. pH and °Brix of the different samples. Different letters indicate significant differences among samples ($P \leq 0.05$) due to the process. where the letter « a » was attributed to the highest value

Pasteurization parameters	pH		°Brix	
	PJ	HPJ	PJ	HPJ
70°C-10 min	4.06 ± 0.01 a	4.06 ± 0.01 a	15.10 ± 0.12 b	17.15 ± 0.17 a
70°C-15 min	4.06 ± 0.01 a	4.06 ± 0.01 a	15.25 ± 0.06 b	17.30 ± 0.23 a
70°C-20 min	4.06 ± 0.01 a	4.06 ± 0.01 a	15.45 ± 0.06 b	17.40 ± 0.12 a
80°C-10 min	4.06 ± 0.01 a	4.06 ± 0.01 a	15.60 ± 0.12 b	17.50 ± 0.12 a
80°C-15 min	4.06 ± 0.01 a	4.06 ± 0.01 a	15.90 ± 0.12 b	17.55 ± 0.06 a
80°C-20 min	4.06 ± 0.01 a	4.06 ± 0.01 a	16.00 ± 0.23 b	17.95 ± 0.06 a
90°C-10 min	4.06 ± 0.01 a	4.06 ± 0.01 a	15.80 ± 0.12 b	17.85 ± 0.17 a
90°C-15 min	4.06 ± 0.01 a	4.06 ± 0.01 a	15.95 ± 0.06 b	17.95 ± 0.06 a
90°C-20 min	4.06 ± 0.01 a	4.06 ± 0.01 a	15.85 ± 0.17 b	18.00 ± 0.23 a

3.2.3 VITAMIN C

Figure 1 illustrated the data regarding the concentration of vitamin C. The vitamin C concentration of fresh pineapple juice was 34.75 ± 0.54 mg/100 ml. The vitamin C content in this study was lower than that measured by other authors, who reported that the content of vitamin C in pineapple was 49.38 ± 1.87 mg/100 ml [23] and 45.3 mg/100g [24]. This difference could be due to several factors such as the maturity of the pineapple, the variety, the climate, the geographical area, etc [25]. The concentration of the vitamin C in PJ was significantly high (20.69 ± 0.62) than in HPJ (18.05 ± 0.62) after their pasteurization at 70°C for 10 min. This difference might be associated to the preheating effect, which significantly decrease the concentration of the vitamin. According to the microbiological results, this treatment is not necessary in manner to limit the reduction of the vitamin C, which is an important parameter for the appreciation of the heat treatment effect of nutritional properties. In all samples, the results showed that at the same time of treatment, the vitamin C content significantly decreased in both juice as the processing temperature increased. At 70°C there was not a significant difference as the treatment time increased for PJ

but a significant difference was observed at 20 min for HPJ. At high temperature, 80°C and 90°C, the results highlighted that the vitamin C content significantly decreased in increasing the treatment time almost in all samples. These results showed a significant decrease in the concentration of ascorbic acid contained in the juices as a function of the increase in temperature or pasteurization time. Reference [13] also found that the concentration of vitamin C in pineapple juices pasteurized at 75, 80 and 85°C for 5 min varied between 4.52 ± 1.12 and 23.48 ± 5.37 mg/100 ml. This decrease could be explained by the fact that vitamin C is a thermolabile compound [7], [8].

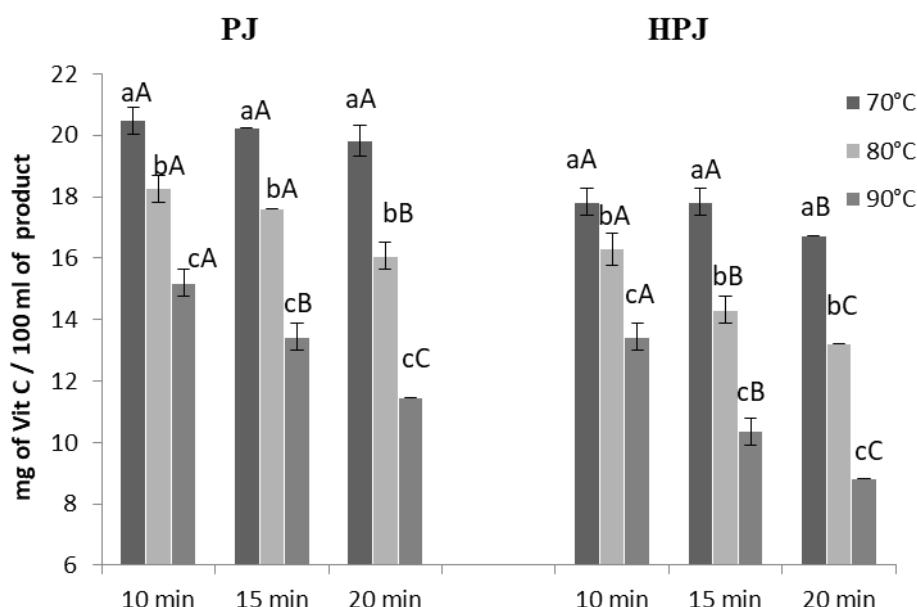


Fig. 1. Effect of thermal treatment on the vitamin C concentration. Different letters indicate significant differences among samples ($P \leq 0.05$), where the small letters indicate the effect of temperature and the big letters indicate the effect of time of the treatment. The letters "a" and "A" were attributed to the highest value

Figure 2 showed the results of preserved vitamin C. The results revealed a very considerable amount of vitamin C was destroyed. The treatment which allowed to preserved more than 50% of vitamin C 70°C at all times for the both samples except in the case of HPJ at 20 min, and also at 80°C for 10 min. The lowest quantity of preserved vitamin C was observed at 90° per 20 min in HPJ ($\approx 25\%$) and the highest amount was revealed in PJ at 70°C for 10 min ($\approx 58\%$). These results confirmed that the preheating might significantly affect the quality of the final product. This information might be useful in the developing of the new product in manner to define the best treatment to apply for preserving more nutritional thermolabile component. Vitamin C content is a key parameter for assessing the nutritional quality and potential health benefits from fruit juices [26]. Thus, this preheating would further reduce the nutritional quality of the juices. However, it should be noted that, despite this degradation, the quantities of vitamin C present in the different juices are all greater than 2 mg/100 ml, the minimum quantity set by the AFNOR standard relating to the commercial juice [27]. Considering the microbiological results in both samples and the data on vitamin C destruction, we might suggest than the preheating can be removed from the process, because it affects significantly the nutritional quality of the juice. The pasteurization of the bottled juice without preheating allows to reach the commercial criteria in microbiological and preserved more nutritional components.

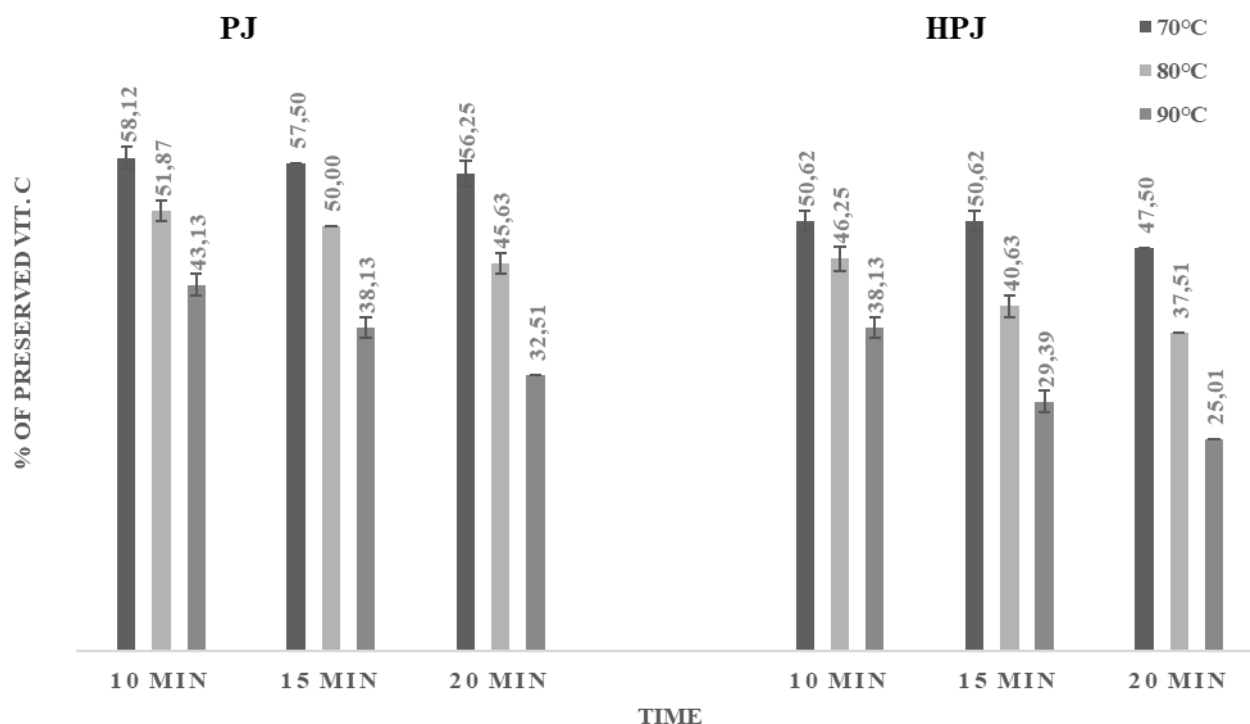


Fig. 2. Percentage of the preserved vitamin C in different pineapple juice

4 CONCLUSION

The quality of pineapple juice is largely influenced by the technology used during processing. Even if the preheating operation and pasteurization conditions (temperature and time) explored in this study guaranteed the microbiological quality of the juices, they had a negative impact on its nutritional value. Given the microbiological results obtained, non-preheated pineapple juices have of satisfactory microbiological quality compared to the criteria that is used for juice quality, the preheating phase could be removed from the production processes in order to avoid a large loss of nutrients.

REFERENCES

- [1] Martin, A. 2001. « The «Apports Nutritionnels Conseillés (ANC) » for the French Population ». *Reproduction Nutrition Development* 41 (2), 119 128.
- [2] OMS, 2019. WHO global report on traditional and complementary medicine 2019, World Health Organization.
- [3] Hossain, M. F., Akhtar, S., Anwar, M. 2015. « Nutritional Value and Medicinal Benefits of Pineapple ». *International Journal of Nutrition and Food Sciences*, 4 (1), 84-88.
- [4] Hounhouigan, M. H., Linnemann, A. R., Soumanou, M. M., Van Boekel, M. A. 2014. « Effect of Processing on the Quality of Pineapple Juice ». *Food Reviews International* 30 (2), 112 133.
- [5] Debnath, P., Dey, P., Chanda, A., & Bhakta, T. (2012). A Survey on Pineapple and its medicinal value. *Scholars Academic Journal of Pharmacy*, 1 (1), 24-29.
- [6] Hemalatha, R., Anbuselvi, S. 2013. « Physicochemical Constituents of Pineapple Pulp and Waste ». *Journal of Chemical and Pharmaceutical Research*, 5 (2), 240-242.
- [7] Rattanathanalerk, M., Chiewchan, N., & Srichumpoung, W. 2005. « Effect of Thermal Processing on the Quality Loss of Pineapple Juice ». *Journal of Food Engineering* 66 (2), 259 265.
- [8] Hardy, J., Parmentier, M., Fanni, J. 1999a. « Functionality of Nutrients and Thermal Treatments of Food ». *Proceedings of the Nutrition Society* 58 (3): 579 585.

- [9] Uckiah, A., Goburdhun, D., Ruggoo, A. 2009. « Vitamin C content during processing and storage of pineapple ». *Nutrition & Food Science* 39 (4), 398-412.
- [10] Kante-Traore, H., Sawadogo-Lingani, H., Seogo, I., Kabore, D., Dicko, M. H. 2017. « Procédés de transformation de la mangue et niveau de connaissance des normes de qualité par les unités de production au Burkina Faso ». *International Journal of Biological and Chemical Sciences* 11 (1), 13.
- [11] Gbaguidi, M. 2017. « Characterization of pasteurized pineapple juice produced in Benin ». Master thesis, University of Abomey-Calavi, 77.
- [12] Saldarriaga, G., A. Alate, Boureima, F., Palassi, K., 2019. « Analyse de la chaîne de valeur ananas au Togo ». Rapport pour l'Union Européenne, DG-DEVCO. Value Chain Analysis for Development Project (VCA4D CTR 2016/375-804), 126p.
- [13] Chadaré, F. J., Hounhouigan, M. H., Sanya, A. C., Gbaguidi, M. A., Dekpemadoha, J., Linnemann, A. R., & Hounhouigan, D. J. 2021. « Microbial and Nutritional Stability of Pineapple Juice during Storage: Effect of Harmonized Thermal Pasteurization Technologies ». *American Journal of Food Science and Technology* 9 (3), 82-89.
- [14] NF V08-051. 1999. « Microbiologie des aliments - Dénombrement des microorganismes par comptage des colonies obtenues à 30 degrés Celsius - Méthode de routine ». Afnor Editions.
- [15] NF V08-057-1. 1994. « Microbiologie des aliments - Méthode de routine pour le dénombrement des staphylocoques à coagulase positive par comptage des colonies à 37 °C -... » Afnor Editions.
- [16] AOAC. 1995. « Official methods of analysis, 16th Ed. ». Association of official analytical chemists. Washington DC, USA. Sci. Educ.
- [17] Deymié, B., Multon, J. L., Simon, D., & Lavoisier, É. (Eds.). (1984). *Techniques d'analyse et de contrôle dans les industries agro-alimentaires: Analyse des constituants alimentaires. Technique & Documentation.*
- [18] CODEX STAN 247. 2005. « Norme générale pour les jus et les nectars de fruits », 19 Cuq, J. L. 2016. « Microbiologie de nos aliments », 150.
- [19] Sadler, G. D., Murphy, P. A. 2010. « pH and Titratable Acidity ». *Food analysis*, 4, 219-238.
- [20] Miller, F. A., Silva, C. L. M. 2012 « Thermal treatment effects in fruit juices ». CRC Press, 363-386.
- [21] Shaw, P. E., Lebrun, M., Dornier, M., Ducamp, M. N., Courel, M., Reynes, M. 2001. « Evaluation of Concentrated Orange and Passionfruit Juices Prepared by Osmotic Evaporation ». *LWT - Food Science and Technology* 34 (2), 60-65.
- [22] Kaddumukasa, P. P., Imathiu, S. M., Mathara, J. M., Nakavuma, J. L. 2017. « Influence of Physicochemical Parameters on Storage Stability: Microbiological Quality of Fresh Unpasteurized Fruit Juices ». *Food Science & Nutrition* 5 (6), 1098-1105.
- [23] El-Ishaq, A., & Obirinakem, S. (2015). Effect of temperature and storage on vitamin C content in fruits juice. *International journal of Chemical and Biomolecular science*, 1 (2), 17-21.
- [24] Dumbravă, D. G., Moldovan, C., Raba, D. N., Popa, M. V., & Drugă, M. (2016). Evaluation of antioxidant activity, polyphenols and vitamin C content of some exotic fruits. *Journal of agroalimentary Processes and Technologies*, 22 (1), 13-16.
- [25] Huet, R. (1958). La composition chimique de l'ananas. *Fruits*, 13 (5), 183-197.
- [26] Bull, M. K., Zerdin K., Howe, E., Goicoechea, D., Paramanandhan, P., Stockman, R., Sellahewa, J., Szabo, E. A., Johnson, R. L., Stewart, C. M. 2004. « Effect of High-Pressure Processing on the Microbial, Physical and Chemical Properties of Valencia and Navel Orange Juice ». *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 5 (2), 135-149.
- [27] AFNOR V 7-005X. caractéristiques physiques, chimiques et organoleptiques auxquelles doivent répondre les jus d'orange ou jus d'orange à base de concentré.

Validation des méthodes, tests immunohistochimiques PD-L1 dans les Cancers du Poumon Non à Petites Cellules (CPNPC): Laboratoire d'anatomie pathologique du CHU Ibn Rochd de Casablanca

[Validation of methods, PD-L1 immunohistochemical tests in Non-Small Cell Lung Cancers (NSCLC): Laboratory of pathological anatomy of the Ibn Rochd University Hospital in Casablanca]

Mohamed Belcaid^{1,2}, Nadia Anibat^{1,2}, Oussama Aazzane^{1,2}, Fatima Zahra Bakhtaoui², Saida Stitou², Abdeljalil Rezzak², Nabil Gaougaou³, and Mehdi Karkouri^{1,2}

¹Laboratoire de Pathologie Cellulaire et Moléculaire, Faculté de médecine et de pharmacie de Casablanca, Université Hassan II de Casablanca, Morocco

²Laboratoire d'Anatomie Pathologique, CHU Ibn Rochd de Casablanca, Morocco

³Département de biologie cellulaire et d'histologie, Faculté de médecine et de pharmacie, Université Ibn Zohr, Laayoune, Morocco

Copyright © 2024 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 validation of methods aims to satisfy normative requirements; it is among the essential measures for the development of the quality approach which makes it possible to provide proof of the quality of pathological anatomy techniques. **Objective:** Meet normative requirements in terms of validation of techniques, in order to contribute to the progression of the quality approach adopted in our pathological anatomy laboratory. *Materials and methods:* The expression of PD-L1 was carried out by immunohistochemistry using a monoclonal antibody (clone 22C3) on the Dako link 48 platform. Thus, the validation process involves a series of steps: Bibliographic search; description of the method; pre-analytical and analytical risk management; definition of performance criteria to be evaluated and experimental verification. *Results:* The risk analysis allowed us to highlight points for improvement regarding the pre-analytical and analytical phase. In terms of performance verification The results are very satisfactory. The performances of the manual method compared to the automatic technique are: sensitivity (82%), specificity (100%), Kappa coefficient (0.71), Matthew's correlation coefficient (0.76). These results demonstrate that there is agreement between the two methods. *Conclusion:* The performance of our method was in compliance with current standards. Regarding the comparison of methods, the results of the manual method compared to the automated method demonstrated agreement between the two.

KEYWORDS: Lung cancer, quality approach, method validation, PDL1 test, internal quality control.

RESUME: *Introduction:* La validation des méthodes vise à satisfaire des exigences normatives, elle figure parmi les mesures essentielles du développement de la démarche qualité qui permet d'apporter la preuve de la qualité des techniques d'anatomie pathologique. **Objectif:** Répondre aux exigences normatives en terme de validation des techniques, afin de contribuer à la progression de la démarche qualité adoptée dans notre laboratoire d'anatomie pathologique. *Matériels et méthodes:* L'expression du PD-L1 a été réalisée par l'immunohistochimie à l'aide d'un anticorps monoclonale (clone 22C3) sur la plateforme Dako link 48. Ainsi, Le processus de validation, implique une série d'étapes: Recherche bibliographique; description de la méthode; maîtrise des risques pré-analytique et analytique; définition des critères de performances à évaluer et vérification expérimentale. *Résultats:* L'analyse des risques nous a permis de mettre en évidence les points à améliorer concernant la phase pré-analytique et analytique. En terme de vérification des performances Les résultats sont très satisfaisants.

Les performances de la méthode manuelle par rapport à la technique sur automate sont: la sensibilité (82%), la spécificité (100%), Le coefficient Kappa (0,71), le coefficient de corrélation de Matthew (0,76). Ces résultats démontrent qu'il y a une concordance entre les deux méthodes. *Conclusion:* Les performances de notre méthode étaient en conformité avec les normes en vigueur. Concernant la comparaison des méthodes, les résultats de la méthode manuelle par rapport à la méthode automatisée ont démontré une concordance entre les deux.

MOTS-CLEFS: Cancer du poumon, démarche qualité, validation des méthodes, test PDL1, contrôle qualité interne.

1 INTRODUCTION

La validation des méthodes occupe une place centrale dans l'évolution de la démarche qualité au sein d'un laboratoire elle vise à satisfaire des exigences réglementaires et aussi normatives [1]. Cette initiative s'inscrit dans le contexte de la recherche constante de la conformité à la norme ISO 15189: « Le laboratoire doit utiliser uniquement des procédures validées pour s'assurer qu'elles conviennent à l'utilisation prévue. Les validations doivent être aussi approfondies que nécessaire pour répondre aux besoins de l'application ou du domaine d'application concerné (e). Le laboratoire doit enregistrer les résultats obtenus et la procédure utilisée pour la validation. » [2].

L'IHC du test PD-L1 permet de déterminer le niveau d'expression de PD-L1, ce qui peut guider les décisions thérapeutiques, notamment en ce qui concerne l'utilisation des inhibiteurs de PD-1/PD-L1. La validation de cette technique est essentielle pour garantir la fiabilité des résultats du test.

Dans le but d'améliorer continuellement nos pratiques en laboratoire, nous avons entamé une démarche de validation de la technique IHC du test PD-L1.

2 MATÉRIELS ET MÉTHODES

2.1 EXPRESSION IHC DU PD-L1: est un test immunohistochimique semi-quantitatif en utilisant un anticorps monoclonal anti-PD-L1 (clone 22C3) destiné à la détection de la protéine PD-L1 dans les CBNPC fixés au formol et inclus en paraffine.

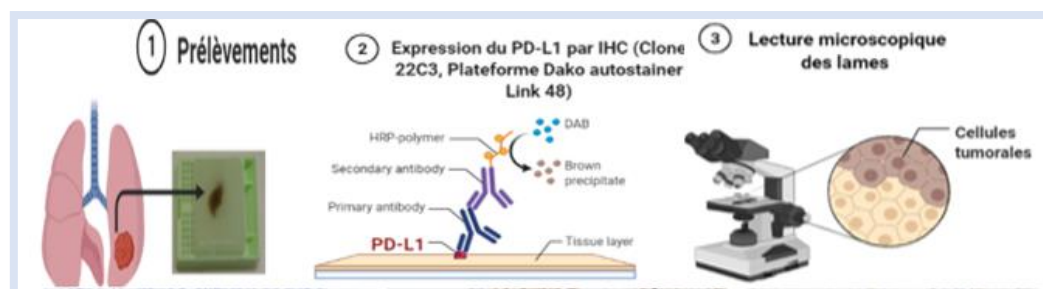


Fig. 1. Examen IHC: PD1/PDL1

Cette technique est réalisée à l'aide de l'autostainer Link 48. L'expression de PD-L1 est déterminée par TPS (Tumor Proportion Score), c'est le pourcentage de cellules tumorales viables présentant une coloration partielle ou complète de la membrane, par rapport à toutes les cellules tumorales viables présentes dans la lame (positives et négatives). Pour l'évaluation du PD-L1, il faut au moins 100 cellules tumorales viables doivent être présentes dans l'échantillon. Sur la base de l'expression de PD-L1, les cellules tumorales ont été classées en trois groupes: Expression négative (TPS<1%), faible expression (TPS 1-49%) et forte expression (TPS≥50%).

Le contrôle qualité interne en immunohistochimie est crucial pour assurer la validité continue des techniques et la fiabilité des résultats du test PD-L1. Ce processus implique l'utilisation de témoins de contrôle, tels que des témoins positifs et négatifs, pour confirmer la précision de la méthode. Un témoin positif exprime l'antigène recherché, confirmant le bon déroulement de la réaction, tandis qu'un témoin négatif, qui ne présente pas l'antigène, vérifie la spécificité de la réaction. Une fiche de contrôle est établie pour chaque étape de la technique, avec la lecture des témoins spécifiques. Deux éléments de contrôle essentiels sont examinés de près. Le témoin interne, l'amygdale, est utilisé comme repère interne pour valider la phase pré-analytique. Si positif, il confirme la validation du processus; s'il est négatif, la technique est considérée comme invalide. Le témoin externe, une lignée cellulaire, agit comme un témoin analytique. Un scénario positif/négatif suggère une dégradation de l'antigène pendant la phase pré-analytique, tandis qu'un scénario négatif/négatif indique un dysfonctionnement dans le système de détection. En utilisant également des témoins négatifs, cette rigueur de contrôle assure la fiabilité et la précision de l'évaluation de l'expression du PD-L1, garantissant des résultats sûrs et une prise en charge optimale des patients.

2.2 ETAPES DE LA VALIDATION DE METHODE

2.2.1 ANALYSE DES RISQUES LIES À LA PHASE PRE-ANLYTIQUE ET ANALYTIQUE DU TEST IMMUNOHISTOCHIMIQUE PDL1/PD1

Notre démarche consiste à examiner les risques associés au processus pré-analytique et analytique du test PDL1. Nous avons choisi de mettre en œuvre deux méthodes spécifiques. Tout d'abord, nous avons utilisé diagramme de cause à effet comme premier outil d'analyse. Cette méthode nous a permis d'identifier les points critiques à surveiller tout au long des différentes étapes du processus qui nécessitent une maîtrise particulière.

En complément, nous avons mis en place la méthode Analyse Des Risques en tant que deuxième approche d'évaluation des risques. Cette méthode nous a aidés à définir des modalités de maitrise pour éviter leur survenue.

2.2.2 DETERMINATION DES PARAMETRES DE LA VALIDITE ANALYTIQUE

Tous les échantillons ont été soumis aux anticorps 22C3, conformément aux protocoles établis par le fabricant. Le choix des paramètres de performance spécifiques à une méthode donnée doit être déterminé avant toute expérimentation. Cela peut être basé sur les recommandations d'organisations professionnelles, de publications scientifiques, de normes nationales et internationales, ainsi que sur les informations fournies par le fournisseur [2,3]

Les paramètres d'évaluation de la performance analytique du test IHC PDL1, pris en considération:

➤ Fidélité

Elle se réfère à la capacité d'une méthode d'analyse ou de mesure à produire des résultats cohérents et reproductibles lorsque le même échantillon est analysé à plusieurs reprises.

- La répétabilité: évalué la répétabilité par l'analyse des lames des mêmes patients dans les mêmes conditions, même opérateur et même cycle, comparaison de 5 paires de lames issues de 5 blocs, en analysant 10 lames au totale, deux lames par bloc et par cycle.
- Reproductibilité: Evaluer la fidélité intermédiaire par l'analyse des mêmes échantillons de 5 paires de lames issues de 5 blocs, en analysant 10 lames au totale, deux lames par bloc et chacune dans un cycle différent.

➤ Robustesse

La robustesse d'une procédure d'analyse mesure sa capacité à ne pas être affectée par de légères variations délibérées des paramètres de la méthode. Elle indique la fiabilité de la méthode dans des conditions normales d'utilisation. Ces variations légères correspondent à des écarts par rapport aux valeurs nominales définies dans la méthode [4].

L'étude de la robustesse a été réalisée en prenant en compte les paramètres suivants:

• Fixation

Agent fixateur: Le formol tamponné à 10%, il est l'agent fixateur recommandé pour les analyses en immunohistochimie, notamment celles portant sur le test PDL1. Cette solution permet de préserver efficacement les échantillons tissulaires et leurs caractéristiques moléculaires [5].

Durée de fixation: Dans notre laboratoire, la durée de fixation habituelle est de plus de 6 heures pour les échantillons biopsiques, tandis que pour les pièces opératoires elle est généralement entre 24 à 72 heures.

- Épaisseur de coupe: Les coupes sont réalisées à une épaisseur entre 3 et 5 microns (recommandé par le fabriquant)
- Mode de séchage des coupes histologique: Mode de séchage des coupes histologiques: Durée et température on a utilisé 3 lames (65°C pendant une heure; 65°C pendant une heure suivie d'une nuit de séchage à 37°C; une nuit entière à 37°C)
- Délai entre la production et l'utilisation des coupes (3 lames issues du même bloc)

Pour la conservation des lames après la coupe au réfrigérateur (entre +4°C). Nous avons découpé et examiné 3 lames issues du même bloc, conservées au réfrigérateur, et les avons examinées aux jours (J1, J15 et J40).

➤ Hétérogénéité de l'expression du PDL1

En ce qui concerne l'hétérogénéité de l'expression du gène PDL1 par les cellules tumorales du même patient, nous avons exploré si l'expression du PDL1 reste constante à travers différents sites anatomiques. Pour cela, nous avons utilisé quatre échantillons prélevés

chez un unique patient: deux proviendront de sites tumoraux distincts et les deux autres seront issus de métastases ganglionnaires. Cela se traduira par la préparation de quatre lames au total, chacune correspondant à un échantillon spécifique.

2.2.3 COMPARAISON DES MÉTHODES

La comparaison entre la méthode manuelle et la méthode automatisée de référence employée au laboratoire, a pour objectif d'évaluer la précision et la **justesse** de la technique manuelle. À cet effet, nous avons mis en œuvre une expérience avec 64 lames provenant de 32 échantillons distincts. Chacun de ces échantillons a donné ainsi lieu à deux lames, l'une examinée à l'aide de l'automate et l'autre analysée manuellement. Ces 32 paires de lames ont servi de base à notre comparaison approfondie pour déterminer la justesse et la précision de la technique manuelle par rapport au test de référence utilisé sur automate au laboratoire pour évaluer les performances diagnostique des deux techniques, nous avons calculé La sensibilité, la spécificité et les autres variables voir tableau des formules

Analyse statistique: Le tableau 1 représente les formules de calcul statistique utilisées afin de déterminer les performances diagnostiques des 2 techniques " manuelle" et " automatisée".

Tableau 1. Formules de variables de concordance

Symboles	Formules
La sensibilité (Se) (%)	$VP/(VP+FN)$
La spécificité (Sp) (%)	$VN/(VN+FP)$
La précision diagnostic (%)	$(VP+VN) / T$
La valeur prédictive positive (VPN) (%)	$VP/(VP+FP)$
La valeur prédictive négative (VPN) (%)	$VN/(VN+FN)$
Indice de YODEN (Y)	$Se+Sp-1$
Rapport de vraisemblance (RV) %	$Se/(1-Sp)$
Coefficient Kappa (K)	$(Po-Pe) / (1-Pe)$
Coefficient de corrélation de Mathew (MCC)	$(VP*VN) - (FP*FN) / \sqrt{[(VP+FP) (VP+FN) (VN+FP) (VN+FN)]}$

3 RÉSULTATS ET ANALYSE

3.1 ANALYSE DES RISQUES PRE-ANALYTIQUE ET ANALYTIQUE DE LA TECHNIQUE IHC PDL-1

L'analyse des facteurs d'influence majeurs a été déterminé en utilisant le diagramme de causes et effets ou diagramme des 5 M (Main d'œuvre, Matériels, Matière, Méthodes, Milieu) influencent la qualité de l'IHC comme illustré dans la figure 2.

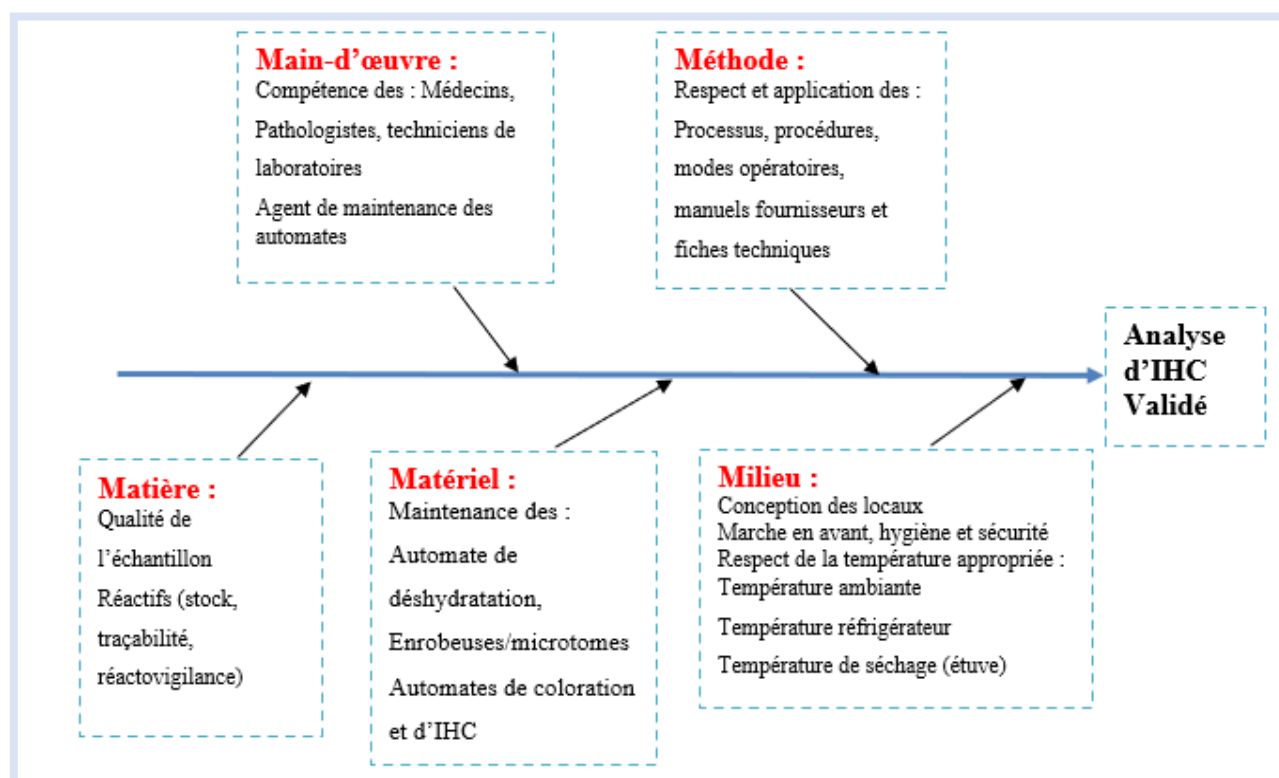


Fig. 2. Diagramme de causes et effets pour l'analyse IHC

En ce qui concerne les résultats de l'analyse des risques liés au test PDL1 ils se résument sur les tableaux 2 et 3:

Tableau 2. Maîtrise des risques de la phase pré-analytique

Données d'entrée	Points critiques à maîtriser	Modalités de maîtrise
Matière : Type d'échantillon : - Echantillon tissulaire fixé ou non fixé. - Blocs en paraffine ou lames blanches de tissus.	- Qualité de l'échantillon (conditionnement, orientation, encrage...)	- Manuel de prélèvement - Echanges avec les prescripteurs
Main d'œuvre : (Compétences du personnel)	- Formation (initiale et continue) du personnel - Suivi des compétences - Qualification/Habilitation	- Expression des besoins en formation du personnel - Evaluation des Pratiques Professionnelles - Formations continue
Matériels ; Réactif Equipements : Exigences métrologiques Automates :	- Gestion des stocks de réactifs - Traçabilité - Gestion des risques chimiques liés à certains réactifs - Instrument de mesures - Utilisation et entretien corrects de l'automate - Maintenances préventives et curatives	- Maîtrise des stocks - Traçabilité des lots et dates de péremptions - Mise en place de moyens de prévention collectifs et individuels. - Fiches de données de sécurité des réactifs. - Etalonnage systématiques des instruments - Gestion des maintenances curatives matériels - Manuel d'instruction de l'automate - Formation des techniciens sur site à la manipulation et l'entretien des appareils - Habilitation des techniciens au poste de travail - Fiche de vie avec suivi des interventions préventives et curatives

Méthodes : Prelevement - Transport - Réception - Enregistrement - Examen à l'état frais - Fixation - Examen macroscopique fixé - Déshydratation - Enrobage - Coupe au microtome Séchage	A toutes les étapes : - Gestion des stocks, des réactifs et consommables. - Identitovigilance Transport : - Conditions de transport - Durée du transport / Délai de fixation Réception : - Identitovigilance - Concordance entre le nombre de pots et le nombre d'examens demandés et concordance des numérations. Enregistrement : - Risque d'intervertir des prélèvements Macroscopie : - Identitovigilance - Ciblage et épaisseur des échantillons sélectionnés - Risque de contamination inter-échantillons - Erreur de numérotation des cassettes et/ou perte d'une cassette Fixation : - Quantité de formol dans le pot du prélèvement et dans le bac du panier à cassettes. - Qualité de la fixation (risque de pièce insuffisamment fixée)	- Maîtrise des stocks, alcool, formol tamponné, paraffine, lames jetables de microtome, cassettes. - Stockage de la paraffine fondue dans une étuve avec surveillance de la température. - Vérification à toutes les étapes du processus de la concordance entre le nom du patient, le nombre de pots, le nombre d'examens demandés et la numérotation des pots, des blocs de paraffine, des lames - Gestion des événements indésirable. - Identification et maîtrise des non conformités. - Recommandation sur les conditions de transport (température, délais maximum, conditionnement) Manuel de prélèvement et référentiel des analyses de biologie du cancer - Bons de demande d'examen anatomo-pathologique comportant la date et l'heure de prélèvement et la date et heure de fixation. - Vérification du nom, du numéro d'identification du patient et de la concordance des numérotations. - Prise en charge des demandes d'examens par le département de biologie du cancer - Modalités de signalement et gestion d'un évènement indésirable - Identification et maîtrise des non conformités - Fiche de traçabilité des écarts liés à l'identitovigilance - Enregistrement et élaboration d'étiquettes autocollantes - Etiquetage soigneux sur le récipient avec vérification de la concordance de numérotation. - Guide et fiches de macroscopie des pièces opératoires. - Nettoyage de la paillasse et nettoyage ou changement de matériel entre chaque patient. - Vérification tracée par une autre personne du nombre de cassettes réalisées pour chaque patient à la fin de la macroscopie. - Vérification de la concordance d'identité et de numérotation lors de la mise en cassette. - Vérification du volume de fixateur : au minimum 5 fois le volume du prélèvement et taille du récipient adaptée. - Immersion complète des cassettes dans le bac à cassettes lors de la macroscopie. - Contrôle de la durée de fixation avec la date et l'heure de fixation notées sur le bon de demande d'examen - Sélection quotidienne des pièces suffisamment fixées pour examen macroscopique ; - Feuille de paillasse : macroscopie pièce fixée
---	---	---

	Déshydratation : - Utilisation et maintenance des automates de déshydratation - Inversion lors du changement des réactifs - Cycle de déshydratation : Programmation de l'automate et lancement du cycle Enrobage : - Utilisation et maintenance des enrobeuses - Contamination inter- échantillon ou perte d'un échantillon Coupe, étalement et séchage : - Utilisation et entretien des microtomes - Identitovigilance - Epaisseur de coupe - Coupe plissée - Coupe striée (lame de microtome défectueuse, - Coupe incomplète (dégrossissage insuffisant) - Phase possible de contamination Séchage : - Séchage des lames dans une étuve à 60°	- Contrôle de la fixation à chaque prise en charge d'un prélèvement. - Maintenances préventives des automates de déshydratation - Traçabilité des changements de réactifs dans le cahier de vie de chaque automate. - A chaque changement de réactif : passage d'un bloc témoin pour chaque automate. Ces blocs témoins sont enrobés, coupés et colorés en premier et font l'objet d'une validation technique tracée. - Le choix du cycle est effectué en fonction de la taille des spécimens (grandes ou petites). - Les cassettes sont ouvertes et enrobées les unes après les autres pour éviter tout mélange entre les échantillons. - Un nettoyage des pinces est réalisé entre chaque échantillon pour éviter toute contamination. - L'enrobage des biopsies s'effectue en premier. Mode opératoire enrobage et coupe des blocs de paraffine - Maintenance préventive. Mode opératoire enrobage et coupe des blocs de paraffine - Vérification de la numérotation et de la correspondance avec chaque bloc est faite lors de la coupe de celui-ci. - Vérification de l'épaisseur de coupe au niveau de l'affichage du microtome (3à5 µm) - Vérifie de la température du bain marie. - Renouvellement régulier des lames de microtome - Nettoyage du bain-marie entre chaque coupe pour récupérer toute paraffine résiduelle à la surface de l'eau, évitant ainsi une contamination entre échantillon. - Surveillance de la température des enceintes de l'étuve. - Le temps de séchage est adapté en fonction de la taille des lames.
Milieu : Conditions d'hygiène requises	- Nettoyage - Désinfection	- Hygiène et sécurité du milieu des risques chimiques et infectieux

Tableau 3. Maîtrise des risques de la phase analytique du test PDL1

Données d'entrée	Points critiques à maîtriser	Modalités de maîtrise
Main d'œuvre : Habilitation du personnel	- Formation (initiale et continue) du personnel Suivi des compétences Qualification/Habilitation	- Maîtrise des compétences
Matière : Lames blanches de tissus.	Conservation des lames blanches	Conservation des lames blanches au réfrigérateur entre 2 et 6°C
Matériels : - Exigences métrologiques - Gestion des réactifs - Exigences informatiques spécifiques - Automates d'IHC:	- Etalonnage, utilisation et entretien correct des instruments - Gestion des stocks, des réactifs - Maintenance préventive et curative	- Fiche de vie avec suivi des interventions préventives et curatives. - Maîtrise de la gestion des stocks des réactifs et des anticorps - Procédure de maintenance - Préventive et curative
Méthode : Préparation des lames : Coupe, étalement et séchage Démasquage, déparaffinage, réhydratation. Technique sur automate Coloration de la lame :	- Identitovigilance - Coupe des lames - Séchage des lames - Qualité de la solution dans le PT Link - Protocole technique <u>Coloration d'aucune lame :</u> - Réactifs n'ont pas été utilisés dans l'ordre ou adéquatement ; - Chauffage excessif des coupes de tissus montés, avant déparaffinage et démasquage des antigènes par la chaleur <u>Coloration faible des lames :</u> - Méthode de fixation inappropriée. - Mauvaise restauration de l'épitope. - Chauffage excessif des coupes de tissus montées. <u>Coloration de fond excessive des lames</u> <u>Tissu se détache des lames</u> <u>Coloration spécifique trop forte</u> <u>Faux négatif :</u> Dégradation de l'antigène dans le tissu ; Défaillance du système de révélation	- Vérification de la numérotation et de la correspondance avec chaque bloc - Surveillance de la température des enceintes de l'étuve. - Séchage : une heure à 65°C plus une nuit à 37°C - Réalisation des coupes de 3 à 5 µm - Renouveler la solution et nettoyer les bords des bacs régulièrement - Lancer la technique selon les directives du fabricant - Respect des étapes de la contre coloration - Respecter les T° et les durées appropriées - Eliminer une surfixation - Respecter les T° et les durées appropriées - Respecter les instructions de la procédure de coloration - Vérifier la méthode de fixation - Respecter les instructions de la procédure technique - Vérifier la méthode de fixation ; utiliser des lames salinisées - Méthode de fixation, restauration de l'épitope ; solution de lavage appropriées. - Respect des protocoles pré-analytique et analytique
Milieu : Conditions d'hygiène	Nettoyage des locaux	Mise en place des procédures d'hygiène et de sécurité

3.2 ANALYSE DES RÉSULTATS

Cette analyse des risques a mis en lumière les points critiques ainsi que les modalités de maîtrise nécessaires à la fois dans la phase pré-analytique et analytique.

En ce qui concerne la phase pré-analytique, il est essentiel de souligner son impact sur la qualité ultérieure des techniques d'immunohistochimie et, par conséquent, sur la détection de PD-L1 par IHC [5, 6]. Chacune de ces étapes revêt une importance capitale et doit être soumise à des contrôles et des procédures de maîtrise rigoureuse. Parmi les éléments à prendre en compte, la méthode de fixation (le rapport entre le volume de fixateur et la pièce, le choix du récipient approprié, et les mesures de protection) revêt une importance capitale. Il est vivement recommandé de minimiser autant que possible la durée d'ischémie froide des échantillons tissulaires. L'ischémie froide est définie comme le laps de temps écoulé entre l'extraction du prélèvement tissulaire du corps humain et son immersion dans le fixateur. Tout retard de fixation dépassant une heure a un impact significatif sur la détection des marqueurs immunohistochimiques [7, 8].

Il convient de noter que le formol tamponné à 10 % est le fixateur recommandé. Par ailleurs, il est impératif de s'assurer que le volume de fixateur utilisée est suffisant. En ce qui concerne le temps de fixation, il doit être d'au moins 6 heures pour les biopsies, afin d'éviter toute sous-fixation irrémédiable, et ne doit pas dépasser 72 heures pour les pièces opératoires [9, 10]. De plus, l'utilisation d'une

paraffine ayant un point de fusion bas, idéalement inférieur à 60 °C, est fortement préconisée [10]. Enfin, il est essentiel de prévoir une évaluation préliminaire de la quantité de cellules tumorales lors de la coloration standard HE, car cette étape est indispensable à toute interprétation précise.

Concernant l'étape analytique

Pour garantir le succès de la technique, il est impératif de suivre rigoureusement le protocole de coloration immunohistochimique PD-L1 IHC 22C3 standardisé par le fabricant. Chaque étape de ce protocole doit être exécutée avec une grande précision.

Pour suivre les directives établis par les sociétés savantes afin de réussir la phase pré-analytique de l'immunohistochimie, il faut appliquer les recommandations spécifiques établies par le Groupe d'Étude des Facteurs Pronostiques Immunohistochimiques dans le cancer du sein (GEFPICS) [11], à prendre en compte et qui peuvent également s'appliquer à d'autres marqueurs tumoraux:

3.3 MISE EN PRATIQUE DE LA VALIDATION APPLIQUÉE À L'IMMUNOHISTOCHIMIE

3.3.1 LECTURE ET INTERPRÉTATION

Chaque lame a été lue par le chef de service pour obtenir la valeur de l'expression de la protéine PD-L1 par les cellules tumorales, permettant en suite de regrouper les résultats en trois catégories distinctes:

- Moins de 1%
- Entre 1% et 49%
- 50% ou plus

Ces catégories définissent les seuils auxquels une immunothérapie peut être envisagée, L'immunothérapie avec le médicament pembrolizumab est envisagée en deuxième ligne pour les cas présentant une expression de PD-L1 comprise entre 1% et 49%, tandis qu'elle est envisagée en première ligne pour les cas où cette expression est égale ou supérieure à 50%.

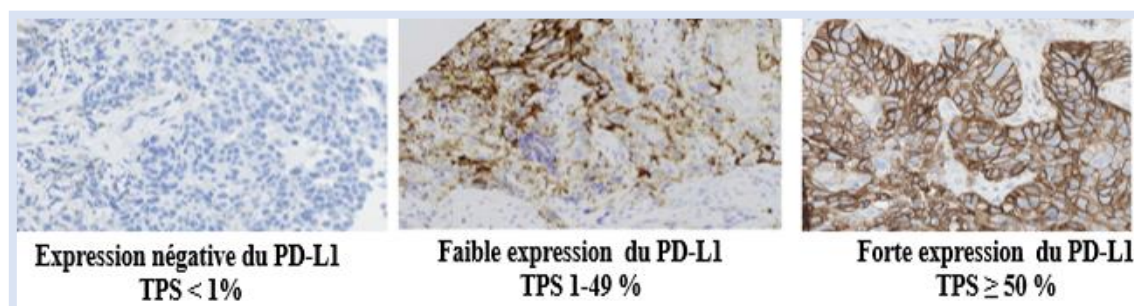


Fig. 3. Expression PDL1 par les cellules tumorales

3.3.2 RÉSULTATS DES PARAMÈTRES ÉTUDIÉS

➤ Compétences médicales et techniques

Il convient de souligner que la réalisation du test PDL1 est effectuée spécifiquement par deux docteurs biologistes formées pour le poste d'immunohistochimie. Aucune disparité en termes de performance entre elles n'a jamais été constatée de façon rétrospective. En outre, la lecture et l'interprétation des résultats sont assurées par le chef de service, afin de garantir la plus grande précision et qualité dans l'analyse des résultats.

➤ Conservation de la qualité des réactifs

La gestion des réactifs, y compris les anticorps, les réactifs de coloration et d'autres produits chimiques, est effectuée conformément aux bonnes pratiques de laboratoire et aux exigences normatives.

Le respect également des consignes du fournisseur est primordial lorsqu'il s'agit de gérer le stockage, la préservation et l'utilisation des réactifs. Il est essentiel de suivre scrupuleusement les recommandations inclut dans le mode d'emploi de ces produits afin de garantir la qualité et la sécurité de nos opérations.

Pour détecter l'expression de l'anticorps anti-PD-L1 dans le cancer du poumon, nous avons utilisé un Kit validé de Dako (Kit PD-L1 IHC 22C3 PharmaDx, anticorps monoclonal anti-PD-L1 cloné 22C3 avec système de visualisation EnVision FLEX). Ce Kit fournit tous les

réactifs nécessaires (prêts à l'emploi) pour l'immunohistochimie classique. Des lames témoins incluant des lignées cellulaires positives et négatives pour l'anticorps anti-PD-L1 sont également incluses dans le Kit.

➤ La répétabilité

Nous avons évalué la répétabilité par l'analyse des lames des mêmes patients dans les mêmes conditions, même opérateur et même cycle, comparaison de 5 paires de lames issues de 5 blocs, en analysant 10 lames au totale, deux lames par bloc et par cycle.

Tableau 4. Evaluation de la répétabilité du test PDL1

Blocs	Lames	Cycles	TPS
Bloc 1	Lame 1	Cycle 1	50%
	Lame 2		50%
Bloc 2	Lame 1	Cycle 2	30%
	Lame 2		30%
Bloc 3	Lame 1	Cycle 3	10%
	Lame 2		10%
Bloc 4	Lame 1	Cycle 4	70%
	Lame 2		70%
Bloc 5	Lame 1	Cycle 5	20%
	Lame 2		20%

Cette analyse a démontré que l'expression est la même chez les lames de chaque bloc, révélant ainsi qu'il y a une répétabilité intra-cycle.

➤ Reproductibilité

Evaluer la fidélité intermédiaire par l'analyse des mêmes échantillons dans des cycles différents en utilisant les lames des mêmes blocs.

Nous avons effectué une analyse comparative des données issues de dix lames provenant de cinq blocs distincts. Plus précisément, nous avons examiné chaque lame de chaque bloc, lors de dix séries distinctes. Les résultats obtenus se présentent dans le tableau 21:

Tableau 5. Etude de la reproductibilité du test PDL1

Blocs	Lames	Cycle	TPS
Bloc 1	Lame 1	Cycle 1	20%
	Lame 2	Cycle 2	20%
Bloc 2	Lame 1	Cycle 3	50%
	Lame 2	Cycle 4	50%
Bloc 3	Lame 1	Cycle 5	10%
	Lame 2	Cycle 6	10%
Bloc 4	Lame 1	Cycle 7	70%
	Lame 2	Cycle 8	70%
Bloc 5	Lame 1	Cycle 9	5%
	Lame 2	Cycle 10	5%

Cette analyse démontre que l'expression est la même chez les lames de chaque bloc, révélant ainsi qu'il y a une reproductibilité inter-cycle.

➤ Mode de séchage des coupes histologique

Trois lames, toutes issues du même bloc, ont été soigneusement sélectionnées pour cette expérimentation. Chaque lame a été soumise à des conditions de traitement spécifiques, ce qui a permis d'obtenir des résultats variés et instructifs.

Pour la première lame, nous avons utilisé une température de 65°C pendant une heure. L'analyse a donné une expression de 20%, bien que la coloration fût légèrement moins intense.

La deuxième lame a subi un traitement thermique similaire, avec une température de 65°C pendant une heure, suivie d'une nuit de séchage à 37°C. Cette analyse a donné un résultat évalué à 20% avec une bonne intensité.

Quant à la troisième lame, elle a été conservée à une nuit complète à une température constante de 37°C. Le résultat de cette troisième étape a donné un résultat similaire, évaluée également à 20%, bien que la coloration fût légèrement moins intense.

Tableau 6. Impact de la température et le temps de séchage sur l'expression PDL1

Bloc	Lames	Température de séchage	TPS	Intensité du signal
Bloc	Lame 1	65°C	20%	Moins intense
	Lame 2	65°C plus 37°C pendant une nuit	20%	Bonne intensité
	Lame 3	37°C pendant une nuit	20%	Moins intense

Ainsi, bien que les trois échantillons aient tous produit une expression de 20%, la différence constatée concerne leurs intensités. Ces variations mettent en évidence l'importance de mener des études avec un échantillonnage important, permettant ainsi une meilleure évaluation de ces variations.

➤ Durée de conservation des lames

Nous avons découpé trois lames provenant d'un même bloc. Ces lames ont été conservé à une température de +4°C dans un réfrigérateur et manipulées à trois moments distincts: J1, J15 et J40.

Les analyses menées sur ces lames ont donné les résultats suivants:

- La première lame, effectuée à J1, a affiché une expression de 20%.
- La seconde lame, manipulée à J15, a révélé une expression de 5%.
- La troisième lame, réalisée à J40, a également révélé une expression de 5%.

Tableau 7. Durée de conservation des lames

Bloc	Lames	Durée de conservation	TPS
Bloc	Lame1	J1	20%
	Lame2	J15	5%
	Lame3	J40	5%

Il est à noter que malgré les variations observées dans le pourcentage de cellules tumorales, passant de 20% à 5%, l'expression de ces trois lames est restée constamment entre 1% et 49%. Ces variations relatives pourraient être attribuées, en plus des variations temporelles, soit à une utilisation excessive qui a épuisé le matériel tissulaire ou à l'hétérogénéité de la matière tumorale.

➤ Hétérogénéité intra-tumorale

Nous avons utilisé quatre échantillons prélevés chez un unique patient: deux proviendront de sites tumoraux distincts (D, E) et les deux autres seront issus de métastases ganglionnaires (I, H). Donc nous avons préparé quatre lames correspondant aux quatre blocs spécifiques. Les résultats obtenus se présentent comme suit: Lame du bloc D: 20%; lame du bloc E: 30%; lame du bloc I: 10%; lame du bloc H: <1%.

Tableau 8. Hétérogénéité intra-tumorale

Blocs	Lames	TPS
Bloc D	Lame1	20%
Bloc E	Lame2	30%
Bloc I	Lame3	10%
Bloc H	Lame4	<1%

3.3.3 COMPARAISON DE LA METHODE MANUELLE PAR APPORT À LA METHODE AUTOMATISEE

L'appareil Autostainer Linker (Dako) a permis d'automatiser l'immunohistochimie (IHC), facilitant ainsi l'évaluation de l'expression membranaire des cellules tumorales infiltrantes pour les anticorps anti-PDL-1. Cette automatisation optimise la qualité des procédures

assurant une évaluation précise et reproductible. Cependant, la comparaison que nous avons effectuée était une analyse comparative entre la méthode manuelle et la méthode automatisée de référence.

Nous avons utilisé un ensemble de 64 lames provenant de 32 échantillons distincts. Chacun de ces échantillons a été divisé en deux lames, permettant ainsi d'obtenir deux groupes distincts: l'un examiné sur Automate, et l'autre soumis à une analyse manuelle. Ces 32 paires de lames ont constitué la base de notre comparaison, avec 32 lames examinées par le biais de l'automatisation et les 32 autres analysées manuellement. Le résultat de cette comparaison est illustré dans le tableau 9.

Tableau 9. Comparaison de méthodes

Nb d'échantillons	Technique sur Automate	Technique manuelle
Bloc1	<1%	<1%
Bloc2	<1%	<1%
Bloc3	<1%	<1%
Bloc4	<1%	<1%
Bloc5	<1%	<1%
Bloc6	<1%	<1%
Bloc7	<1%	<1%
Bloc8	<1%	<1%
Bloc9	<1%	<1%
Bloc10	<1%	<1%
Bloc11	1-49%	1-49%
Bloc12	1-49%	1-49%
Bloc13	1-49%	<1%
Bloc14	1-49%	<1%
Bloc15	1-49%	1-49%
Bloc16	1-49%	<1%
Bloc17	1-49%	<1%
Bloc18	1-49%	1-49%
Bloc19	1-49%	1-49%
Bloc20	1-49%	<1%
Bloc21	> 50%	> 50%
Bloc22	> 50%	1-49%
Bloc23	> 50%	> 50%
Bloc24	> 50%	> 50%
Bloc25	> 50%	> 50%
Bloc26	> 50%	> 50%
Bloc27	> 50%	1-49%
Bloc28	> 50%	> 50%
Bloc29	> 50%	> 50%
Bloc30	> 50%	> 50%
Bloc31	> 50%	> 50%
Bloc32	> 50%	> 50%

Les résultats obtenus pour les cas inférieurs à 1% et supérieurs à 50% étaient en parfaite concordance, à l'exception de 4 cas qui se sont avérés inférieurs à 1%, même s'ils étaient initialement situés dans la fourchette de 1% à 49%.

En ce qui concerne les performances de la méthode manuelle, l'analyse a révélé que la sensibilité (Se) de notre méthode est de 82%, ce qui démontre sa capacité à détecter avec précision les cas positifs. En outre, la spécificité (Sp) était de 100%, ce qui signifie qu'elle était exceptionnellement précise pour exclure les cas négatifs.

La précision diagnostique globale de notre étude était de 87%, indiquant un niveau élevé de fiabilité dans l'identification des cas. **La valeur prédictive positive (VPP)** était de 100%, ce qui signifie que lorsque notre méthode indiquait un cas positif, il était très probable

que ce soit effectivement le cas. En revanche, la **valeur prédictive négative** (VPN) était de 71,4%, montrant qu'elle pouvait également correctement exclure la plupart des cas négatifs.

En outre, l'**indice de Youden** était de 0,82, ce qui renforce la validité de notre méthode par rapport à l'alternative dans notre échantillon. La **fiabilité**, mesurée à 0,87, était également élevée, soulignant la constance de nos résultats.

Le **coefficient Kappa**, qui s'est élevé à 0,71, ainsi que le **coefficient de corrélation de Matthew** (MCC) à 0,76, ont révélé une performance diagnostique significative de notre méthode:

- Le coefficient MCC (0,76) a une bonne concordance
- L'étendue du coefficient kappa est entre -1 et 1. On parle d'un coefficient kappa bon lorsque l'index kappa $\geq 0,61$. Ces résultats démontrent la robustesse de la méthode manuelle et son aptitude à fournir des diagnostics précis.

En conclusion, les tests réalisés manuellement et sur automate ont démontré statistiquement une bonne concordance.

Suite aux résultats des expériences effectuées nous concluons que la technique immunohistochimique du test PDL1 est validé

3.3.4 SUIVI DE LA METHODE ET ASSURANCE QUALITE

Le suivi de la méthode est assuré par un contrôle interne de qualité mené de manière simultanée avec tous les tests effectués en utilisant des témoins internes et externes pour interpréter le marquage de l'anticorps anti-PD-L1. La garantie de validité et de la conformité de l'examen, grâce aux résultats des témoins positifs et négatifs, est obligatoire pour la poursuite de l'analyse immunohistochimique.

4 DISCUSSION DES RESULTATS DE LA VALIDATION DES METHODES

En discutant les conclusions de notre travail, il ressort que la validation des méthodes est un élément important dans la progression dans la démarche qualité, renforçant l'engagement envers l'amélioration continue de nos pratiques.

Répondant ainsi à l'objectif d'améliorer les pratiques et la progression de la démarche qualité. Le suivi rigoureux des étapes de cette méthode de validation nous a conduit tout d'abord à une analyse des risques et des modalités de maîtrise. Enfin, la démarche expérimentale nous a permis de vérifier et de conclure que les performances de nos méthodes étaient en conformité avec les normes en vigueur. En ce qui concerne les essais de comparaison des méthodes. Les résultats de la méthode manuelle par rapport à la méthode automatisée ont clairement démontré sa capacité à fournir des diagnostics précis.

Pour garantir la validité continue de la technique en immunohistochimie, le laboratoire mis en place également un rigoureux contrôle interne de qualité, mené de manière simultanée avec chaque test. La démarche repose sur l'utilisation de témoins positifs internes et externes, ainsi que de témoins négatifs, dans le but d'évaluer la conformité de toutes les analyses immunohistochimiques réalisées au sein de notre laboratoire. La garantie de validité de chaque examen est impérative pour la poursuite de nos analyses.

5 CONCLUSION

La validation des méthodes nous a permis de vérifier et de conclure que les performances de notre méthode étaient en conformité avec les normes en vigueur. En ce qui concerne les essais de comparaison des méthodes, les résultats de la méthode manuelle par rapport à la méthode automatisée ont clairement démontré sa capacité à fournir des diagnostics précis.

REMERCIEMENTS

Les auteurs tiennent à traduire leur gratitude à toutes les personnes qui ont contribué à la réalisation de cette étude. Ils remercient également toutes les personnes ayant contribué à l'amélioration de ce travail.

REFERENCES

- [1] Scherrer F, Boisson RC, Eynard JC, Chamard D, Poggi B, Grafmeyer D. État de l'art et validation de techniques: application aux performances de fidélité. Ann Biol Clin 2008; 66 (6).
- [2] Paragraphe 2 du chapitre 5.5 de la norme ISO 15189: 2012.
- [3] Astier-Théfenne H, Wolf A, Darles C, Garnotel E. Vérification d'une méthode selon le SH FORM 44: application à la coloration de Gram. Rev Fr Lab 2014; 461: 37-46.
- [4] SH GTA 04-Guide technique d'accréditation de vérification (portée) /validation (portée B) des méthodes en biologie médicale.

- [5] Engel KB, Moore HM. Effects of preanalytical variables on the detection of proteins by immunohistochemistry in formalin-fixed, paraffin-embedded tissue. *Arch Pathol Lab Med* 2011; 135: 537—43.
- [6] Bass BP, Engel KB, Greytak SR, et al. A review of preanalytical factors affecting molecular, protein, and morphological analysis of formalin-fixed, paraffin-embedded (FFPE) tissue: how well do you know your FFPE specimen? *Arch Pathol Lab Med* 2014; 138: 1520—30.
- [7] <http://www.jto.org/article/S1556-0864%2816%2931254-0/abstract>.
- [8] Cree IA, Deans Z, Ligtenberg MJL, et al. Guidance for laboratories performing molecular pathology for cancer patients. *J Clin Pathol* 2014; 67: 923—31.
- [9] Bussolati G, Annaratone L, Maletta F. The pre-analytical phase in surgical pathology. *Recent Results Cancer Res* 2015; 199: 1—13.
- [10] MacGrogan G, Mathieu M-C, Poulet B, et al. [Preanalytical stage for biomarker assessment in breast cancer: 2014 update of the GEFPICS' guidelines in France]. *Ann Pathol* 2014; 34: 366—72.
- [11] Annales de pathologie (2014) Recommandations du GEFPICS concernant la phase pré-analytique pour l'évaluation de HER2 et des récepteurs hormonaux dans le cancer du sein.

School facilities, financial factor, student interest and enrollment in technical and vocational education in Oyo State, Nigeria

Taiwo Ebenezer Adeleke¹ and Olajumoke Modupe Akere²

¹Department of Curriculum Studies, Educational Management and Planning, University of Uyo, Uyo, Nigeria

²Department of Educational Management University of Ibadan, Ibadan, Nigeria

Copyright © 2024 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 study investigated school facilities, financial factors and student's interest on enrollment in technical and Vocational Education in Oyo state. Descriptive survey research design was adopted for the study. The population consists of all the students in some selected technical colleges in Oyo state. Three (3) schools were selected as sample to ensure even representation of the population. The sample population represents 60% of the technical colleges in Oyo state. The findings of the study revealed that there is a positive relationship between school facilities and TVE in the study area ($r=.319, p<0.05$), There is a moderate positive relationship between financial factors and enrollment in TVE. ($r=.152, p=0.05$), there is a moderate positive relationship between student interest and enrollment in TVE. ($r=.287, p=0.05$). All the independent variables, facilities factor, financial factor and student interest contributes to enrollment in TVE there is a significant joint contribution of facilities, financial factor and student interest to enrollment in T V E. This study recommended that there should be provision of adequate facilities, funds for the effective operation of Technical and Vocational Education.

KEYWORDS: School facilities, financial factors, student interest, and student enrollment.

1 BACKGROUND TO THE STUDY

Technical and Vocational education could be described as an institution designed for preparing its recipients for skilful performance on practical tasks and empowerment. It involves the acquisition of practical skills that can help people function well in industrial and commercial occupations (Wapmuk, 2011). According to Dike (2020), technical and vocational education is a planned programme of learning experiences that begins with exploring career options support basic academic knowledge, and prepare people for leadership capacity. The importance of technical education in any Nation cannot be overemphasized. It is concerned with the acquisition of skills and knowledge for sustainable livelihood and employment. It aims at promoting the production of skilled, technical and professional manpower to sustain and re-equip the economy as well as reducing the rate of unemployment.

Vocational education could be defined as that aspect of education designed to develop skills, attitudes, work habits and aspirations encompassing knowledge and information needed by workers to enter and make progress in employment on a useful and productive basis. As contained in the study of Idialu, (2013), the aim of vocational education is to prepare young people and adults for useful occupations, particularly for skilled trades and semi-professional careers. It also may update the knowledge and skills of workers in occupations of this kind.

According to McGrath (2005), the major task of technical education worldwide is to address issues of youth unemployment, poverty and international competitiveness in skills development towards current and projected opportunities and challenges. According to UNESCO (2005), Technical Vocational Education and Training (TVET) is a comprehensive term referring to those aspects of the educational process involving, in addition to general education and, the study of technologies and science related subjects, the acquisition of knowledge, practical skills and attitudes relating to occupations in different sectors of economic and social life. In addition, it is an integral part of general education; a means for preparing for occupational fields and for effective participation in the world of works; an aspect of life long preparation and learning for responsible citizenship; an instrument for promoting environmental sound and suitable development and a method of alleviating poverty. Technical education is that type of education designed technically and

systematically to accommodate both the trainer and the trainee, to enable the trainee acquire the basic knowledge, skills, abilities, understanding and attitudes needed for one's efficient performance in his or her chosen occupational career for self-reliance and National development.

Technical and Vocational education enables its recipient to become active people who will contribute positively to the well-being and economic development of the society. The implication of this is that Technical education gives attention to the development of both material and human resources (Adelakun, 2022). The objectives of technical education as stated by the Federal Republic of Nigeria (FRN) (2013) in her National policy of Education are to:

- i. provide trained manpower in applied science, technology and commerce particularly and sub-professional level;
- ii. provide the technical knowledge and vocational skills necessary for Agricultural, industrial, commercial and economic development;
- iii. produce people who can apply Scientific knowledge to the improvement and solution of environmental problems for the use and convenience of man;
- iv. give an introduction to professional studies in Engineering and other technologies;
- v. give training and impart necessary skills leading to the production of craftsmen, technicians and other skilled personnel who will be enterprising and self-reliant; and
- vi. enable young men and women to have an intelligent understanding of the increasing complexity of technology.

Technical schools in Nigeria train craftsmen in auto mechanics, plumbing, carpentry and joinery, cabinet making, painting and decorating, welding, electrical installation, business studies, radio and television repairs, building construction and catering. Graduates of Technical colleges usually obtain employment in industry or establish their own business (Onyere, 2000).

Technical education can serve as a change agent not only for technical systems but also for many other societal changes. The practical nature of Technical education makes it unique in its content and approach thereby requiring special care and attention. Therefore, products of technical colleges are supposed to solve societal problems in sustainable ways. For them to do so, they need to be sufficiently involved in technical education concepts and its application of its theoretical principles to solve practical problems.

Government Technical College Oyo is the first technical school that was established in Oyo state, therefore based on that reason, the school has the highest population in times past, another one was established in the state capital Ibadan. Therefore, the Technical school in the state capital, Ibadan has the highest population of student and enrollment rate throughout the state. Government Technical College Ibadan has the following enrollment rate for the past five sessions; in the year 2013/2014, a total of 747 students enrolled, in the year 2014/2015 a total of 1969 students enrolled, in the year 2015/2016 a total of 2040 students enrolled, in the year 2016/2017 a total of 1890 students enrolled, in the year 2017/2018 a total of 1695 students enrolled and in the most recent session 2017/2018 a total of 1695 students enrolled.

Based on the information given above, the enrollment rate in year 2015 is the highest (2040 students). And the increment in the enrollment rate that year was based on the renovation of the school structure, before that year, the school structure was in a really bad condition, the roofs were leaking and the building doesn't look attractive and conducive for learning this has really chased away a lot of people willing to enroll into the school. The renovation of the school structure, led to a 3.5% increase in the enrollment rate in the 2015/2016 academic session. However, this factor was not strong enough to stabilize this increase in enrollment rate, because according to the information gotten directly from the school, the enrollment rate in the subsequent academic sessions, after 2015/2016 session went down drastically. Another reason why people would not want to enroll in Technical College in Oyo state is the issue of finance. Most people complain about the high cost of Technical education, starting from the entry form to the school-fee payment and essentially the cost of purchasing of tools and materials that will be used in the classroom for learning especially for departments like Electrical installation, catering, Painting and decorating and some other departments where teaching and learning process is not effective without adequate materials.

Recently, the Oyo state Government made the entry form and the school fees payment of Technical Colleges in the State totally free, but according to the information gotten from the Government Technical college, Orita-Aperin, Ibadan the enrollment rate of students into that particular college still remained stagnant despite the new development by the Government to aid financing of Technical education in the state. Therefore, we cannot conclude yet that lack of finance is a factor that influences enrollment rate of students into Technical education in Oyo state.

Another factor that may influence the enrollment rate of students into Technical and Vocational Education in Oyo state is the preference of people for a particular course, according to the information gathered from Government Technical College, Orita-Aperin, Ibadan, a large percentage of the total population of students in Technical Colleges in Oyo state are in Electrical installation department. The department is said to be very lucrative and also requires very little equipment to learn it. Therefore, the choice of people for this particular course may lead to an increase in the general enrollment rate.

In Nigeria, most people have a very poor perception about Technical Education, some people feel that Technical education is not for the elite rather it is for people who are poor and do not have access to higher education. Some people also believe that Technical

Education is for people who are school dropout. Therefore, this poor perception of the populace about technical education can influence the enrollment rate of students into Technical College.

Furthermore, it has been discovered that most people now prefer to learn those courses available in the Technical colleges as a trade from Artisans. Most people prefer to learn from these Artisans because they feel that the learning tools and facilities in the technical colleges is not adequate enough to provide the knowledge needed. People also believe that these Artisans has a lot of working experience, professionalism and skills than the teachers in the Technical Colleges, therefore people would prefer to go to an Artisan rather than enroll in Technical colleges for training.

There are only five Technical Colleges in Oyo state, in which only one is located in Ibadan the state capital. Ibadan is a very large city, therefore most people willing to enroll in the technical college at Orita Aperin, Ibadan may have a huge problem with the distance. The cost of transportation to school may necessitate the need for a boarding facility in the school premises. Therefore, most people may not enroll in Technical colleges in Oyo state because of the absence of boarding facilities in the schools especially for students who come from a long distance and may need accommodation. Another Reason that may influence the enrollment rate of students into Technical Colleges is the availability of employment opportunities from companies when they finish. The administrators of companies and industries in Nigeria feel that graduates of Technical colleges are half baked and not employable, therefore they are not ready most times to invest in the graduates of Technical colleges. This may be a factor that can influence people's decision to enroll in Technical and Vocational education.

These mentioned reasons among others, may constitute the factors that influence the enrollment rate of students into Technical Colleges in Oyo state. These factors can be classified as social factor, home factor, school factor and environmental factor. Therefore, the enrollment of students into Technical and vocational Education in Oyo state, is largely influenced by these factors. However, this research is tailored towards unveiling the most potent of these factors.

2 METHODOLOGY

Descriptive survey research design of correlation type was adopted for the study. This is concerned with describing events as they exist and establish the relationship that exists between the variables without any form of manipulation. The population of the study consists of all the students in Technical and Vocational Colleges in Oyo State. Sample size is 300 students were randomly selected from the three vocational and Technical Education was sampled in Oyo State (Government Technical College Awe, Oyo state, Government Technical College Orita- Aperin, Ibadan, Oyo state and Government Technical College Ogbomosho, Oyo state), representing one technical college from each senatorial district of the state. The instrument titled Student Interest, Financial Factor, School Factors and Enrollment Questionnaire (SFSEQ) was used for the study. Face and content validity of the instrument was achieved and reliability of the instrument was conducted and the instrument yielded 0.79 reliability coefficient using cronbach alpha method. The instrument was analysed descriptive statistical tools of frequency counts, simple percentages, mean and standard deviation was used to analysed research question 1 and inferential statistical tools of Pearson Product Moment Correlation was used to analysed research question 2-4 while Multiple regression analysis was used to test hypotheses 1 and 2 at 0.05 level of significance.

3 RESULTS AND DISCUSSION

Research question 1: What are the factors that discourages students' patronage into technical and Vocational Education in Oyo State?

Table 1. Descriptive analysis on factors that discourages student patronage into technical and Vocational Education in Oyo State

S/N	Items	SA	A	D	SD	Mean	Std. Deviation
1	Lack of funds hinders student patronage into Technical and vocational education	152 (50.7%)	32 (10.7%)	46 (15.3%)	70 (23.3%)	3.89	1.259
2	Lack of recognition for Technical and vocational education hinders student patronage	105 (35.0%)	43 (14.3%)	77 (25.7%)	75 (25.0%)	3.59	1.203
3	Lack of job opportunities hinders student patronage into Technical and Vocational education	168 (56.0%)	40 (13.3%)	47 (15.7%)	45 (15.0%)	3.69	1.145
4	Discrimination among graduates of Technical and Vocational education in the society hinders student patronage	74 (24.7%)	104 (34.7%)	77 (25.7%)	45 (15.0%)	2.69	1.005
5	Lack of trained staffs hinders student patronage into Technical and Vocational education	93 (31.0%)	42 (14.0%)	105 (35.0%)	60 (20.0%)	2.46	1.127
6	Lack of appropriate facilities hinders student patronage into Technical and Vocational education	57 (19.0%)	31 (10.3%)	133 (44.3%)	79 (26.3%)	2.22	1.040

Table 1 shows that 168 (56.0%), 152 (50.7%) and 105 (35.0%) of the respondent strongly agree to the following statement that lack of job opportunities hinders student patronage into Technical and Vocational education, lack of funds hinders student patronage into Technical and vocational education and lack of recognition for Technical and vocational education hinders student patronage in Oyo State with mean score of 3.69, 3.59 and 3.89 respectively while 104 (34.7%) of the respondents agree that discrimination among graduates of Technical and Vocational education in the society hinders student patronage with mean score of 2.69 but 133 (44.3%) and 105 (35.0%) of the respondents disagree to the following statement that lack of appropriate facilities hinders student patronage into Technical and Vocational education and lack of trained staffs hinders student patronage into Technical and Vocational education with mean score of 2.22 and 2.46 respectively. The study corroborates the findings of Oviawe and Anavberokhai (2008) conducted a study on student enrollments in Nigerian Vocational- Technical Colleges. The result of findings from the study confirmed that enrollments in our vocational-technical colleges have been low over the years when compared with those in our secondary schools as results of financial, students' attitude and deterioration of facilities.

Research question 2: Is there any relationship between school facilities and enrollment in Technical and Vocational Education in Oyo state?

Table 2. Pearson Product Moment Correlation showing the relationship between School facilities and students enrollment in Technical and Vocational Education

Variable	N	Mean	Std. Deviation	r	P	Remark
School facilities	300	14.6367	3.83236	.319**	<0.05	Significant
Student enrolment in TVE	300	25.68	10.059			

From Table 2 it shows the relationship between school facilities and student academic performance. There is significant relationship between school facilities and enrollment rate in TVE ($r = .319$, $p < 0.05$). It was depicted that there is positive significant relationship between school facilities and enrollment rate in TVE in the study area. This implies that an increase in school facilities provision in the school will brings a positive increase in enrollment rate in TVE. the result is in consonant with the findings of Taiwo (2000), found out that the success of an educational endeavor rests on the availability of physical facilities especially the school building, also Oyesola (2000) and Adeogun (2001) found out that strict implementation of TVET in Nigerian higher education will remain elusive without competent teachers, adequate equipments, accommodation (workshops), training materials and money for the maintenance of equipment

Research question 3: Is there any relationship between financial factors and enrollment in Technical and Vocational Education in Oyo state?

Table 3. Pearson Product Moment Correlation showing the relationship between school financial factors and students enrollment in Technical and Vocational Education

Variable	N	Mean	Std. Deviation	r	P	Remark
Financial factors	300	15.1467	4.74273	.152**	<0.05	Significant
Student enrolment in TVE	300	25.68	10.059			

Table 3 shows the relationship between financial factors and enrollment in Technical and Vocational Education in Oyo state. The result shows that there is a relationship between financial factors and enrollment in Technical and Vocational Education ($r = .152$, $p = 0.05$). It was depicted that there is moderate positive relationship between financial factors and enrollment in Technical and Vocational Education. This implies that the more the stakeholders finances Technical and Vocational Education the more increase in enrollment in Technical and Vocational Education.

The result is in agreement with findings of Idialu (2013) who find out that low level of funding is a very serious issue affecting the quality of TVET programmes in Nigerian higher education. The scholars remarked that despite the efforts of governments at different levels to provide funds for higher education and the huge amounts of money expended, higher education still lacks funds to implement various programmes.

Research question 4: Does student interest have relationship with enrollment in Technical and Vocational Education in Oyo State

Table 4. *Pearson Product Moment Correlation showing the relationship between student interest and students enrollment in Technical and Vocational Education*

Variable	N	Mean	Std. Deviation	r	P	Remark
Student interest	300	15.8033	4.32361	.287**	<0.05	Significant
Student enrolment in TVE	300	25.68	10.059			

Table 4 shows the relationship between student interest and enrollment in Technical and Vocational Education in Oyo state. The result shows that there is a relationship between student interest and enrollment in Technical and Vocational Education ($r = .287$, $p = 0.05$). It was depicted that there is moderate positive relationship between student interest and enrollment in Technical and Vocational Education. This implies that the more interest the students have in the Technical and Vocational Education the more increase in enrollment in Oyo State. The result is in support of Dike (2007), that found out that a strategy for fostering Enrollment in Technical Colleges Students in the junior secondary schools are within the explorative stage of vocational development as they narrow their choice and begin to have a more realistic appraisal of themselves and potential jobs also Uwameiye and Onyewadume (1999), found out that the students learn how the experts and professionals work, what they do and qualifications for entry into the field. This helps the students to form their opinion about the nature of work and other requirements towards intelligent career choices, and gives them to contribute to intelligent consumption of goods and services. Information obtained from work-visit provides awareness and enlightenment to students about their environment, which enables them make constructive and effective adjustments and motivates them to be serious with their studies.

Hypothesis 1: There is no significant relative contribution of school facilities, finance factors and student interest on enrollment in Technical and Vocational Education in Oyo state

Table 5. *Regression Analysis on Relative Contributions of School facilities, Finance factors and Student interest on Enrollment in Technical and Vocational Education*

Coefficients^a

Model	Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	T	Sig.
	B	Std. Error	Beta		
1 (Constant)	21.308	2.907		7.329	.000
Facilities	.716	.138	.273	5.180	.000
Financial factors	.424	.117	.200	3.623	.000
Student interest	-.793	.126	-.341	-6.298	.000

Table 4.8 Reports the Unstandardized Coefficients (B) and Standardized Coefficient (beta weight), t, and p values of each independent variable. The result revealed that all the independent variables, facilities factor, financial factor and student interest contributed to enrollment in Technical and Vocational Education. Student interest have highest contribution to enrollment in Technical and Vocational Education $\beta = (.341)$, $t(300) = 6.298$, $p < 0.05$ which was significant follow by facilities factor $\beta = (.273)$, $t(300) = 5.180$, $p < 0.05$ which was significant and financial factor $\beta = (.200)$, $t(300) = 3.623$, $p < 0.05$ which was also significant. The result revealed that for a unit change in facilities factor, financial factor and student interest there is corresponding 34.1, 27.3 and 20.0 increases in enrollment in Technical and Vocational Education. To determine the predictors that may not be useful in the model, the t-values of Table 4.8 that are less than 2.0 in magnitude indicated that the predictor is not significant. The three predictor variables (facilities factor, financial factor and student interest) have their t-values greater than 2. This shows that the three variables are strong predictor of enrollment in Technical and Vocational Education. Thus, there is significant relative contribution of facilities factor, financial factor and student interest to enrollment in Technical and Vocational Education. The null hypothesis is hereby rejected at 0.05 level of significant. The finding is in corroborate with Ogidefa (2010) who find out that school facilities is very significant to the realization of technical and vocational education goals and objectives. Also, the study against the findings of Wapmuk (2011) that find out that there is no significant influence of students interest on the realization of effective management of technical and vocational education but the provision of educational policy.

Hypothesis 2: There are no significant joint contributions of school facilities, finance factors and student interest on enrollment in Technical and Vocational Education in Oyo state

Table 6. Regression Analysis on joint Contributions of School facilities, Finance factors and Student interest on Enrollment in Technical and Vocational Education

Model		Sum of squares	Df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	6512.807	3	2170.936	27.066	.000 ^b
	Residual	23742.110	296	80.210		
	Total	30254.917	299			
Model Summary						
Model	1					
R	.464 ^a					
R-square	.215					
Adjusted R Square	.207					
Std. Error of the Estimate	8.956					

a. Dependent Variable: Enrollment rate in TVE

b. Predictors: (Constant), Facilities, financial factor and student interest

Table 4.9 shows the contributions of facilities, financial factor and student interest to enrollment in Technical and Vocational Education (TVE). The result presents the value of R, R² (model summary) and ANOVA Table. The result from the table a revealed multiple correlation of 0.464 between independent (facilities, financial factor and student interest) and dependent variable (enrollment in Technical and Vocational Education), this implies that independent variables contributed to enrollment in Technical and Vocational Education to some extent and R² of 0.215 which is an indication that independent variables (facilities, financial factor and student interest) accounted for 21.5% of the total variance observed in dependent variable (enrollment in Technical and Vocational Education) leaving the remaining 78.5% to other factors that was not considered in the study. It equally showed that the combination of all the independent variables also allowed reliable prediction of student's academic achievement ($F_{(3,296)} = 27.066$, $P = 0.000$). Hence there is significant contribution of facilities, financial factor and student interest to enrollment in Technical and Vocational Education. The null hypothesis which says there is no significant joint contribution of facilities, financial factor and student interest to enrollment in Technical and Vocational Education was hereby rejected at 0.05 level of significant. The result agree with Ogidefa (2010) who find out that discrimination against graduates of Technical and Vocational Education, financial factors and inadequate facilities in all technical and Vocational Education contributed greatly to the deplorable state of Technical and Vocational Educations

4 CONCLUSION

The findings from this study concluded that facilities, finance and student interest are the factors that have significant relationship with enrollment in Technical and Vocational Education in Oyo State. It was also concluded that facilities factors (classroom, practical instruments, and library) plays significant influence on the students' enrollment in Technical and Vocational Education. Financial factors was also concluded to play a vital role in the enrollment of Technical and Vocational Education and also students interest was concluded to be a great factor that can influence the enrollment rate in Technical and Vocational Education in Oyo State.

5 RECOMMENDATIONS

Based on the findings of the study the researcher recommended the following:

- Educational Stakeholders are encouraged to provide adequate facilities for effective operation of Technical and Vocational Education (TVE) so, as to increase the rate of students' patronage;
- Government is advised to allocate adequate money to the operation of Technical and Vocational Education so that the student patronage can improve;
- Students are advised to increase their level of interest they have towards the Technical and Vocational Education so, as to improve the enrollment level in the State.

Government is encouraged to give more awareness to the Technical and Vocational Education so as to make students to see the needs to pursue their academic in the school.

REFERENCES

- [1] Adelakun, A. A. (2022). Instructional Resources and School Effectiveness in technical Colleges of Education in Lagos State. Lagos Journal of Educational Administration and Planning.
- [2] Dike, V.E. (2020). Vocational education: missing link in Nigerian's development policy. Retrieved from <http://www.nigeriavillagesquare.com/...dike/vocational-education- missing...> (March 13, 2014).
- [3] Idialu, E.E (2013). Ensuring quality assurance in vocational education. Journal of Contemporary Issues in Education Research. 6 (4), 431-438.
- [4] McGrath, S. (2005). Key issues and challenges for transformation in Phuthi, N. &Maphosa, N. Transforming higher education for effective technical and vocational skills delivery in Zimbabwe. UNESCO Forum on higher education, research and knowledge.
- [5] Ogidefa, Y.F. (2010) Discriminating Factors among technical and vocational graduate in the labour market international journal of educational review 6 (2) 45-57.
- [6] Onyere, V. (2000). Dynamics of Institutional Management: Towards Strategic Administrative Competence. Lagos: Sam Orient.
- [7] UNESCO (2005). Learning for work, citizenship and sustainability: final report UNESCO international centre, Bonn.
- [8] Uwameiye, I.G. and Onyewadume, D.S. (1999) Effective teaching and learning among technical and vocational education in the 20th century. Journal of vocational education. 8 (5) 23-41.
- [9] Wapmuk, L.S. (2011). Technical, vocational education and training for sustainable development of Nigeria.

Peuplement avifaunique de la zone de Guezon (Facobly, ouest de la Côte d'Ivoire)

[Bird population in the Guezon area (Facobly, western Côte d'Ivoire)]

Arnaud Gbanhan¹, Dibié Bernard Ahon¹, Gnininté Maxime Zean¹, Wadja Mathieu Egnankou², and Béné Jean-Claude Koffi¹

¹Laboratoire de Biodiversité et Ecologie Tropicale, UFR Environnement, Université Jean Lorougnon Guédé, BP 150
Daloa, Côte d'Ivoire

²Laboratoire de Botanique, UFR Biosciences, Université Félix Houphouët Boigny de Cocody, Abidjan, Côte d'Ivoire

Copyright © 2024 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: Located in the west of Côte d'Ivoire in the department of Facobly, the Guezon area was unknown from an ornithological point of view before the present study. This work was carried out from April 2022 to May 2022 in order to contribute to a better knowledge (diversity and abundance) of the avifauna in this area. The methods of fixed listening and/or observation points, capture and recapture with mist nets, Call-playback and time-limited counts on linear transects with five-minute stopping points at each station, were used in the different habitats of the area. In total, this locality contains 12.685 individuals of 161 bird species divided into 47 families of 16 orders. *Bycanistes cylindricus*, classified as *Vulnerable* (VU), is the only globally protected species found in the area. In addition, it hosts six restricted-range species and three species (*Batis senegalensis*, *Apalis sharpii* and *Hylopsar cupreocauda*) endemic to West Africa. There are also 18 species from the Guinean-Congolese forest biome (GC) and five species from the Sudano-Guinean savannah biome (SG). The resident species are the most diverse with 83.85% of the overall population in the study area. In terms of preferred habitats, generalist forest species (F) are the best represented with 60.87% (N = 98) of the species richness of this area. *Ploceus cucullatus*, *Spermestes cucullatus*, *Egretta intermedia* and *Bubulcus ibis* are the most dominant with 471; 340; 327 and 316 individuals respectively.

KEYWORDS: Inventory, birds, population, Guezon area (Facobly), Côte d'Ivoire.

RESUME: Située à l'ouest de la Côte d'Ivoire dans le département de Facobly, la zone de Guezon est méconnue du point de vue ornithologique avant la présente étude. Ces travaux ont été réalisés d'avril 2022 à mai 2022 afin de contribuer à une meilleure connaissance (diversité et abondance) de l'avifaune de cette zone. Les méthodes de points fixes d'écoute et/ou d'observation, de capture et recapture aux filets japonais, de repasse de vocalisation et des comptages à durée déterminée sur des transects linéaire avec des points d'arrêt de cinq minutes à chaque station, ont été utilisées dans les différents habitats de la zone. Au total, cette localité renferme 12685 individus de 161 espèces d'oiseaux réparties entre 47 familles de 16 ordres. *Bycanistes cylindricus* de la catégorie *Vulnérable* (VU), est la seule espèce à protection d'intérêt mondial observée dans la zone. En outre, elle héberge trois espèces à répartition restreinte et six espèces endémiques à l'Afrique de l'Ouest. On note également la présence de 18 espèces du biome des forêts guinéo-congolaises (GC) et cinq du biome des savanes soudano-guinéennes (SG). Les espèces résidentes sont les plus diversifiées avec 83,85% du peuplement global de la zone d'étude. En termes d'habitats préférentiels, les espèces généralistes des forêts (F) sont les mieux représentées avec 60,87% (N = 98) de la richesse spécifique de cette zone. *Spermestes cucullatus*, *Egretta intermedia* et *Bubulcus ibis* sont les plus dominantes avec des effectifs respectifs de 471; 340; 327 et 316 individus.

MOTS-CLEFS: Inventaire, oiseaux, peuplement, zone de Guezon (Facobly), Côte d'Ivoire.

1 INTRODUCTION

A l'exception de quelques aires protégées, la conservation et la protection de la biodiversité s'avèrent plus difficiles dans la plupart des pays africains. Les habitats naturels (les forêts, les savanes, les zones humides, etc.) sont de plus en plus affectés par diverses activités anthropiques [1].

La Côte d'Ivoire qui était mondialement connue pour son intérêt biologique et écologique, non seulement par sa faune et sa flore unique, mais aussi par leur haut niveau de diversité et d'endémisme [2], [3] n'est pas restée épargnée. En effet, les écosystèmes naturels sont sous la pression des activités humaines telles que l'agriculture, l'urbanisation, l'orpaillage, l'extraction minière, etc., avec pour corollaire la perte de la biodiversité [4], [5]. Cette situation a contribué à la diminution drastique des populations de nombreuses espèces, à tel point que certaines d'entre elles sont menacées de disparition. De ce fait, pour une gestion durable des écosystèmes, la connaissance des communautés, les spécificités d'habitats, les variations d'effectifs et les menaces doivent être prises en compte [6].

En termes d'avifaune, la Côte d'Ivoire a l'un des peuplements d'oiseaux les plus riches de l'Afrique Occidentale [7]. Cependant cette faune avienne est de plus en plus menacée à cause de la disparition de son habitat naturel [8]. Il est connu que l'évolution des peuplements terrestres d'oiseaux est fonction des changements intervenant dans le couvert végétal [9]. Les oiseaux sont très dépendants de la structure de la végétation, des variations de l'habitat et sont de bons indicateurs des changements écologiques [10]. En effet, ils sont souvent utilisés comme indicateurs écologiques soit pour caractériser les milieux, soit pour mesurer l'évolution des habitats [10], [11].

De nombreuses études ont été réalisées essentiellement dans les domaines classés de l'Etat [12], [13], [14], [15], [5], [16], [17], [18]. Cependant, l'avifaune reste encore peu connue dans la plupart des zones urbaines et rurales. Les quelques données portant sur l'avifaune de ces zones urbaines et rurales de Côte d'Ivoire sont issues des travaux de [19], [20], [21], [22], [23], [24], [25], [26]. Or, la plupart de ces zones ont une diversité écosystémique remarquable notamment les jachères, les zones humides, etc., [21]. Chaque type d'habitats ayant sa faune aviaire spécifique [27], [28], il apparaît donc nécessaire de conduire une étude ornithologique dans d'autres zones urbaines et rurales avec plusieurs types d'habitats. De plus, cette zone est soumise à de fortes pressions anthropiques notamment l'extension des cultures pérennes (cacaoyers et caféiers). Dans le cadre de la présente étude, le choix s'est porté sur la zone de Guezon (Facobly) dont l'avifaune est restée méconnue jusqu'à la présente étude.

L'objectif général est de contribuer à une meilleure connaissance de l'avifaune de la zone de Guezon-Facobly en Côte d'Ivoire. De manière spécifique, il s'agit de connaître et de caractériser le peuplement avifaunique de cette zone notamment sa diversité et son abondance.

2 SITE D'ETUDE

Située à l'ouest de la Côte d'Ivoire entre la latitude 7°23'19" Nord et la longitude 7°22'34" Ouest, la localité de Facobly (chef-lieu département et de commune) appartient à la région du Guémon à 25 km de Man (Chef-lieu de la région du Tonkpi). La sous-préfecture de Guezon (site d'étude) est localisée au centre du département de Facobly (Figure 1). Le département est caractérisé par un climat de montagne composé de deux saisons à savoir: la saison des pluies (mars à octobre) et la saison sèche (novembre à février) [29]. La température et la pluviométrie annuelles moyennes sont respectivement de 25,2° C et de 1712 mm.

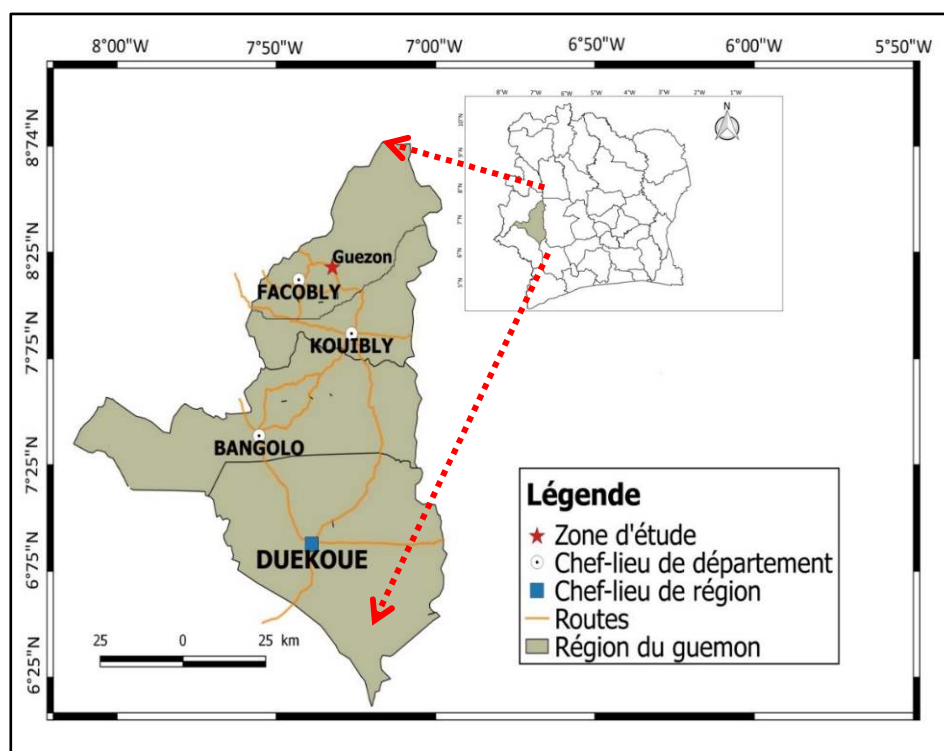


Fig. 1. Localisation de la zone d'étude dans la région du Guéon

Le département de Facobly dont fait partie Guezon appartient au domaine phytogéographique Guinéo-congolais des forêts denses humides [30]. A notre connaissance, la faune sauvage de la zone de Guezon est méconnue jusqu'à ce jour. Cependant, l'essentiel de la faune sauvage de la région du Guéon à laquelle appartient notre zone d'étude se résume essentiellement à l'origine de celle du Parc National du Mont Péko [3].

3 MATERIEL ET METHODES

3.1 MATERIEL

L'essentiel du matériel technique se compose d'une paire de jumelles (Bushnell, 10 x 50 mm) pour l'observation des oiseaux, d'un appareil photographique numérique (Olympus 5 x wide optical zoom 4.7-23.5 mm 1: 2.8-6.5) pour les prises de vue, d'un dictaphone (SONY ®) pour l'enregistrement et la repasse de vocalisations, de guide d'identification [31] pour l'identification des oiseaux, d'un GPS (Map source Garmin GPS 12 Channel) pour relever les coordonnées géographiques et de deux filets japonais (10 m de long, 3,5 m de haut, 25 mm de mailles) pour la capture et recapture des oiseaux.

3.2 METHODES

3.2.1 CHOIX DES SITES ET DISPOSITIFS D'ECHANTILLONNAGE

L'étude s'est déroulée d'avril 2022 à mai 2022, soit en fin de saison sèche et début de saison pluvieuse. Cette localité n'ayant pas fait l'objet d'étude ornithologique, la localité de Guezon a servi de point de référence pour la répartition des secteurs. Ainsi, la zone d'étude a été divisée en trois (3) secteurs notamment les secteurs Nord (SN), Médian (SM) et Sud (SS). Cette subdivision a été faite en fonction des types d'habitats (zones de forêts, jachères et milieux humides). Le secteur Nord (SN) se compose d'hévéaculture, de forêts galeries et de jachères, de bas-fonds rizicoles, de Cacaoyers, de caféiers et de rivière. Le secteur Médian (SM) contient de zones défrichées parsemées d'arbres, d'anacardiens, de forêt galerie, de caféiers, cacaoyers, de jachères, forêt secondaire, de bas-fond, de rivière, de plantation de Teck, de bâties. Le secteur Sud (SS) est composé de cacaoyers, de caféiers, de Jachères, de culture vivrière, de Bas-fonds rizicoles, de lac, de rivière et de forêt galerie. La figure 2 montre quelques biotopes de la zone d'étude.



Fig. 2. *Vue partielle de quelques habitats de la zone d'étude*

3.2.2 COLLECTE DE DONNEES

Trois différentes méthodologies ont été appliquées dans les secteurs d'étude pour les inventaires diurnes. En effet, dans chaque secteur, trois transects linéaires de 2 km chacun ont été réalisés, soit neuf transects au total. Les transects ont été séparés d'au moins 1 km les uns des autres orientés dans la direction nord-sud à l'aide d'un GPS (Map source Garmin GPS 12 Channel) pour éviter d'avoir les rayons solaires dans l'objectif de la paire de jumelles (Bushnell, 10 x 50 mm), ce qui pourrait influencer négativement les observations des oiseaux. Une marche lente et silencieuse le matin de 07 h à 10 h (aller) et dans l'après-midi de 15 h à 18 h (retour) le long de chaque transect de 2 km a constitué la principale méthodologie. Des arrêts

fréquents de 5 mn ont été effectués sur chacune des neuf stations d'écoute, au cours desquels, le ciel a été régulièrement observé à l'aide d'une paire de jumelles afin d'identifier grâce aux observations visuelles, les espèces d'oiseaux qui survolent le site.

En outre, un point ou poste fixe d'observation et de dénombrement a été également identifié au sein de chaque secteur d'étude dans un endroit offrant une belle vue de tout le paysage de ce secteur. Sur ces points, les inventaires ont été effectués pendant toute une journée de 07 h à 18 h. De plus, des captures et recaptures aux filets japonais ont été faites également durant toute une journée de 07 h à 18 h dans un milieu fermé de chaque secteur d'étude.

Quant aux inventaires nocturnes, la technique de repasse de vocalisations a constitué la principale méthodologie. Les sorties nocturnes ont été effectuées (sur les mêmes transects que ceux utilisés pour l'inventaire des espèces diurnes) de 19 h 00 à 21h 00 en aller et de 04 h 00 à 06 h 00 pour le chemin retour et cela en trois fois de suite par transect. Les chants de quelques espèces d'oiseaux nocturnes (appartenant aux engoulevents, aux vanneaux et aux oiseaux de proie) susceptibles d'être rencontrés dans la zone ont été passés en revue (16 au total). La vocalisation ou la présence d'une grande espèce peut empêcher une petite espèce de se manifester, de peur de se faire capturer par la première [15]. Ainsi, il a été prédéfini un ordre de déroulement de ces repasses de vocalisation de la plus petite à la plus grande espèce, avec bien sûr les chants des oiseaux de proie en dernière position. Selon les tailles et les groupes fournis par [31].

3.2.3 METHODES D'ANALYSE DE DONNEES

Le statut de conservation de chacune des espèces recensées a été déterminé selon les catégories de l'Union Internationale pour la Conservation de la Nature [32]. Le statut biogéographique [31], et la préférence d'habitat [33] et [12] ont été également identifiés pour ces espèces d'oiseaux. Les indications relatives aux biomes pour ces espèces sont issues de [34]. La nomenclature, la taxinomie et l'ordre des espèces utilisés dans cet article, ont été établi selon *Handbook of the Birds of the World et BirdLife International* tel que publié par [35]. Les données recueillies ont permis aussi de calculer: la richesse spécifique (S) de chaque habitat ($R_s = \sum \text{espèces}$), et l'indice de diversité de Shannon H' ($H' = -\sum (n_i/N) \log_2 (n_i/N)$), l'indice d'équitabilité (E) avec $E = H'/H'_{\max}$ ($H'_{\max} = \ln S$).

4 RESULTATS

4.1 DIVERSITE ET ABONDANCE DE L'AVIFAUNE DE LA ZONE D'ETUDE

Les observations avifauniques dans la zone de Guezon ont permis d'identifier 12685 individus pour 161 espèces d'oiseaux appartenant à 47 familles et 16 ordres. Les Non-Passériformes sont les plus abondants. Ils représentent 53,32 % des effectifs d'oiseaux avec 6764 individus de 97 espèces appartenant à 26 familles et 15 ordres. L'ordre des Passériformes représente 46,78 % des effectifs totaux d'oiseaux dont 5921 individus de 64 espèces appartenant à 21 familles (Tableau 1). De plus, les oiseaux de la zone d'étude ont des valeurs des indices de diversité de Shannon-Weaver et d'équitabilité de Piélou ($H' = 4,75$; $E = 0,93$) très élevées (Tableau 1). La liste des espèces d'oiseaux observées sur l'ensemble des secteurs et leurs abondances respectives est représentée dans le tableau 1. Quelques espèces d'oiseaux rencontrées dans la zone de Guezon sont illustrées par la figure 3. Les familles les mieux représentées des Non-Passériformes sont celles des Accipitridae et des Cuculidae avec respectivement 14 et 9 espèces. Les familles les mieux représentées dans l'ordre des Passériformes sont celles des Cisticolidae et des Nectariniidae avec respectivement 10 et 9 espèces.

Sur l'ensemble des observations faites dans cette zone d'étude les espèces les plus abondantes en termes de population sont: *Spermestes cucullatus* (340 individus), *Egretta intermedia* (327 individus), Héron garde-boeufs *Bubulcus ibis* (316 individus), *Ploceus nigernimus* (283 individus) et *Streptopelia semitorquata* (210 individus) (Tableau 1).

4.2 CARACTERISATION DU PEUPLEMENT

Le peuplement est dominé par les espèces résidentes (R). En effet, nos résultats montrent que 83, 85% (N = 135) de 161 des espèces identifiées au cours de cette étude sont résidentes, 6,83% (N = 11) des 161 sont migratrices intra-africaines (M), 4,35% (N = 7) des 161 sont du paléarctique (P) et 4,97% (N = 8) des 161 ont un statut mixte (R/M; R/P). Cette étude a aussi montré que sur les 161 espèces d'oiseaux dénombrées, 60,87% (N = 98) sont des espèces généralistes des forêts (F), 19,25% (N = 31) des milieux ouverts (f), 13,66% (N = 22) des zones humides (Ea) et 6, 21% (N = 10) spécialistes des forêts (FF).

4.3 ESPECES D'INTERET POUR LA CONSERVATION

Des 161 espèces d'oiseaux observées dans notre zone d'étude, 159 espèces sont de la catégorie *Préoccupation mineure* (LC) selon la Liste rouge de l'UICN [33], une espèce (*Bycanistes cylindricus*) est *Vulnérable* (VU) et une autre espèce (*Hylopsar cupreocauda*) est *Quasi menacée* (NT). La zone de Guezon héberge trois espèces à répartition restreinte et six espèces endémiques (*Pogonornis dubius Batis senegalensis*, *Chalcomitra adelberti*, *Bycanistes cylindricus*, *Apalis sharpii* et *Hylopsar cupreocauda*) de l'Afrique de l'Ouest. On note également la présence de 18 espèces appartenant au biome des forêts guinéo-congolaises (GC) et cinq espèces d'oiseaux (*Musophaga violacea*, *Merops bulocki*, *Coracias cyanogaster*, *Pogonornis dubius* et *Eremomela pusilla*) du biome des savanes soudano-guinéennes (SG).

Tableau 1. Liste des espèces d'oiseaux observées sur l'ensemble des secteurs et leurs abondances respectives

NE	ORDRES/FAMILLES/ESPECES	NOM FRANÇAIS	SC	SB	BIO GC/SG	HP	RR	END AO	SN	SM	SS	EC
GALLIFORMES												
NUMIDIDAE (2)												
1	<i>Guttera pucherani</i> (Hartlaub, 1861)	Pintade huppée	LC	R			F		24		18	42
2	<i>Numida meleagris</i> (Linnaeus, 1758)	Pintade commune	LC	R			F		48	32	45	125
PHASIANIDAE (2)												
3	<i>Pternistis achantensis</i> (Temminck, 1854)	Francolin d'Ahanta	LC	R	GC		f		34	33	41	108
4	<i>Pternistis bicalcaratus</i> (Linnaeus, 1766)	Francolin à double éperon	LC	R			F		33	42	37	112
ANSERIFORMES												
ANATIDAE (1)												
5	<i>Dendrocygna viduata</i> (Linnaeus, 1766)	Dendrocygne veuf	LC	R/M			Ea		107		48	155
COLUMBIFORMES												
COLUMBIDAE (7)												
6	<i>Treron calvus</i> (Temminck, 1811)	Colombar à front nu	LC	R			F		54	65	41	160
7	<i>Turtur brehmeri</i> (Hartlaub, 1865)	Tourtelette demoiselle	LC	R	GC		F		32		23	55
8	<i>Turtur tympanistria</i> (Temminck, 1809)	Tourtelette tambourine	LC	R			F		32	24		56
9	<i>Columba iriditorques</i> Cassin, 1856	Pigeon à nuque bronzée	LC	R	GC		F			18	7	25
10	<i>Streptopelia semitorquata</i> (Rüppell, 1837)	Tourterelle à collier	LC	R			F		63	47	102	212
11	<i>Streptopelia vinacea</i> (Bonaparte, 1855)	Tourterelle vineuse	LC	R			F		32	51	45	128
12	<i>Spilopelia senegalensis</i> (Linné, 1766)	Tourterelle maillée	LC	R			f		55	57	66	178
CAPRIMULGIFORMES												
CAPRIMULGIDAE (2)												
13	<i>Caprimulgus europaeus</i> (Linnaeus, 1758)	Engoulevent d'Europe	LC	P			F		5		4	9
14	<i>Caprimulgus longipennis</i> (Shaw, 1796)	Engoulevent à balanciers	LC	M			F			7		7
APODIDAE (3)												
15	<i>Rhaphidura sabini</i> (Gray, 1829)	Martinet de Sabine	LC	R	GC		F		8		8	16
16	<i>Cypsiurus parvus</i> (Lichtenstein, 1823)	Martinet des palmiers	LC	R			F		13		15	28
17	<i>Apus affinis</i> (Gray, 1830)	Martinet des maisons	LC	R			F		32	14	11	57
CUCULIFORMES												
CUCULIDAE (9)												
18	<i>Clamator levaillantii</i> (Swainson, 1829)	Coucou de Levailant	LC	M			Ea		18		9	27
19	<i>Cuculus solitarius</i> (Stephens, 1815)	Coucou solitaire	LC	M			FF		21	15	21	57
20	<i>Cuculus gularis</i> (Stephens, 1815)	Coucou africain	LC	M			F		6	0	8	14
21	<i>Chrysococcyx cupreus</i> (Shaw, 1792)	Coucou foliotocol	LC	R			F		9	21	12	42
22	<i>Chrysococcyx flavigularis</i> (Shelley, 1880)	Coucou à gorge jaune	LC	R	GC		F			14		14
23	<i>Chrysococcyx klaas</i> (Stephens, 1815)	Coucou de Klaas	LC	R/M			F		21	23	23	67
24	<i>Chrysococcyx caprius</i> (Boddaert, 1783)	Coucou didric	LC	R/M			F		14	23	24	61
25	<i>Ceuthmochares aereus</i> (Vieillot, 1817)	Malcoha à bec jaune	LC	R			F		11		17	28
26	<i>Centropus senegalensis</i> (Linnaeus, 1766)	Coucal de Sénégal	LC	R			F		32	28	28	88
GRUIFORMES												
RALLIDAE (3)												
27	<i>Zapornia flavirostra</i> (Swainson, 1837)	Marouette à bec jaune	LC	R			Ea		21	18	14	53
28	<i>Gallinula chloropus</i> (Linnaeus, 1758)	Gallinule poule-d'eau	LC	R			Ea		12	33	4	49
29	<i>Gallinula angulata</i> (Sundevall, 1850)	Gallinule africaine	LC	R/M			Ea			19	17	36
MUSOPHAGIFORMES												
MUSOPHAGIDAE (3)												
30	<i>Tauraco persa</i> (Linnaeus, 1758)	Touraco vert	LC	R	GC		F		43	66	34	143
31	<i>Musophaga violacea</i> (Iser, 1788)	Touraco violet	LC	R	SG		F		22		17	39
32	<i>Crinifer piscator</i> (Boddaert, 1783)	Touraco gris	LC	R			F		55	44	24	123
PELECANIFORMES												
ARDEIDAE (8)												
33	<i>Ixobrychus sturmii</i> (Wagler, 1827)	Blongios de Sturm	LC	R			Ea			20		20

34	<i>Ardeola ralloides</i> (Scopoli, 1769)	Crabier chevelu	LC	R/P	Ea	44	18	24	86
35	<i>Bubulcus ibis</i> (Linnaeus, 1758)	Héron garde-bœufs	LC	R/M	Ea	128	87	101	316
36	<i>Butorides striata</i> (Linnaeus, 1758)	Héron strié	LC	R	Ea	26	37	38	101
37	<i>Egretta gularis</i> (Bosc, 1792)	Aigrette à gorge blanche	LC	R	Ea	31	25		56
38	<i>Egretta garzetta</i> (Linnaeus, 1766)	Aigrette garzette	LC	R	Ea	21	19	16	56
39	<i>Egretta intermedia</i> (Wagler, 1829)	Aigrette intermédiaire	LC	R	Ea	135	117	75	327
40	<i>Egretta alba</i> (Linnaeus, 1758)	Grande Aigrette	LC	R	Ea	31	24	32	87
SCOPIDAE (1)									
41	<i>Scopus umbretta</i> (Gmelin, 1789)	Ombrette africaine	LC	R	Ea	32		17	49
CHARADRIIFORMES									
BURHINIDAE (1)									
42	<i>Burhinus senegalensis</i> (Swainson, 1837)	Oedicnème du Sénégal	LC	R	Ea		12	11	23
CHARADRIIDAE (3)									
43	<i>Vanellus senegallus</i> (Linnaeus, 1766)	Vanneau du Sénégal	LC	R	Ea	42	43	31	116
44	<i>Vanellus albiceps</i> (Gould, 1834)	Vanneau à tête blanche	LC	R	Ea		19		19
45	<i>Vanellus spinosus</i> (Linnaeus, 1758)	Vanneau à éperons	LC	M	Ea	42	45	43	130
JACANIDAE (1)									
46	<i>Actophilomis africanus</i> (Gmelin, 1789)	Jacana à poitrine dorée	LC	R	Ea	52	31	40	123
SCOLOPACIDAE (1)									
47	<i>Actitis hypoleucos</i> (Linnaeus, 1758)	Chevalier guignette	LC	P	Ea	44	19	17	80
STRIGIFORMES									
TYTONIDAE (4)									
48	<i>Tyto alba</i> (Scopoli, 1769)	Effraie des clochers	LC	R	F	12	11	4	27
49	<i>Ptilopsis leucotis</i> (Temminck, 1820)	Petit-duc à face blanche	LC	R	F			6	6
50	<i>Bubo poensis</i> (Fraser, 1853)	Grand-duc à aigrettes	LC	R	GC	FF		7	2
51	<i>Strix woodfordii</i> (Smith, 1834)	Chouette africaine	LC	R	F		16	13	16
ACCIPITRIFORMES									
ACCIPITRIDAE (14)									
52	<i>Aviceda cuculoides</i> (Swainson, 1837)	Baza coucou	LC	R	F		5	7	1
53	<i>Pernis apivorus</i> (Linnaeus, 1758)	Bondrée apivore	LC	P	F			8	1
54	<i>Elanus caeruleus</i> (Desfontaines, 1789)	Elanion blanc	LC	R	F		4	7	2
55	<i>Milvus aegyptius</i> (Boddaert, 1783)	Milan d'Afrique ou à bec jaune	LC	M	F		66	56	34
56	<i>Gypohierax angolensis</i> (Gmelin, 1788)	Palmiste africain	LC	R	F		22	3	
57	<i>Polyboroides typus</i> (Smith, 1829)	Gymnogène d'Afrique	LC	R	F		6	3	2
58	<i>Circus aeruginosus</i> (Linnaeus, 1758)	Busard des roseaux	LC	P	F			1	1
59	<i>Micronisus gabar</i> (Daudin, 1800)	Autour gabar	LC	R	F		6	2	1
60	<i>Accipiter tachiro</i> (Daudin, 1800)	Autour tachiro	LC	R	F		6	1	1
61	<i>Accipiter badius</i> (Gmelin, 1788)	Epervier shikra	LC	R	F		7	8	4
62	<i>Accipiter erythropus</i> (Hartlaub, 1855)	Epervier de Hartlaub	LC	R	GC	F			1
63	<i>Butastur rufipennis</i> (Sundevall, 1851)	Busautour des sauterelles	LC	M	F		6	4	2
64	<i>Kaupifalco monogrammicus</i> (Temminck, 1824)	Autour unibande	LC	R	F		15	12	17
65	<i>Buteo auguralis</i> (Salvadori, 1865)	Buse d'Afrique	LC	R/M	F		12	2	2
BUCEROTIFORMES									
BUCEROTIDAE (5)									
66	<i>Lophoceros camurus</i> (Cassin, 1857)	Calao pygmée	LC	R	GC	F	23	7	
67	<i>Lophoceros semifasciatus</i> (Hartlaub, 1855)	Calao longibande	LC	R	GC	F	36	45	32
68	<i>Lophoceros nasutus</i> (Linnaeus, 1766)	Calao à bec noir	LC	R	F		13	17	28
69	<i>Bycanistes fistulator</i> (Cassin, 1852)	Calao siffleur	LC	R	GC	FF	23	14	21
70	<i>Bycanistes cylindricus</i> (Temminck, 1824)	Calao à joues brunes	VU	R	GC	FF RR		7	10
PHOENICULIDAE (1)									
71	<i>Phoeniculus purpureus</i> (Miller, 1784)	Irisor moqueur	LC	R	F		16	11	
CORACIIFORMES									
MEROPIDAE (4)									
72	<i>Merops gularis</i> (Shaw, 1798)	Guêpier noir	LC	R	GC	F	21	32	18
73	<i>Merops pusillus</i> (Müller, 1776)	Guêpier nain	LC	R	F		45	37	32
74	<i>Merops bulocki</i> (Vieillot, 1817)	Guêpier à gorge rouge	LC	R	SG	F	42	42	28
75	<i>Merops albicollis</i> (Vieillot, 1817)	Guêpier à gorge blanche	LC	M	F		132	135	99
CORACIIDAE (4)									
76	<i>Coracias cyanogaster</i> (Cuvier, 1817)	Rollier à ventre bleu	LC	R	SG	F	66	65	52
77	<i>Coracias abyssinicus</i> (Hermann, 1783)	Rollier d'Abyssinie	LC	M	F		32	56	26
78	<i>Eurystomus gularis</i> (Vieillot, 1819)	Rolle à gorge bleue	LC	R	GC	FF	23	18	16
79	<i>Eurystomus glaucurus</i> (Müller, 1776)	Rolle violet	LC	R/M	F		21	22	11
ALCEDINIDAE (6)									
80	<i>Halcyon leucocephala</i> (Müller, 1776)	Martin-chasseur à tête grise	LC	M	F		33	11	12
81	<i>Halcyon malimbica</i> (Shaw, 1811)	Martin-chas. à poitrine bleue	LC	R	F		24	24	
82	<i>Halcyon senegalensis</i> (Linnaeus, 1766)	Martin-chasseur du Sénégal	LC	R	F		43	36	31

83	<i>Halcyon chelicuti</i> (Stanley, 1814)	Martin-chasseur strié	LC	R		F		18	14	32	
84	<i>Ispidina pictus</i> (Boddaert, 1783)	Martin-pêcheur pygmée	LC	R		F		34	22	56	
85	<i>Alcedo quadribrachys</i> Bonaparte, 1850	Martin-pêcheur azuré	LC	R		Ea		15	10	9	34
PICIFORMES											
LYBIIDAE (7)											
86	<i>Gymnobucco peli</i> (Hartlaub, 1857)	Barbican à narines emplumées	LC	R	GC	f		43	18	27	88
87	<i>Gymnobucco calvus</i> (Lafresnaye, 1841)	Barbican chauve	LC	R	GC	F		65	32	47	144
88	<i>Pogoniulus subsulphureus</i> (Fraser, 1843)	Barbion à gorge jaune	LC	R	GC	f				18	18
89	<i>Tricholaema hirsuta</i> (Swainson, 1821)	Barbican hérissé	LC	R	GC	F		13	24	26	63
90	<i>Lybius vieilloti</i> (Leach, 1815)	Barbican de Vieillot	LC	R		f		32	38	28	98
91	<i>Pogonomis bidentatus</i> (Shaw, 1798)	Barbican bidenté	LC	R		f		33	13	13	59
92	<i>Pogonomis dubius</i> (Gmelin, 1788)	Barbican à poitrine rouge	LC	R	SG	f	AO	20	17	24	61
INDICATORIDAE (2)											
93	<i>Trachylaemus purpuratus</i> (Verreaux & Verreaux, 1851)	Barbican pourpré	LC	R	GC	F		13	12	27	52
94	<i>Indicator maculatus</i> (Gray, 1847)	Indicateur tacheté	LC	R	GC	F		14	16		30
PICIDAE (2)											
95	<i>Dendropicos gabonensis</i> (Verreaux & Verreaux, 1851)	Pic du Gabon	LC	R	GC	F		15		10	25
96	<i>Dendropicos pyrhogaster</i> (Malherbe, 1845)	Pic à ventre de feu	LC	R	GC	F		21	15	4	40
FALCONIFORMES											
FALCONIDAE (1)											
97	<i>Falco ardosiaceus</i> (Vieillot, 1823)	Faucon ardoisé	LC	R		F		19	17	12	48
PASSERIFORMES											
ORIOIDAE (1)											
98	<i>Oriolus brachyrhynchus</i> (Swainson, 1837)	Loriot à tête noire	LC	R	GC	F		21	23	14	58
VANGIDAE (1)											
99	<i>Bias musicus</i> (Vieillot, 1818)	Bias musicien	LC	R		f		32	31	13	76
PLATYSTEIRIDAE (2)											
100	<i>Platysteira cyanea</i> (Müller, 1776)	Pirrit à collier	LC	R		F		15	19	18	52
101	<i>Batis senegalensis</i> (Linnaeus, 1766)	Pirrit du Sénégal	LC	R	GC	F	AO	32	31		63
MALACONOTIDAE (2)											
102	<i>Tchagra senegalus</i> (Linnaeus, 1766)	Tchagra à tête noire	LC	R		F		32	19	12	63
103	<i>Dryoscopus gambensis</i> (Lichtenstein, 1823)	Cubla de Gambie	LC	R		f		17		14	31
DICRURIDAE (2)											
104	<i>Dicrurus adsimilis</i> (Bechstein, 1794)	Drongo brillant	LC	R		f		18	12	12	42
105	<i>Dicrurus modestus</i> (Hartlaub, 1849)	Drongo modeste	LC	R		F		37	30	26	93
MONARCHIDAE (1)											
106	<i>Terpsiphone rufiventer</i> (Swainson, 1837)	Tchitrec à ventre roux	LC	R	GC	F		32	43	41	116
LANIIDAE (1)											
107	<i>Lanius collaris</i> (Linnaeus, 1766)	Pie-grièche fiscale	LC	R		F		24	28	21	73
CORVIDAE (1)											
108	<i>Corvus albus</i> (Müller, 1776)	Corbeau pie	LC	R		f		64	40	50	154
CISTICOLIDAE (10)											
109	<i>Eremomela pusilla</i> (Hartlaub, 1857)	Erémomèle à dos vert	LC	R	SG	f		36	33	22	91
110	<i>Apalis sharpii</i> (Shelley, 1884)	Apalis de Sharpe	LC	R	GC	f	RR	AO	11		11
111	<i>Camaroptera brachyura</i>	Camaroptère à tête grise	LC	R		F		19	12	13	44
112	<i>Cisticola erythrops</i> (Hartlaub, 1857)	Cisticole à face rousse	LC	R		FF		41	36	23	100
113	<i>Cisticola cantans</i> (Heuglin, 1869)	Cisticole chanteuse	LC	R		F			14	5	19
114	<i>Cisticola lateralis</i> (Fraser, 1843)	Cisticole siffleuse	LC	R		F		43	32	19	94
115	<i>Cisticola aberrans</i> (Smith, 1843)	Cisticole paresseuse	LC	R		F		17		8	25
116	<i>Cisticola galactotes</i> (Temminck, 1821)	Cisticole roussâtre	LC	R		F		14	10	14	38
117	<i>Cisticola natalensis</i> (Smith, 1843)	Cisticole striée	LC	R		F		21	15	10	46
118	<i>Prinia subflava</i> (Gmelin, 1789)	Prinia modeste	LC	R		F		32	39	16	87
HIRUNDINIDAE (2)											
119	<i>Delichon urbicum</i> (Linnaeus, 1758)	Hirondelle de fenêtre	LC	P		F		55	43	18	116
120	<i>Cecropis abyssinica</i> (Guérin-Méneville, 1843)	Hirondelle striée	LC	R		f		66	72	61	199
PYCNONOTIDAE (6)											
121	<i>Bleda canicapillus</i> (Hartlaub, 1854)	Bulbul fourmilier	LC	R	GC	FF		26	37	44	107
122	<i>Thescelocichla leucopleura</i> (Cassin, 1856)	Bulbul des raphias	LC	R	GC	F		38	38	41	117
123	<i>Chlorocichla simplex</i> (Hartlaub, 1855)	Bulbul modeste	LC	R	GC	F		25	36	26	87
124	<i>Eurillas virens</i> (Cassin, 1858)	Bulbul verdâtre	LC	R		F		43	37	36	116
125	<i>Pyrrhurus scandens</i> (Swainson, 1837)	Bulbul à queue rousse	LC	R	GC	FF		21			21
126	<i>Pycnonotus barbatus</i> (Desfontaine, 1789)	Bulbul des jardins	LC	R		F		58	55	52	165
SCOTOCERCIDAE (1)											
127	<i>Hylia prasina</i> (Cassin, 1855)	Hylia verte	LC	R	GC	F		43	39	48	130
PELLORNEIDAE (1)											
128	<i>Illadopsis fulvescens</i> (Cassin, 1859)	Akalat brun	LC	R	GC	F		18	18		36

STURNIDAE (3)												
129	<i>Lamprolaima splendens</i> (Vieillot, 1822)	Choucador splendide	LC	R		F			87	68	57	212
130	<i>Cinnyricinclus leucogaster</i> (Boddaert, 1783)	Spréo améthyste	LC	M		f			44	47	34	125
131	<i>Hylopsar cupreocauda</i> (Hartlaub, 1857)	Choucador à queue bronzée	NT	R	GC	f	RR	AO	23	19	32	74
MUSCICAPIDAE (4)												
132	<i>Alethe diademata</i> (Bonaparte, 1850)	Alèthe à huppe rousse	LC	R	GC	f			20	21	25	66
133	<i>Fraseria ocreata</i> (Strickland, 1844)	Gobemouche forestier	LC	R	GC	F				20		20
134	<i>Fraseria griseigularis</i> (Jackson, 1906)	Gobemouche à gorge grise	LC	R	GC	F				12	31	43
135	<i>Ficedula hypoleuca</i> (Pallas, 1764)	Gobemouche noir	LC	P		F			21	17	25	63
NECTARINIIDAE (9)												
136	<i>Deleornis fraseri</i> (Jardine & Selby, 1843)	Souimanga de Fraser	LC	R	GC	F			14	10	14	38
137	<i>Anthreptes gabonicus</i> (Hartlaub, 1861)	Souimanga brun	LC	R	GC	F			17	18	18	53
138	<i>Anthreptes rectirostris</i> (Shaw, 1811)	Souimanga à bec droit	LC	R	GC	FF				18	24	42
139	<i>Hedydipna collaris</i> (Vieillot, 1819)	Souimanga à collier	LC	R		F			23	18	26	67
140	<i>Cyanomitra verticalis</i> (Latham, 1790)	Souimanga à tête verte	LC	R		F			20	27	33	80
141	<i>Cyanomitra olivacea</i> (Smith, 1840)	Souimanga olivâtre	LC	R		F			21	19	28	68
142	<i>Chalcomitra adelberti</i> (Gervais, 1833)	Souimanga à gorge rousse	LC	R	GC	FF		AO	16	11	26	53
143	<i>Cinnyris superbus</i> (Shaw, 1811)	Souimanga superbe	LC	R	GC	F			11			11
144	<i>Cinnyris cupreus</i> (Shaw, 1811)	Souimanga cuivré	LC	R		F			32	28	28	88
PLOCEIDAE (6)												
145	<i>Euplectes hordeaceus</i> (Linnaeus, 1758)	Euplecte monseigneur	LC	R		f			64	75	36	175
146	<i>Ploceus nigricollis</i> (Vieillot, 1805)	Tisserin à cou noir	LC	R		f			41	31	44	116
147	<i>Ploceus cucullatus</i> (Müller, 1776)	Tisserin gendarme	LC	R		f			124	139	208	471
148	<i>Ploceus nigerrimus</i> Vieillot, 1819	Tisserin noir	LC	R	GC	f			98	87	98	283
149	<i>Malimbus scutatus</i> (Cassin, 1849)	Malimbe à queue rouge	LC	R	GC	f		AO	27	35	37	99
150	<i>Malimbus rubricollis</i> (Swainson, 1838)	Malimbe à tête rouge	LC	R	GC	f			23	28	31	82
ESTRILIDAE (6)												
151	<i>Lagonosticta senegala</i> (Linnaeus, 1766)	Amarante du Sénégal	LC	R		f				27	27	54
152	<i>Estrilda melpoda</i> (Vieillot, 1817)	Astrild à joues oranges	LC	R		f			54	58	33	145
153	<i>Nigrita canicapillus</i> (Strickland, 1841)	Nigrette à calotte grise	LC	R		f			23		28	51
154	<i>Spermestes cucullatus</i> (Swainson, 1837)	Capucin nonnette	LC	R		f			104	132	104	340
155	<i>Spermestes bicolor</i> (Fraser, 1843)	Capucin bicolore	LC	R		f			31	34	52	117
156	<i>Spermestes fringilloides</i> (Lafresnaye, 1835)	Capucin pie	LC	R		f			17	19		36
VIDUIDAE (1)												
157	<i>Vidua macroura</i> (Pallas, 1764)	Veuve dominicaine	LC	R		f			16	20	20	56
PASSERIDAE (1)												
158	<i>Passer griseus</i> (Vieillot, 1817)	Moineau gris	LC	R		f			43	57	36	136
MOTACILLIDAE (3)												
159	<i>Anthus trivialis</i> (Linnaeus, 1758)	Pipit des arbres	LC	P		F			32	31	42	105
160	<i>Anthus leucophrys</i> (Vieillot, 1818)	Pipit à dos uni	LC	R		F				29		29
161	<i>Motacilla flava</i> (Linnaeus, 1758)	Bergeronnette printanière	LC	P		f			21		32	53
Nombre d'espèces (Rs)									138	139	141	161
Nombre total d'individus (N)									4605	4172	3908	12685
Indice de Shannon (H')									4,7	4,66	4,63	4,75
Indice d'Equitabilité (E)									0,95	0,94	0,93	0,93

EC: Effectif cumulé; **SB:** Statut biogéographique; **HP:** Habitat préférentiel; **R:** Résident; **M:** Migrateur intra-africain; **P:** Migrateur du paléarctique. **SC:** Statut de conservation; **LC:** Préoccupation mineur; **Rs:** Richesse spécifique; **H':** Indice de Shannon; **E:** Indice d'Equitabilité; **NT:** quasi menacé; **Bio:** biome; **SG:** espèce appartenant au biome de la savane soudano-guinéenne; **GC:** espèce appartenant au biome de la forêt guinéo-congolaise.; **SN:** Secteur Nord; **SM:** Secteur médian; **SS:** Secteur Sud; **VU:** Espèces vulnérable **NB:** Espèces nocturnes en minuscule et en gras; L'ordre des Non-Passériformes: en majuscule, en bleu et en gras.



Columbar à front nu *Treron calvus*
29N0688653/ UTM 820979 (Secteur médian)



Rolle violet *Eurystomus glaucurus*
29N0688731/ UTM 820496 (Secteur médian)



Calao longibande *Lophoceros semifasciatus*
29N0689098/ UTM 819948 (Secteur sud)



Bulbul des jardins *Pycnonotus barbatus*
29N0687320/ UTM 819926 (Secteur sud)



Coucal du Sénégal *Centropus senegalensis*
29N0691606/ UTM 0821125 (Secteur médian)



Rollier à ventre bleu *Coracias cyanogaster*
29N0687320/ UTM 819926 (Secteur sud)

Fig. 3. Photographies de quelques espèces d'oiseaux rencontrées dans les secteurs

5 DISCUSSION

Il ressort de ces travaux que l'avifaune des sites étudiés est riche et diversifiée de 161 espèces d'oiseaux appartenant à 47 familles et 16 ordres. Cette richesse spécifique représente 20,96% des 768 espèces rencontrées en Côte d'Ivoire [36]. Les familles les plus diversifiées de la zone sont celles des Accipitridae et des Cisticolidae avec respectivement 10 et 9 espèces. La

prédominance de ces familles se justifierait par le fait qu'elles comportent un grand nombre d'espèces d'oiseaux inféodées aux milieux ouverts car la majorité des habitats inventoriés est dégradée. Nos propos sont soutenus par ceux de [21] lors des inventaires avifauniques sur le campus universitaire Jean Lorougnon Guédé de Daloa. En outre, les valeurs très élevées des indices de diversité de Shannon-Weaver et d'équitabilité de Pielou ($H' = 4,75$; $E = 0,93$) suggèrent que cette zone offre une diversité d'habitats et une bonne répartition des espèces. La diversité de l'habitat est liée à la composition végétale assez variée de la zone d'étude, car la diversité de la végétation influe sur les communautés d'oiseaux [37], [38]. De facto, cette zone de Guezon offrirait une diversité de ressources alimentaires aux espèces d'oiseaux qui y sont présentes. En effet, la présence d'une rivière qui entoure la zone de Guezon, les petits points d'eau (lac), les plantations (cacaoyers, caféières, anacardiars...) et les bas-fonds attirent un grand nombre d'espèces d'oiseaux [5], [21]. Cette assertion est soutenue par les observations de [39] dans la commune de Cocody (Abidjan, soutenue Côte d'Ivoire). En termes de richesse spécifique, en comparaison avec les données obtenues dans d'autres sites urbains de Côte d'Ivoire, le nombre d'espèces d'oiseaux de la zone de Guezon est plus élevé que celui (73 espèces) du milieu urbain de la commune de Cocody [39], que celui (105 espèces) du campus universitaire Jean Lorougnon Guédé de Daloa [21] et que celui (101 espèces) obtenu dans la ville de Yamoussoukro [5]. Toutefois, la diversité observée au cours de notre étude est moins élevée que celle (165 espèces) obtenue par [40] lors de l'étude de la biodiversité urbaine de la zone humide d'importance internationale de Grand-Bassam. Ces différences s'expliquent par la complémentarité des méthodes utilisées et aussi par l'intensité des pressions anthropiques.

Pour ce qui concerne le statut biogéographique, les espèces résidentes dominent avec 84% du peuplement en oiseaux contrairement aux espèces migratrices qui renferment 11 %. En effet, cette différence au niveau biogéographique pourrait s'expliquer par la période de nos observations quantitatives. Elles se sont réalisées de d'avril à mai correspondant à la fin de la saison des migrations en Côte d'Ivoire, dont le pic est atteint en janvier-février. Ces visiteurs pour la plupart, se déplacent en réponse à des besoins biologiques, tels que la nécessité de trouver un site favorable à leur reproduction et à l'élevage de leurs jeunes ainsi que les zones où ils peuvent s'alimenter [41]. Les espèces résidentes sont majoritaires parce qu'elles sont présentes dans la région durant toutes les saisons de l'année. La dominance des espèces d'oiseaux généralistes de forêt (60,87 %) par rapport aux espèces spécialistes de forêt (6,21 %) pourrait être la preuve d'une anthropisation de plus en plus prononcée de cette localité et de sa périphérie [13], [18].

6 CONCLUSION

La zone de Guezon renferme en définitive un peuplement avifaunique de 12685 individus de 161 espèces d'oiseaux réparties entre 47 familles de 16 ordres. Les Non-Passeriformes sont les plus diversifiés, soit 53,32%. Quant aux Passeriformes, ils représentent 46,77% de l'effectif total d'oiseaux avec 5921 individus de 64 espèces appartenant à 21 familles. Les espèces les plus dominantes sont *Ploceus cucullatus* (471 individus), *Spermestes cucullatus* (340 d'individus), *Egretta intermedia* (327 individus), *Bubulcus ibis* (316 individus) et *Streptopelia semitorquata* (212 individus). *Bycanistes cylindricus* de la catégorie *Vulnérable* (VU), est la seule espèce à protection d'intérêt mondial observée dans la zone. En outre, elle héberge trois espèces à répartition restreinte (*Bycanistes cylindricus*, *Apalis sharpii* et *Hylopsar cupreocauda*) et six espèces (*Pogonornis dubius*, *Batis senegalensis*, *Chalcomitra adelberti*, *Bycanistes cylindricus*, *Apalis sharpii* et *Hylopsar cupreocauda*) endémiques à l'Afrique de l'Ouest. Il a été également noté la présence de 18 espèces du biome des forêts guinéo-congolaises (GC) et cinq espèces (*Musophaga violacea*, *Merops bullocki*, *Coracias cyanogaster*, *Pogonornis dubius* et *Eremomela pusilla*) du biome des savanes soudano-guinéennes (SG). Les espèces résidentes sont les plus diversifiées avec 83,85% du peuplement global de la zone d'étude. En termes d'habitats préférentiels, les espèces généralistes des forêts (F) sont les mieux représentées avec 60,87% ($N = 98$) de la richesse spécifique de cette zone. *Spermestes cucullatus*, *Egretta intermedia* et *Bubulcus ibis* sont les espèces d'oiseaux les plus dominantes avec des effectifs respectifs de 340, 327 et 316 individus.

REFERENCES

- [1] N. Gueulou, B. Coulibaly, N. D. Ouattara, A. K. N'Guessan, A. Ahoba et A. Bakayoko. Modes de gestion et efficacité de conservation des reliques de forêts naturelles en zone tropicale sèche: cas du Département de Korhogo (Nord, Côte d'Ivoire), *International Journal of Biological and Chemical Sciences*, 13 (7): 3332-3346, 2019.
- [2] J. M. Thiollay. The declines of raptors in West Africa: long-term assessment and the role of protected areas. *Ibis*, 148: 240-254, 2006.
- [3] F. Lauginie. Conservation de la Nature et des Aires Protégées en Côte d'Ivoire. NEI/Hachette et Afrique Nature, Abidjan (Côte d'Ivoire). 668 p, 2007.
- [4] M. Khaffou, A. Chalaoui et M. Samih. Les habitats utilisés par le Tadorne casarca (*Tadorna ferruginea*) dans la zone humide d'Aguelmam Sidi Ali-Site Ramsar-Moyen Atlas Maroc. *International Journal of Biological and Chemical Sciences*, 7: 598-606, 2013.

- [5] E. M. Konan, H. K. Yaokokoré-Béibro, K. P. Kouadio, K. S. G. Odoukpé et B. T. M. Koué Bi. Avifaune d'un milieu forestier perturbé par la cacaoculture au centre-ouest de la Côte d'Ivoire: la Forêt Classée de la Téné. *Agronomie Africaine*, 27 (3): 189 – 200, 2015.
- [6] Conservation International. De la forêt à la mer: Les liens de la biodiversité de la Guinée au Togo. Conservation International, Washington (USA). 78 pp, 2001.
- [7] H. Rainey et O. Lachenaud. Recent bird observation from Ivory Coast, *Malimbus*, 24: 23-36, 2002.
- [8] M. Waltert, K. H. Yaokokoré-Béibro, M. Mühlenberg et W. E. Waitkuwait. Preliminary check-list of the birds of the Bossématié area, Ivory Coast, *Malimbus*, 21: 93-109, 1999.
- [9] J-L. Martin et J-Cl. Thibault. Les oiseaux de la réserve naturelle de Scandola (Corse): inventaire et structure des peuplements. *Bulletin Ecologique*, 14 (4): 279-296, 1983.
- [10] Th. K. Gottschalk, K. Ekschmitt et F. Bairlein. Relationships between vegetation and bird community composition in grasslands of the Serengeti. *Africa o. Journal. Ecology.*, 45 (4): 557-56, 2007.
- [11] J. Fonderflick. Conséquences de la fermeture et de la fragmentation des milieux ouverts sur l'avifaune nicheuse des Causses. Thèse de Doctorat. Ecole doctorale: Systèmes intégrés, Environnement et Biodiversité, Sciences de la vie et de la terre, Université de Montpellier (France), 211 p, 2009.
- [12] K. H. Yaokokoré-Béibro. Avifaune des forêts classées de l'Est de la Côte d'Ivoire: données sur l'écologie des espèces et effet de la déforestation sur les peuplements. Cas des forêts classées de la Béki et de la Bossématié (Abengourou). Thèse de Doctorat en Ecologie Animale. Université de Cocody, Abidjan (Côte d'Ivoire), 245 p, 2001.
- [13] K. H. Yaokokoré-Béibro. Oiseaux du Parc National des Iles Ehotilé, sud-est Côte d'Ivoire. *Malimbus*, 32: 89-102, 2010.
- [14] K. H. Yaokokoré-Béibro, K. P. Kouadio, E. S. Assa, E. M. Konan et K. S. G. Odoukpé. Diversité des oiseaux du sous-bois du parc national du Banco, Abidjan (Côte d'Ivoire). *Revue Ivoirienne des Sciences et Technologie*, 24: 196-212, 2014.
- [15] D. B. Ahon. Peuplement en rapaces de la zone forestière côtière de Côte d'Ivoire: distribution, statut de conservation et sensibilité de la Chouette-pêcheuse rousse *Scotopelia ussheri* (SHARPE, 1871) à la repasse de sa vocalisation. Thèse de Doctorat en Ecologie Animale, Université Félix Houphouët-Boigny, Abidjan, (Côte d'Ivoire), 145 p, 2010.
- [16] D. B. Ahon, K. L. Kouassi, G. M. Zéan, J-C. K. Béné et Tano Y. Inventaires préliminaires des oiseaux de la Réserve de Flore et de Faune du Haut Bandama, Centre-Nord, Côte d'Ivoire. *Afrique SCIENCE*, 17 (4): 48–62, 2020a.
- [17] K. J-Y. Missa, D. B. Ahon, G. M. Zéan et J-C. K. Béné. Etat actuel du peuplement et de la distribution des rapaces dans la réserve de faune d'Abokouamékro (Centre de la Côte d'Ivoire). *International Journal of Innovation and Scientific Research*, 52 (1): 149-160, 2020.
- [18] G. M. Zéan, D. B. Ahon & J-C. K. Béné. Birds diversity of the Bouafle Classified Forest (Central-western of Côte d'Ivoire). *International Journal of Current Research in Biosciences and Plant Biology*, 7 (11): 1-13, 2020.
- [19] M. F. Gueye. Inventaire ornithologique d'un milieu urbain côtier de Côte d'Ivoire: cas de la ville de Grand-Bassam. Mémoire de DEA d'écologie tropicale animale, Université Félix HOUPHOUET BOIGNY, Abidjan (Côte d'Ivoire), 54 p, 2013.
- [20] T. M. Koué Bi, K. H. Yaokokoré-Béibro, E. M. Konan, S.G. K. Odoukpé et K. P. Kouassi. Oiseaux comme outils d'initiation à la connaissance de la faune et du développement de la personnalité chez les Gouro de la Marahoué, centre ouest de la Cote d'Ivoire. *Journal of Applied Biosciences*, 89: 8337–8347, 2015.
- [21] G. M. Zéan, D. B. Ahon et J-C. K. Béné. Peuplement avifaunique du Campus Universitaire Jean Lorougnon Guédé, Daloa et sa périphérie (Centre-Ouest de la Côte d'Ivoire). *International Journal of Biological and Chemical Sciences*, 12 (6): 2503-2518, 2018.
- [22] D. B. Ahon, W. M. Egnankou et Y. Tano. Nocturnal raptors populations in the coastal forest area of Côte d'Ivoire. *International Invention of Scientific Journal*, 4 (11): 1533–1543, 2020c.
- [23] D. B. Ahon et G. M. Zéan. Avian biodiversity in the Guessabo wetland, Centre - West of Côte d'Ivoire. *Journal of Entomology and Zoology Studies*, 8 (6): 270-278, 2020.
- [24] D. B. Ahon, M. M. Camara, N. E. Assemian, B. Kadjo et G. M. Zéan. Avifaunal diversity of the biodiversity conservation area of the Soubre hydroelectric dam (south-west, Côte d'Ivoire). *Journal of Global Biosciences*, 9 (5): 7320-7338, 2020b.
- [25] Y. S. Koné, S. G. K. Odoukpé, M. F. Gueye et K. H. Yaokokoré-Béibro. Biodiversité des oiseaux d'eau de la lagune Ebrié (Côte d'Ivoire). *Science de la vie, de la terre et agronomie*, 8 (1): 2424-7235, 2020.
- [26] B. L. Sarambé, D. B. Ahon, G. M. Zéan, W. M. Egnankou, J-C. K. Béné et Y. Tano. Diversity and abundance of water birds in the Guessabo wetland (Central-western Côte d'Ivoire). *International Journal of Biosciences*, 17 (6): 162 – 172, 2020.
- [27] K. H. Yaokokoré-Béibro, E. M. Konan et K. P. Kouadio. Diversité et abondance des oiseaux de la Forêt Classée de la Téné, Centre-Ouest Côte d'Ivoire. *Journal of Animal & Plant Sciences*, 24: 1-11, 2015a.
- [28] K. H. Yaokokoré-Béibro, E. M. Konan et K. P. Kouadio. Diversité et abondance des oiseaux de la forêt classée de la Téné, Centre-Ouest Côte d'Ivoire. *Journal of Animal & Sciences*, 24: 1-11, 2015c.
- [29] H. J. Sey. Langues locales et communication pour la santé publique en pays Wê et Dan en Côte d'Ivoire. Thèse de Doctorat en communication pour le développement (IEC/CCC/CD). Université Félix Houphouët-Boigny, Abidjan (Côte d'Ivoire), 392 p, 2017.

- [30] Y. Monnier. Carte de la végétation de la Côte d'Ivoire. In: Vennetier, P. & G. Laclavere (ed.), Atlas de Côte d'Ivoire, éd. 2. *Jeune Afrique*, Paris (France), 1983.
- [31] N. Borrow et R. Demey. Field guide to the birds of Western Africa. Christopher Helm, London, England, UK, 511 p, 2008.
- [32] UICN. IUCN Red List of Threatened Species, Version 2015, 2, [En ligne], URL: <http://www.iucnredlist.org>, Consulté le 24/05/2022, 2021.
- [33] L. Bennun, C. Dranzoa et D. Pomeroy. The forest birds of Kenya and Ouganda. *Journal East Africa Natural History*, 85: 23–48, 1996.
- [34] J. Stattersfield, M. J. Crosby, A. J. Long et D. C. Wege. Endemic Bird Areas of the World: Priorities for Biodiversity Conservation. BirdLife International. Cambridge, UK. Series, 7: 846 p, 1998.
- [35] D. Lepage. Liste des oiseaux de Côte d'Ivoire. Avibase, la base de données mondiale des oiseaux. Consulté sur <https://avibase.bsc-eoc.org>, le 30/06/2022, 2022.
- [36] BirdLife International. Species factsheets. www.birdlife.org/datazone. Consulté le 12/05/2022, 2017.
- [37] O. T. Loughégnon. Caractérisation morphologique des Oiseaux forestiers du sous-bois du sud du Bénin. *Ahoho*: 30-41, 2012.
- [38] Benjara, L. Raveloson, A. René De Roland, T. Andriamalala, M. Rakotondratsima et L.-A. René De Roland. Sélection de l'habitat de nidification des Passereaux dans la forêt humide fragmentée de l'aire protégée de Bemanevika (Nord-Ouest de Madagascar). *Bulletin de la Société zoologique de France*, 145 (3): 311-323, 2020.
- [39] K. H. Yaokokoré-Béibro, S. Y. Koné, S. G. K. Odoukpé et F. M. Guèye. Avifaune d'un milieu marécageux urbain dans la commune de Cocody (Abidjan, Côte d'Ivoire). *International Journal of Innovation and Scientific Research*, 18 (1): 1-10, 2015d.
- [40] K. H. Yaokokoré-Béibro, F. M. Guèye, Y. S. Koné et S. G. K. Odoukpé. Biodiversité urbaine des Oiseaux dans la Zone humide d'Importance Internationale de Grand-Bassam (Sud-Est de la Côte d'Ivoire). *International Journal of Innovation and Applied Studies*, 11 (2): 339-349, 2015b.
- [41] T. Dodman. Stratégie préliminaire pour le suivi des oiseaux d'eau en Afrique. Wetlands International, 178 p, 1997.

Connaissances locales et Savoirs endogènes des populations sur des plantes dans la biosphère du W: Un facteur de préservation de la diversité floristique

[Local knowledge and people's endogenous knowledge of plants in the W biosphere: A factor in preserving floristic diversity]

Mamadou Kone Moustapha¹, Douma Soumana², and Chaibou Niandou³

¹Maître assistant, Département de géographie, Faculté de lettres et Sciences Humaines, Université Abdou Moumouni, BP 418 Niamey, Niger

²MC au Laboratoire Garba Mounkaila, Université Abdou Moumouni, Faculté des Sciences et Techniques, B. P 10662 Niamey, Niger

³Assistant, Département de Linguistique et Science du langage, Faculté de lettres et Sciences Humaines, Université Abdou Moumouni (UAM), BP 418 Niamey, Niger

Copyright © 2024 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: As in all regions of Niger, the floral resource is subject to various levies by the different communities in the W Park biosphere reserve. To exploit this resource, local populations have developed a body of knowledge and techniques handed down from generation to generation. This knowledge and know-how varies according to the environment, socio-cultural considerations and plant potential of each locality. This study focuses on local people's knowledge of the flora and techniques for processing harvested products from the Parc du W reserve. These questions are addressed through an inventory of known and used flora resources, the identification of people's knowledge and know-how in terms of the use of flora resources and harvested products in the Parc du W biosphere reserve, and the processing techniques for harvested products. The results reveal a multiple and multifaceted use of flora in fields as varied as food, traditional pharmacopoeia, cultural practices and domestic use. Gathering appears in the biosphere as a daily practice for these populations and, depending on the context and the type of plant, ensures the survival of the local population.

KEYWORDS: local knowledge, flora, endogenous knowledge, biosphere reserve, harvested products.

RESUME: A l'instar de toutes les régions du Niger, la ressource floristique fait l'objet de ponctions diverses par les différentes communautés dans la réserve de biosphère du Parc du W. Pour l'exploiter, les populations locales ont mis en place un ensemble de connaissances et de techniques transmises de génération en génération. Ces savoirs et savoir-faire déployés dans le cadre de l'usage de la flore varient en fonction des milieux, des considérations socio culturelles et des potentialités végétales de chaque localité. Cette étude porte sur les connaissances des populations locales sur la flore et les techniques de transformation des produits de cueillette issues de la réserve du Parc du W. Ces questions sont abordées à travers l'inventaire des ressources floristiques connues et utilisées, l'identification des connaissances et savoirs faire des populations en matière d'utilisation des ressources floristiques et des produits de cueillette dans la réserve de biosphère du Parc du W et enfin les techniques de transformation des produits de cueillettes. Les connaissances sont perçues à travers l'usage, le discours et le comportement vis-à-vis de cette flore. Les résultats révèlent un usage multiple et multiforme de la flore dans des domaines aussi variés que celui de l'alimentation, de la pharmacopée traditionnelle, des pratiques culturelles ou de l'usage domestique. La cueillette apparaît dans la biosphère comme une pratique quotidienne pour ces populations et assure selon le contexte et les acteurs des fonctions diverses.

MOTS-CLEFS: connaissances locales, flore, savoirs endogènes, réserve de biosphère, produits de cueillette.

1 INTRODUCTION

Depuis le Sommet de la Terre en 1992 sur l'environnement, la préservation de la biodiversité qui prend en compte des besoins des populations locales est devenue une préoccupation majeure (Inoussa *et al.*, 2013). Ceux-ci passent aussi par le droit des populations tribales à préserver leurs territoires et leurs modes de vie dans des espaces soustraits à la déprédation des ressources naturelles non renouvelables. Pour y parvenir, face aux échecs des politiques environnementales nationales, le regard se tourne de plus en plus vers les valorisations des acquis (savoirs et pratiques) des sociétés traditionnelles en matière d'exploitation raisonnée de ressources floristiques et produits de cueillettes. S'agissant des savoirs des populations les auteurs anglophones parlent de "*indigenous knowledges*". Les ethnologues et anthropologues américains ont commencé à s'intéresser aux savoirs locaux au cours des années 1950 (Roué, 2012). Cette activité multiséculaire est une des toutes premières pratiquées par les hommes pour survivre. Elle continue à être exercée de nos jours par certaines sociétés, parfois pour les mêmes raisons, sous des formes multiples. Le Niger recèle d'importantes potentialités en matière de diversité biologique comme l'indique l'inventaire des éléments constitutifs réalisé en 1998 comportant la liste des écosystèmes et de la diversité inter et intra spécifique de la flore et de la faune (Saadou, 1998; Alzouma, 1998). En effet, au niveau des espèces végétales on dénombre 2274 espèces végétales dont 468 espèces, soit 21,8% sont exploitées par l'homme dans des domaines aussi variés que l'alimentation, la préservation de la santé, la construction de l'habitat, l'artisanat, la culture Saadou (1998). Ces ressources constituent une source et un réservoir potentiel de produits alimentaires pour les populations qui y font recours surtout durant les périodes de faible disponibilité en vivres. Elles sont sources de nourriture (Taita, 2003), de fourrage (Le Houerou 1980, Breman *et al.* 1991), de médicament (Zerbo *et al.*, 2011), d'énergie (Benjaminsen, 1996 et Ganaba *et al.*, 2005), de revenus et procurent aussi du matériel de construction (Ganaba *et al.*, 2005), des fibres etc, en ce sens que les espèces forestières contribuent à la sécurité alimentaire et à la lutte contre la pauvreté. En effet, cette pauvreté touche 66 % des habitants des zones rurales et 36 % vivent en dessous du seuil d'extrême pauvreté (DSRP, 2001). Cette pauvreté en milieu rural, se caractérise notamment par un très faible accès aux services sociaux de base, particulièrement l'accès aux soins de santé primaire. Actuellement, on estime à 80 % la population qui se soigne en faisant appel à la phytothérapie. (Cadet, 2022). Cette situation s'explique par la faible couverture en infrastructures sanitaires mais aussi parce que ces populations n'ont pas souvent les moyens matériels pour accéder aux avantages de la médecine conventionnelle. En outre, le Niger connaît de façon récurrente des crises alimentaires, on constate de ce fait qu'une grande diversité de fruits comestibles, d'herbacées sont utilisées dans l'alimentation. Au cours des décennies, des milliers d'espèces de plantes identifiées, utilisées et dénommées par l'homme selon les usages. De ce fait les populations rurales au Niger comme partout ont accumulé des connaissances riches et variées. Elles détiennent ainsi des connaissances utiles sur leur milieu écologique. Ces connaissances accumulées par les paysans dans les différentes régions du monde sont aujourd'hui appelées « savoirs locaux », « savoirs traditionnels », « savoirs profanes » ou encore « savoirs endogènes ». Ces valeurs traditionnelles sont présentes dans tous les milieux et influencent fortement les pratiques sociales. En effet, certaines pratiques traditionnelles sont reconnues très efficaces pour la préservation et la restauration des sols¹, d'autres jouent un rôle déterminant dans la prévision saisonnière traditionnelle à partir d'indications biophysiques. On peut également noter la place des savoirs locaux sur la flore dans la pharmacopée traditionnelle. En effet le système de soin en milieu rural est basé en grande partie sur les connaissances endogènes des populations sur la flore. Les populations rurales disposent d'une nomenclature détaillée des plantes, possèdent des moyens pour diagnostiquer et traiter des maladies humaines et animales. Elles choisissent des techniques de cultures adaptées aux différents types de sols. C'est pourquoi à partir des années 1980, les savoirs locaux ont commencé à retenir l'attention d'un public scientifique provenant de diverses disciplines académiques. Plusieurs débats ont eu lieu sur le rôle et la place des savoirs et savoirs faire locaux notamment dans le domaine de la préservation de la biodiversité. Cela a eu pour résultat la réhabilitation des « pratiques paysannes » et des « usages traditionnels ». Il y a donc nécessité de mener des recherches sur les savoirs endogènes des populations en matière de transformation et d'utilisation de la flore et des produits de cueillette.

C'est pour toutes ces raisons qu'une étude sur les connaissances des populations locales sur la flore et les produits de cueillette issus de la réserve de biosphère est utile. Cet article présente un travail préliminaire sur une portion des techniques et savoirs développés dans le cadre de l'usage de la ressource floristique dans la réserve de Biosphère du W. Ces résultats portent sur des connaissances des populations périphériques de la réserve de biosphère sur les ressources floristiques dans la réserve du W, les rapports et comportements adaptés par ces populations vis-à-vis de cette ressource floristiques. L'enquête qualitative s'est basée sur l'observation, l'analyse du discours et la toponymie, l'inventaire de ressources floristiques connues et utilisées et des techniques de transformation de ces ressources. Les résultats portent sur l'identification non exhaustif des connaissances et savoir-faire des populations en matière d'utilisation des ressources floristiques et des produits de cueillette, l'identification des techniques de transformation des produits de cueillettes.

¹ On peut citer le « Zai ou tassa » au Niger comme technique traditionnelle très efficace de récupération des sols. Cependant dans certains cas ces pratiques ont été améliorées.

2 MATÉRIEL ET MÉTHODES

2.1 SITE D'ÉTUDE

La réserve de biosphère du W s'étend sur l'Ouest du Niger dans la région de Dosso et Tillabéri compris entre 0,06° et 4, 64° de longitude Est et 11,70° de latitude Nord. C'est une zone de brassage de population où coexistent, souvent en communautés mixtes, plusieurs ethnies: Zarma, Fulaani, Gurmance, Hausa, Fulmangani (métissage entre Fulaani et Gurmance). L'accroissement assez élevé de la population dans la biosphère s'est naturellement traduit par une forte pression sur les ressources naturelles notamment les ressources floristiques. Say et Boboye ont été concerné par cette étude. Les recherches ont été menées à Boumba et ses terroirs voisins sur la rive droite Lubaaie, Mayrey-kwaara et Kwaara-margu sur la rive gauche.

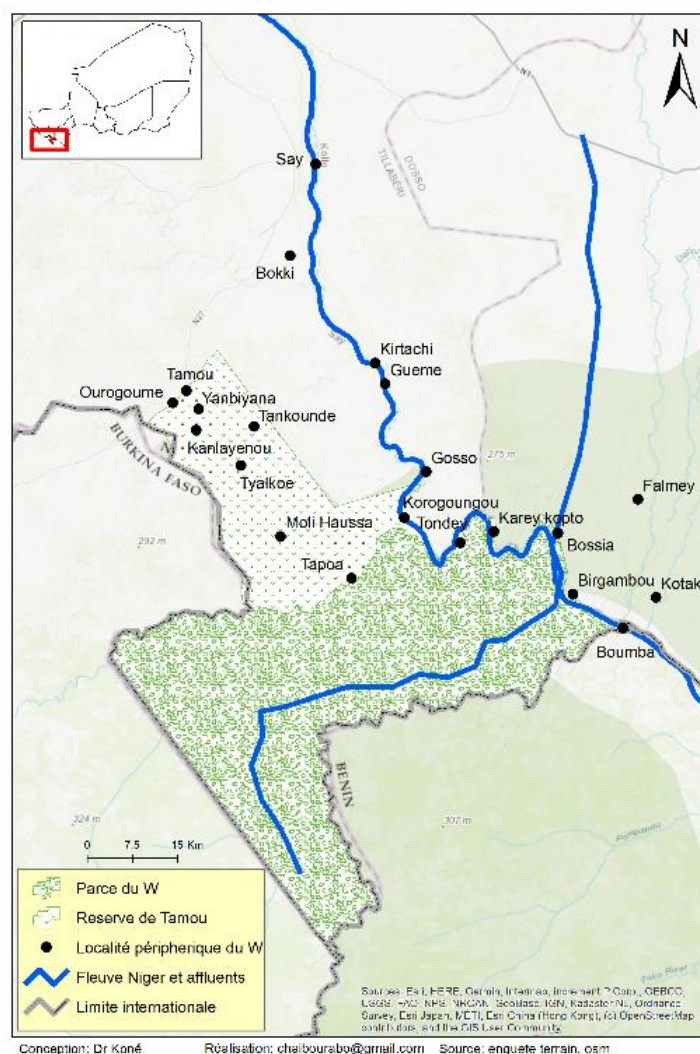


Fig. 1. Carte de localisation des villages cibles

2.2 COLLECTE DES DONNÉES SUR LE TERRAIN

Le travail de terrain a été une phase fondamentale, elle a permis d'observer les différents usages, de recueillir les connaissances des populations sur les plantes et d'identifier les produits de cueillette issus de la réserve. En ce qui concerne l'échantillonnage, nous avons dans un premier temps constitué l'échantillon en tenant compte du zonage de la réserve de biosphère du W en trois niveaux:

La zone centrale (sanctuaire de la biodiversité) constituée par le parc W où en principe, selon la législation toute activité d'exploitation est prohibée. Cette zone est soustraite à toute activité humaine à l'exception des activités de recherche, de surveillance continue ou de vision. Pour cette raison, nous avons exclu cette zone de notre champ d'étude.

La zone tampon qui correspond à la partie jouxtant la zone centrale, c'est-à-dire la périphérie immédiate de la réserve totale de faune de Tamou. Nous avons administré un certain nombre de questionnaires et mené des entretiens dirigés dans le village de Kwaara-margu constitué de plusieurs hameaux contigus au Parc du W.

La zone de transition qui englobe la réserve totale de faune de Tamou, la zone déclassée, la réserve partielle de Dosso à la zone Girafe et au corridor génétique. Nous avons choisi deux villages situés dans la zone déclassée. Les enquêtes ont été menées à Lubaaje et à Mawrey-kwaara situés tous les deux à moins de trente Km du Parc du W dans la zone déclassée « *Ainoma* ». Les séjours prolongés dans cette partie de la réserve, ont permis d'observer comment la flore est utilisée et quelles sont les ressources floristiques qui sont concernées. Nous avons mené nos enquêtes au niveau de Boumba et ses deux terroirs voisins: Gongay et Djébou. Cette partie de la biosphère du Parc du W a été choisie principalement pour deux raisons: d'une part à cause de sa position méridionale dans l'extrême sud du Boboye et faisant largement face au Parc W offrant ainsi la possibilité de faire la cueillette de deux côtés de la rive et d'autre part du fait de la présence des parcs agro forestiers de *Vitellaria paradoxa*, *Borassus aethiopum*, *Neocarya macrophylla* et *Adansonia digitata*. La présence en abondance du *Vitellaria paradoxa* faisant l'objet de multi-usages a donné l'opportunité d'étudier la transformation d'un produit de cueillette, faite jusqu'ici de façon artisanale pour la production traditionnelle du beurre de karité. Boumba offre aussi la possibilité d'identifier la flore disparue dans le terroir mais présente sur l'autre rive du fleuve au Bénin et dans le Parc. Il faut noter aussi que compte tenu d'une situation pluviométrique assez favorable, on y dénombre une grande variété de ressources floristiques d'où la pratique multiforme d'une activité de cueillette plus ou moins soutenue en fonction des périodes de l'année. Les questionnaires et entretiens ont été effectués dans un certain nombre de villages cibles faisant partie de la biosphère du W. Ces derniers ont été choisis aussi bien sur la rive gauche que la rive droite du fleuve Niger. Pour avoir une idée de la diversité des produits de cueillette commercialisés, nous nous sommes rendus également au niveau des marchés hebdomadaires de Boumba, Falmey sur la rive gauche et Guémé, Wailagorou sur la rive droite.

2.3 COLLECTE DES DONNÉES

Au préalable une pré-enquête a été effectuée à Boumba ce qui a permis de mieux cerner le champ d'étude et peaufiner le questionnaire afin de mieux cibler les personnes ressources. Par la suite, des séjours ont été effectués à Boumba et à Loubadjé, Kwaara-margu et à Maoureykwara. Dans ces villages cibles nous avons procédé à une enquête ethnobotanique. Cette enquête a concerné des groupes cibles susceptibles de détenir des informations. Il s'est agi en premier lieu de personnes d'âge avancé, de femmes et de tradipraticiens sans exclure les autres personnes ressources détentrices de connaissances. Les différents types de données recueillies peuvent être résumés comme suit: L'inventaire des plantes qui font l'objet de cueillette dans la réserve de biosphère; Les connaissances des populations sur la flore et les autres produits de cueillette issus de la réserve; Le savoir-faire des populations en matière de transformation des produits de cueillette issus de la réserve. Les ligneux complètement disparus nous utilisons le sigle (**): les populations disent à ce propos « *zaari-mé muudu da ni na a ceeci, ni si duwa* » c'est-à-dire on peut chercher cet arbre durant une journée entière sans le trouver «qui sont rares (**), ou qui sont très rares et menacées de disparition (*). Le questionnaire a été utilisé pour recueillir les connaissances de la population sur la flore. En effet la méthode quantitative a été dans un premier temps privilégiée à travers des questionnaires élaborés pour recueillir le maximum d'informations sur les connaissances des populations sur la flore, à travers les usages, le discours mais aussi le comportement de la population vis-à-vis de la flore. Après une pré enquête d'une semaine à Boumba, nous nous sommes rendus compte des limites d'une telle méthode, en effet on constate après avoir administré trois à quatre questionnaires que les mêmes réponses se répètent à quelques différences près c'est pourquoi nous avons jugé judicieux de faire recours au group focus. Ces questionnaires ont été par la suite dépouillés manuellement et complétés par les informations obtenues lors des entretiens dirigés.

3 RÉSULTATS ET DISCUSSION

3.1 LA TOPONYMIE UTILISÉE, FONCTION DE LA FLORE, LES USAGES, LE DEGRÉ D'UTILITÉ OU DE NOCIVITÉ

Le cas du *Prosopis africana* localement appelé Zamtouri en langue zarma, littéralement arbre des forgerons, le nom nous renseigne sur l'usage mais aussi sur la catégorie socioprofessionnelle qui l'utilise le plus. *Crotalaria pallida*, weynogana en zarma « *birana* » en Haoussa. *littéralement suivre le soleil* nous renseigne sur l'usage éventuel qu'on peut faire de cette herbacée. On peut prendre aussi le cas de « *Nagui nya* » littéralement mère de poison en zarma, le nom dans ce cas nous renseigne sur les éventuelles utilisations de cette herbacée, il en est de même pour « *barikarisakanigangu* », « *Blepharis linavifolia* » en langue locale « *celui qui voyage à cheval ne dort pas ailleurs* » ceci pour dire que cette herbacée est une espèce à croissance extrêmement rapide. Le nom local de la graminée « *Guirbi iyé* » *Hyperlelea dissoluta* nous donne aussi une idée de la nature très peu consistante de cette herbacée. Dans la réserve de faune de Tamou on trouve en abondance une espèce appelée localement « *Suba moru* », littéralement « *demain c'est loin* », *Ziziphus mucronata*, elle renseigne sur les éventuels risques pouvant découler de la consommation des fruits de cet arbuste. On remarque donc que le choix du nom local de l'espèce n'est pas toujours fortuit, il est très souvent chargé de signification et peut renseigner sur la nature, sur les caractéristiques, sur les éventuels usages, ou encore sur la morphologie de la plante.

Un autre élément important est le comportement vis-à-vis de la ressource qui peut se traduire par une manière spécifique d'exploiter chaque espèce. On peut observer des attitudes conservatoires voire protectionnistes dans ses pratiques d'exploitation des ressources ce qui dénote d'une certaine connaissance de la ressource floristique. On constate également que les populations connaissent très souvent les limites écologiques de chaque espèce, les inter- relations entre les différentes espèces, leurs différentes périodes de fructification. A Boumba nous avons pu nous rendre compte que les populations connaissent très bien les périodes de fructification des arbres, les raisons qui expliquent la rareté des jeunes sujets de *Vitellaria paradoxa*, les inter-relations entre les différentes essences floristiques.

Beaucoup d'usages culturels se font avec certains organes du *Vitellaria paradoxa*, ainsi pour les femmes qui ont la malchance de d'assister à la mort de leurs maris de façon continue, il est de coutume de célébrer un "mariage symbolique" avec un arbre bien choisi de *Vitellaria paradoxa*. Si après la célébration du mariage l'arbre meurt, il apparaît alors très clairement aux yeux de la population que c'est cette femme qui est à l'origine de la mort de ses successifs maris et aux yeux de toutes ces dernières porte « malheur ». Il lui ait alors demandé de quitter le village avec interdiction formelle à quiconque de se marier avec elle au risque de subir le même sort que ces prédécesseurs.

3.2 SAVOIRS LOCAUX ET TECHNIQUES DE TRANSFORMATION DE PRODUITS DE CUEILLETTE: POUR LES BESOINS ALIMENTAIRES

Les savoirs développés pour transformer les herbacées, un certain nombre de ressources herbacées utilisées dans l'alimentation sont quotidiennement prélevées et transformées par les populations des villages enquêtés. Le tableau 1 énumère quatre des herbacées.

Tableau 1. Herbacées les plus transformées

	Nom scientifique	Nom local 2	Nom local 3	Nom local1	Organes utilisés
1	<i>Cassia tora</i>	<i>Panpade</i>	Konkoto	Ula	Feuilles
2	<i>Corchorus tridens</i>	<i>Nalanliyangou</i>	Gnipieni	Faku	Feuilles
3	<i>Gynandropsis gynandra</i>	<i>Poufaré</i>	Alfatou	Fubey	Feuilles
4	<i>Ceratotheca sesamoides</i>	<i>Hangou</i>	Hango	Gandafof	Feuilles

Ces herbacées sont très répandues aussi bien dans la zone tampon que dans la zone de transition. Elles font l'objet d'importants prélèvements pour la consommation familiale et jouent également un rôle très important dans les stratégies alimentaires de populations car consommées pendant les périodes de soudures. Elles font l'objet de commercialisation au niveau des marchés hebdomadaires et procurent des revenus importants aux populations locales. Ces produits sont fortement demandés sur le marché ce qui justifie le prélèvement et le stockage de grandes quantités par les différentes communautés résident dans la biosphère du W pour l'autoconsommation et pour la vente. Le couscous, plat local est appelé «*dambou*», c'est un repas à base de maïs ou de mil mélangé avec les feuilles des herbacées citées dans le tableau ci-dessus. On constate que la plupart des feuilles sont utilisées aussi bien pour la préparation du «*kopto*», plat à base de feuilles d'herbacées préparée et mélangées avec la pâte d'arachide ou des tourteaux d'arachide que du «*dambou* » appelé aussi «*gouni* ».

3.3 SAVOIRS DEVELOPPES POUR TRANSFORMER LES LIGNEUX POUR USAGE ALIMENTAIRE

Il s'agit principalement du *Vitellaria paradoxa*, *Parkia biglobosa*, *Ziziphus mauritiana*, du *Vitex doniana*, *Balanites aegyptiaca*. Le tableau 2 présente les ligneux qui font l'objet de transformation par les populations dans la biosphère du W.1. *Vitellaria paradoxa* (Karité) l'importance des parcs de cet arbre dans le terroir de Boumba permet aux femmes de récolter suffisamment de fruits de karité et de constituer des stocks importants de noyaux dont la grande quantité sera transformée en beurre de karité.

Tableau 2. Ressources ligneuses faisant l'objet de transformation

Nom scientifique	Nom local	Usage	Produits finis, nom local (zarma)
<i>Vitellaria paradoxa</i>	Bulanga	Alimentation, Cosmétique, thérapeutique	Bulanga gui
<i>Ziziphus mauritiana</i>	Darey	Alimentaire	Karmoussa
<i>Balanites aegyptiaca</i>	Garbey	Alimentaire	Bagadé
<i>Parkia biglobosa</i>	Dossonya	Alimentation	Akouli, dossomari
<i>Adansonia digitata</i>	kooka	Alimentation	Ko gna
<i>Ficus platyphylla</i>	Kobbe	Alimentation	kobe
<i>Leptadenia hastata</i>	Hanam	Alimentation	Kopto, gouni

Enquête terrain

Savoir de transformation du noyau des fruits du *Parkia biglosa* en *soumbala* (Dosso mari)

Cette préparation n’est pas très développée dans notre zone d’étude du fait du nombre relativement faible de pieds de *Parkia biglobosa*. En gros le noyau recueilli est pilé, puis elles le font bouillir à plusieurs reprises et le trempent dans de l’eau. Puis les femmes font sécher et tamiser le produit obtenu. Le résultat donne un ingrédient très apprécié par les femmes à cause du goût incomparable que ça donne à la sauce. L’amande des fruits du *Parkia biglobosa* sont transformées en farine puis conditionnées pour faire des boules, le produit obtenu est localement appelé « *akouli* » pour certains et « *loutou* » pour d’autres. On le retrouve en vente au niveau des marchés hebdomadaires.

Savoir de transformation de l’amande du fruit de *Balanites aegyptiaca* en pâte « *bagadé* »

Les noyaux sont pilés afin d’extraire toute l’amande contenue dans les fruits du dattier du désert. L’amande est transformée en farine mélangée avec une farine de mil afin de préparer une pâte appelée localement « *bagadé* ». L’amande peut aussi être utilisée de plusieurs façons pour faire des sauces. Mais de cette préparation, selon les informations recueillies il ne reste que de souvenir. Jadis le noyau est trempé dans de l’eau très chaude ce qui permet d’extraire une huile utilisée comme pommade et l’écorce était utilisée comme savon.

Savoir de transformation du fruit de *Ziziphus mauritiana* (*karmoussa*)

Les femmes pilent les fruits de façon à extraire toute la substance qui recouvre le noyau. Cette farine est utilisée pour faire un couscous appelé localement « *karmoussa* ». Mais cette préparation est de moins en moins pratiquée.

Savoir de transformation des fruits du *Boscia senegalensis*, Anza localement « *Niébé du Zarmaganda* »

Le nom *Niébé du zarmaganda* en dit long sur l’usage de ces fruits. Ils sont notoirement connus comme des fruits de la famine. Dans toutes les contrées du Niger les femmes y font recours lors des périodes critiques, il en est de même dans la biosphère. Les fruits sont séchés puis pilés et trempés dans de l’eau pendant plusieurs jours pour diminuer la toxicité et rendre le goût supportable. Ensuite deux procédés sont suivis: bouillir ces fruits dans une marmite en introduisant des ingrédients comme le sel, le piment, le *soumbala*, bouillir suffisamment les fruits jusqu’à les ramollir complètement et les sortir de la marmite. Puis préparer ses fruits avec des ingrédients cités plus haut.

Savoir de transformation de calices de *Bombax costatum* en couscous

Les calices sont séchés puis broyés et le produit obtenu est utilisé pour préparer un couscous très apprécié par la population.

Savoir de transformation du *Ficus platyphylla* en « *pâte* »

Gamdji, *Ficus platyphylla* est utilisé de plusieurs façons pour les besoins alimentaires, les fruits sont comestibles et l’on peut également les utiliser de deux manières pour faire des plats: Prélever de préférence des fruits à peine murs et les faire bouillir de façon à les ramollir complètement. Puis les piler jusqu’à ce que ça se transforme complètement en pâte. Cette pâte est consommée généralement avec une sauce gluante. Prélever des fruits à peine murs, les piler puis préparer le met en y ajoutant des ingrédients (sel, piment, tourteaux et arachide). On peut tout simplement piler les fruits et les mettre dans la sauce.

3.4 SAVOIRS UTILISES POUR TRANSFORMER LES RESSOURCES FLORISTIQUES POUR USAGE DOMESTIQUE

3.4.1 LES LIGNEUX UTILISÉS PAR L’ARTISANAT

La fabrication des mortiers et pilons a été observée surtout dans la zone déclassée. Les espèces végétales utilisées sont surtout: *Lannea microcarpa*, *Bombax costatum*, *Prosopis africana* comme illustré dans le tableau 3.

Tableau 3. Les ligneux utilisés dans l’artisanat (fabrication de mortier et pilon)

Nom scientifique		Nom local	Usage
1	<i>Lannea microcarpa</i>	Falunfa	Mortier, pilon
2	<i>Bombax costatum</i>	Forogo	
3	<i>Prosopis Africana</i>	Zamtouri	

Dans le village de Loubadjé, ils utilisent surtout *Sclerocarya birrea* et *Lannea microcarpa*. Pour la fabrication des tabourets à cause de l'abondance de ces essences et de la qualité du bois. Pour la confection des chaises, tables, lits, c'est principalement le bois de *Combretum micranthum* qui est utilisé à cause de sa flexibilité et de son abondance dans les alentours de Wailagorou. Dans le tableau 4, sont résumés les ligneux les plus utilisés pour la fabrication des tabourets.

Tableau 4. Les ligneux utilisés dans l'artisanat (fabrication des tabourets)

N°	Nom scientifique	Nom local Zarma
1	<i>Sclerocarya birrea</i>	Dinay
2	<i>Bombax costatum</i>	Forogo
3	<i>Lannea microcarpa</i>	Falunfa

Les artisans qui sont pour la plupart des gourmantchés ou foulmangani choisissent les pieds de *Combretum micranthum* de qualité qu'ils coupent et entassent. Ils disposent des tiges de mil sur les branches et allument le feu. Ces branches sont par la suite piétinées de façon à les redresser pour qu'elles soient complètement droites. Puis, avec un couteau, l'écorce est enlevée et les branches taillées de façon à les rendre lisses. Les branches sont alors coupées et ajustées avec un matériel appelé « Kera » en Zarma et « Wapiétiga » en foulmangani. Les branches sont reliées entre elle, soit avec du fil de fer ou avec du fil en plastique. Cette activité est pratiquée durant toute la saison sèche et procure manifestement des revenus importants aux artisans. Les mêmes procédés décrits plus haut sont utilisés avec les branches assez fines du *Combretum micranthum* pour confectionner une diversité d'objets parmi lesquels des récipients. *Balanites aegyptiaca* « konkagabou » en (gulmancema) est utilisé pour la confection du matériel aratoire comme la daba. *Tolo*, *Pterocarpus erinaceus* cet arbre est fortement utilisé pour la fabrication de divers matériels comme les couteaux, le mortier. Dans la réserve de biosphère du Parc du W, les populations utilisent les nervures principales du *Borassus aethiopum* pour confectionner un instrument de pêche très efficace notamment du « ndouroutou Mali ».

3.4.2 LES GRAMINEES UTILISEES POUR LA FABRICATION DES SEICKOS

Les graminées comme *Cymbopogon giganteus* sont fortement utilisées notamment dans la construction des greniers mais les enquêtes ont révélées une utilisation du *Sida cordifolia* de plus en plus répandu sur la rive gauche de Allembaré à Guemé. Les graminées de *Cymbopogon giganteus* sont utilisées par les femmes peulh, pour confectionner des lits. Compte tenu de l'envahissement d'une bonne partie des jachères par cette plante, l'usage dans la confection des seickos pour la clôture est de nature à freiner un peu ce processus tout en permettant aux populations d'avoir une matière première en quantité et à portée de main. Il faut noter par ailleurs que ces seickos sont réputés très solides. Mais cette forme de valorisation du *Sida cordifolia* n'est pas observée dans les autres parties de la biosphère du Parc du W. Il existe des nombreux peuplements dans le terroir de Boumba et ses environs et dans tout le Boboye. *Hypheana thébaïque*, est l'arbre emblématique du Boboye pour ses utilisations multiples et multiformes: les feuilles sont travaillées aussi bien par les femmes (nattes, vans, récipients); les hommes (cordes; greniers) que par les enfants (chapeaux), des très jolis vans.

3.5 DISCUSSION

L'IDEE DE CONSERVATION EXISTE-ELLE CHEZ LES POPULATIONS DE LA BIOSPHERE DU W ?

A travers cette étude, nous avons essayé de vérifier l'existence de l'idée de conservation de la ressource floristique chez les populations de biosphère du Parc du W. La conservation a-t-elle véritablement un sens chez les populations de la biosphère du W ? Si ce comportement existe comment se manifeste-t-il ? A travers quoi peut-on lire ou percevoir l'existence d'un tel sentiment ? Comme Bernus a essayé de le vérifier dans son article sur l'arbre dans le nomad's land. Un séjour à Loubadjé, des discussions prolongées avec les populations de Kwaara-margu et de Wailagorou nous révèlent des comportements et attitudes qui laissent percevoir l'existence sous une forme ou une autre du souci de conservation de la ressource floristique. Dans le cas du village de Loubadjé, c'est le ton, la véhémence des critiques portés contre leurs voisins de Senokonkédji accusés de décimer la ressource floristique qui a attiré notre attention. Cela traduit un certain agacement et une colère à peine contenue ressentie par les populations de Loubadjé vis-à-vis des populations de Senokonkedji qu'ils accusent ouvertement de détruire la ressource floristique. Dans ces deux villages, à partir de ce que nous avons observé nous pouvons dire que l'idée de conservation existe. Plusieurs raisons justifient cette position. Les habitants de ces deux villages, ont fait part de toute leur désapprobation quant aux comportements des populations de Senokonkédji jugés irrespectueux vis-à-vis de la nature. Selon eux ces populations déciment tout, herbacées et ligneux sans se soucier des conséquences souvent irréversibles de

certaines de leurs pratiques sur la flore. Ainsi ils nous donnent l'exemple de la disparition de *Annona senegalensis*², qui existait en peuplement très dense dans les environs du village de Senokonkedji il y a quelques années mais qui, suite à une exploitation minière, a complètement disparu aujourd'hui. Selon les informations recueillies c'est surtout le prélèvement des racines de cet arbre, très utilisées dans la pharmacopée traditionnelle qui explique sa disparition. Il en est de même pour certaines herbacées très appréciées par les animaux comme *Diherotepogon harerupii*, en langue locale *haradam* en zarma ou garabal en peul. On observe chez ces populations gourmantché, foulmangani, et peulh ce que nous pouvons considérer comme un réel souci de préservation des ressources naturelles qui se traduit par une exploitation raisonnée de ses ressources qu'on peut observer dans le mode de déplacement du troupeau chez les peuls pasteurs, par un système d'émondage favorisant la régénération. Chez les agriculteurs, les pieds de certaines herbacées font l'objet de protection lors des labours. Le prélèvement des herbacées, feuilles sauces, ou feuilles légumes, est faite le plus souvent de manière à favoriser leur régénération. On peut observer que le prélèvement de *Ceratotheca sesamoides* se fait presque toujours de manière à favoriser la repousse des feuilles. Cette exploitation raisonnée de la ressource floristique de l'avis des populations de Loubadjé, Allembaré, Kwaaramargu n'est pas adoptée par les populations de Senokonkedji. A en croire les critiques des populations de Loubadjé à l'égard de celles de Senokonkedji, le souci de préserver la ressource végétale n'existe absolument pas chez ces pionniers Zarma venus du Zarmaganda. Pourquoi toutes ses critiques véhémentes ? Sont-elles fondées ? Les populations incriminées ne se livrent-elles pas à une exploitation minière des ressources naturelles pour satisfaire non pas leurs besoins propres, mais une forte demande du marché ?

Notre séjour dans le village de Maourey Kwara, a coïncidé avec le passage de charbonniers venant de Niamey spécialement pour brûler du bois, acheminer le charbon obtenu dans des sacs vers la ville pour le vendre. Il s'agit principalement des pieds morts du *Prosopis africana*. Le chef de village a fait part de sa décision de ne plus admettre de telles pratiques dans son village et de son désir de chasser définitivement ses charbonniers et leur interdire de revenir. Selon lui ce sont les réserves de bois qui doivent assurer le besoin des villageois que ces commerçants de Niamey viennent prélever pour vendre. Cette situation va un jour les obliger à couper les arbres vivants pour leurs propres besoins. Pour ne pas arriver à tels extrêmes il a décidé d'interdire le prélèvement dans les limites de son terroir. Cela ne dénote-t-il pas de l'existence sous une forme ou une autre d'un souci de conservation de la ressource floristique ? Dans le terroir de Boumba, les relevés floristiques ont permis de constater la présence de nombreuses touffes, des rejets et beaucoup de jeunes plants d'arbres dans les parcs agro forestiers. Le nombre important de ces jeunes plants permet de dire qu'ils font l'objet de protection de la part des propriétaires des champs. Cependant nous sommes dans la plupart des cas dans de logiques de parc sélectionné ou de façon délibérée certains ligneux sont protégés tandis que d'autres sont systématiquement éliminés.

On constate que la plupart des femmes de Boumba évitent d'arracher les fruits du *Vitellaria paradoxa* et préfèrent attendre que les fruits murs tombent pour pouvoir les ramasser. Cette pratique permet de ne pas stresser l'arbre mais aussi d'avoir des graines pour garantir la régénération de l'espèce. Ces observations permettent de dire que la notion de conservation existe bien chez certaines populations de la biosphère du W même si elle est inexistante chez d'autres comme celles de Senokonkedji. Mais vu la place qu'occupe la flore dans la vie de ces populations, ce souci de conservation ne s'impose-t-il pas à eux ? En effet des résultats de cette recherche montrent la place que certaines herbacées et ligneux occupent dans les stratégies alimentaires de la plupart des populations de la biosphère d'où la nécessité pour ces dernières de préserver la ressource. Dans l'écrasante majorité des villages, les maisons, les clôtures, les greniers, une partie de la nourriture consommée quotidiennement, l'alimentation du bétail, une bonne partie des éléments permettant de confectionner le matériel aratoire, les ustensiles de cuisine, presque tout provient directement ou indirectement des ressources floristiques. En cela nous rejoignons l'idée des trois auteurs: MAKAL et al dans l'ouvrage Arbre et arbuste du Sahara paru récemment (2006), où ils notent que « On découvre que l'arbre dans le désert comme en tout point de la terre offre une multitude de ressources, tour à tour pâturage, combustibles, aliments, matériaux d'artisanat ou de service ». La cueillette se pratique-elle dans un espace indifférencié ? Obéit-elle à des règles ? D'une manière générale, dans nos terroirs d'étude la cueillette est une activité libre que n'importe qui peut pratiquer. On peut ramasser les fruits tombés ou du bois mort sans risque de se faire interpellé tant que ce prélèvement est fait pour satisfaire ses besoins propres dans des limites acceptables. Cependant l'on peut se voir interpellé si on en fait une activité lucrative par le propriétaire du champ où se trouve la ressource floristique dans le cas des espaces appropriés comme les parcs agroforestiers. Mais même dans ce cas, le propriétaire peut autoriser le ramassage mais n'accepte généralement pas le gaulage des fruits Mahamane (1997) pour le cas de Boumba. Il faut noter que l'exploitation de toutes les ressources floristiques n'obéit pas aux mêmes règles. Ainsi, le prélèvement des feuilles et des fruits d'*Adansonia digitata* est dans certains cas exclusif et réservé seulement au propriétaire du champ et à ses proches du fait de sa valeur économique. Il en est de même pour certaines graminées diversement utilisées dans les différents types de construction (*Hypertelea dissoluta*, *Cymbopogon giganteus*, *Cymbopogon proximus*, *Andropogon gayanus*). Il ressort de nos enquêtes qu'il n'y a pas de périodes spécifiques pour la cueillette, elle est pratiquée toute l'année. Mais la période de la saison de pluie correspond à celle où on note une augmentation de cette activité particulièrement en ce qui concerne les herbacées. Ainsi les fruits du *Vitellaria paradoxa* sont cueillis en début de saison de pluie, les fruits mûrissent vers juin – juillet. La gomme

² Les enquêtes dans d'autres endroits de la biosphère du Parc du W, nous permettent de confirmer la disparition effective de cet arbre du fait certainement de prélèvements importants dont il fait l'objet.

arabique pendant la saison sèche, dans la réserve de faune de Tamou la période par excellence de la cueillette intervient vers janvier, février, mars. *Neocarya macrophylla* est récolté pendant la saison sèche. Les produits de cueillette utilisés dans l'alimentation sont-ils des produits de substitution, produits d'appoint ou produits commercialisables aux yeux des populations locales ? En fonction des circonstances, ces produits de cueillette à usage alimentaire comme les feuilles sauce: (*Adansonia digitata*, *Crataeva adansonii*) pour les ligneux; (*Corchorus tridens*, *Gynandropsis gynandra*), feuilles salades (*Cassia tora*, *Leptadenia hastata*); les fruits comestibles (*Vitellaria paradoxa*, *Neocarya macrophylla*, *Vitex doniana*) sont prélevés toute l'année selon leur disponibilité, aussi bien pour l'autoconsommation que pour la vente. Ces produits sont consommés toute l'année comme complément alimentaire et on constate que certaines herbacées font parties des réserves stratégiques des populations, aussi bien en période de crise qu'en période normale. En période de crise le recours à ces ressources floristiques est systématique comme les enquêtes dans la zone déclassée de la réserve totale de faune de Tamou notamment à Allembaré l'ont révélé. En effet les fruits de *Lannea microcarpa* « falunfa » sont fortement consommés.

4 CONCLUSION

On constate qu'à cause de leurs multiples fonctions (alimentation humaine et animale, thérapeutiques, bois de service, bois d'œuvre, fertilisation, ombrage, bornage, indicateur de fertilité ou de pauvreté des sols...) les plantes herbacée et ligneuse sont utilisées de plusieurs façons dans la réserve de biosphère du W pour satisfaire des besoins multiples et variés et cela par toutes les couches de la population et durant les douze mois de l'année.

Pour pérenniser l'utilisation de la flore il a fallu que les populations locales développent des savoirs et savoir-faire. Parfois ces savoirs sont le fruit d'un héritage, mais le cas de l'usage du *Sida cordifolia* et d'autres plantes comme *Senna siamae*, *Azadirachta indica*, venus d'ailleurs et pourtant très bien appropriés par certaines populations qui ont su très vite les valoriser et en tirer profit prouve que ce ne sont pas des savoirs « boudés », « finis » mais que ces savoirs se construisent au fil des circonstances, des expériences et vicissitudes de la vie de tous les jours. S'il est indéniable que les savoirs locaux représentent un ensemble de connaissances léguées par les générations passées il n'en demeure pas moins vrai que ce legs, s'enrichit, s'adapte aux conditions du moment et obéit à un processus dynamique, confronté à l'épreuve de la réalité de tous les jours. Cette recherche révèle un grand recours à la flore pour les besoins alimentaires, soins thérapeutiques et usages domestiques. L'insuffisance de la couverture en infrastructures sanitaires des villages de la réserve de biosphère du Parc du W conforte sans doute les populations dans leurs habitudes à se soigner avec les ressources floristiques disponibles dans leurs terroirs respectifs. Ces traitements thérapeutiques à base d'herbacées et de ligneux à travers l'utilisation des feuilles, écorces et racines et s'accompagnent le plus souvent de pratiques ésotériques consistant en des incantations et autres pratiques mystiques. Ainsi dans les villages de la réserve de biosphère comme partout au Niger les populations ne considèrent que toute plante à des vertus thérapeutiques sauf celles qu'on ne connaît pas. La question qu'il faut alors se poser est la suivante: jusqu' où s'arrêtent nos connaissances sur les multiples possibilités thérapeutiques de la flore ? Cela explique sans doute pourquoi on constate que pour une seule espèce, les avis peuvent différer en ce qui concerne l'usage thérapeutique. L'inventaire des ressources floristiques utilisé dans l'alimentation humaine montre aussi qu'une étude sur la valorisation des ressources naturelles floristiques dans la zone de biosphère du W du Niger peut s'inscrire de manière globale dans la politique étatique parce qu'elle peut permettre de lutter contre l'insécurité alimentaire grâce à l'utilisation des nombreuses ressources floristiques identifiées dans ce travail et consommées par la population. En outre la valorisation de certains produits de cueillette comme le karité, la gomme arabique, le miel peut permettre de lutter efficacement contre la pauvreté par le développement de la microéconomie comme c'est le cas pour les femmes de Boumba, Gongay et Djebou regroupées en groupement de femmes productrices de beurre de karité. A travers l'inventaire des ressources utilisées quotidiennement par la population locale dans divers domaines, et les différentes techniques mises en place pour ce faire, il est fait étalage des connaissances multiples et variées déployées par les populations pour exploiter cette ressource. Les différentes excursions sur le terrain ont permis de constater que toutes les espèces déclarées absentes ou en voie de disparition par les populations le sont véritablement. Cette étude a montré aussi que la disparition de certaines espèces comme *Kigelia africana*, *Ximenia americana* s'est accompagnée dans certains cas de la disparition des savoirs et savoir-faire liés à son utilisation. Cela met en exergue le caractère fragile de ces savoirs et savoir-faire intimement liés à la présence de la ressource et à l'usage. Les témoignages des personnes âgées recueillis lors de nos enquêtes concourent à confirmer le désintérêt manifeste des générations d'aujourd'hui peu intéressées par ces savoirs. Cette situation montre qu'en l'absence de l'espèce floristique, le risque de perdre pour toujours tout le savoir lié à l'espèce est très grand, les savoirs sur la flore sont menacés de disparition.

REFERENCES

- [1] MARIE ROUE, « Histoire et épistémologie des savoirs locaux et autochtones », Revue d'ethnoécologie [En ligne], 1 | 2012, mis en ligne le 02 décembre 2012, consulté le 10 juin 2024. URL: <http://journals.openedition.org/ethnoecologie/813>; DOI: <https://doi.org/10.4000/ethnoecologie.813>
- [2] SAADOU M., 1998. Evaluation de la biodiversité biologique au Niger: éléments constitutifs de la biodiversité végétale. Conseil National de l'Environnement pour un Développement Durable SE/CNEDD. Projet NER/97 / G 31 / A / 1 G / 99 «Stratégie Nationale et plan d'action – Diversité Biologique», 138p.
- [3] ALZOUMA I., 1998. Inventaire des éléments de la Diversité Biologique animale. Conseil National de l'Environnement pour un Développement Durable (CNEDD), 268p.
- [4] TAITA P., 2003, Use of woody plants by locals in: Mare aux hippopotames Biosphere Reserve in western Burkina Faso. Biodiv. and Conserv. 12, 1205-1217.
- [5] LE HOUEROU H. N., 1980. Le rôle des ligneux fourragers dans les zones sahélienne et soudanienne. In: Les fourrages ligneux en Afrique. Etat actuel des connaissances. Addis-Abeba, CIPEA, 481 p.
- [6] BENJAMINSEN TA. Bois-énergie, déboisement et sécheresse au Sahel: le cas du Gourma malien. Sécheresse 1996; 7: 179-85.
- [7] DSRP, 2013 - Document de Stratégie de Réduction de la Pauvreté: Réduire l'extrême pauvreté 2011-2015, Rapport, 67p.
- [8] GANABA S, OUADBA JM, BOGNOUNOU O. 2005.Exploitation traditionnelle des végétaux spontanés en région sahélienne du Burkina Faso. Vertigo, 6 (2): 1-14.
- [9] ZERBO P., MILLOGO-RASOLODIMBY J., NACOLMA-OUEDRAOGO O., VAN.
- [10] DAMME P., 2011, Plantes médicinales et pratiques médicales au Burkina Faso: cas des sanan. Bois et Forêts des Tropiques, 307, 47-53.
- [11] Christelle Cadet, 2023. Étude de prévalence du recours aux médecines alternatives et complémentaires (MAC) chez les patients consultant en médecine générale à La Réunion (Avril-Juillet 2022). Thèse de docteur en médecine. Université de la Réunion UFR sante, 53p.
- [12] OZENDA P. Flore du Sahara. Paris: Editions du CNRS, 1983; 622p.
- [13] PEYRE DE FABREGUES B. Lexique de Noms vernaculaires de plantes du Niger. Niamey: 2è édition provisoire, 56p.
- [14] SO JB. Suivi quantitatif de l'utilisation des produits forestiers non ligneux par les populations riveraines du parc «W». Mémoire de fin d'études présenté en vue de l'obtention du diplôme des Inspecteurs des Eaux et Forêts Burkina Faso, 2003; 65p.
- [15] BERNUS E. Cueillette et exploitation des ressources spontanées du sahel nigérien par les Kel tamasheq. Cah. ORSTOM. Sér. Sci. Hum. 1967; IV, I-.
- [16] CHASTANET M. La cueillette de plantes alimentaires en pays Soninké, Sénégal depuis la fin du XIX ème-siècle. Savoirs paysans et développement. 1996; 254-287.
- [17] CORMIER S, ROUSSEL B. Patrimoines et savoirs naturalistes locaux. in, Jean Ives Martin. Développement durable, Doctrines, pratiques, Evaluations. IRD, Editions, 2002; 125-142.
- [18] DIALLO D. Savoirs locaux et bases de données pour la gestion des écosystèmes et le développement durable en zone soudano sahélienne. 1992; 7-8.
- [19] DUPRE G. Les arbres, le Fourré et le jardin. Les plantes dans la forêt de l'Aribinda. Burkina Faso. 1991, 181-210. Paris: Khartala-Orstom, 1991; 524p.
- [20] IBO G. Savoirs Naturalistes paysans et protection de la nature en Côte d'Ivoire. Annales de l'Université Abdou Moumouni de Niamey N° spécial. 2004; 155-172.
- [21] LAURENCE B., SEGARRA M., DJAMA M., LAOUFI S., MARCHENAY P. ROUSSEL B., VERDEAUX F. Savoirs et savoirs faire naturalistes locaux: l'originalité française. La revue en science de l'environnement Vertigo vol 6 n°1. Mai 2005; 14-16.
- [22] ROUSSEL B. La convention sur la diversité biologique: les savoirs locaux au cœur des débats internationaux. Synthèse de l'iddri n°2. Octobre 2003.
- [23] ARBONNIER M. Arbre, arbuste et lianes des zones sèches d'Afrique de l'Ouest. Montpellier: CIRAD-MNHN, 2ème édition, 2000; 573p.
- [24] BAUMER M. Arbres, arbustes et arbrisseaux nourriciers en Afrique Occidentale. Dakar: Enda-Editions. Série. Etudes et Recherche, 1995; 260p.
- [25] HOUNTONDJI PJ. Les savoirs endogènes. Piste pour une recherche, Dakar: CODESRIA, 1994.

Post-harvest management and phytosanitary practices used to preserve sorrel seeds, *Hibiscus sabdariffa* L. in Burkina Faso

Emmanuel Kabore¹, Siébou François Kambou¹, Koï Wenceslas Kam¹⁻², Jean Christophe Koussoube¹⁻³, Kilo Francine Marina KI¹, Antoine Sanon¹, and Zakaria Ilboudo¹

¹Université Joseph KI-ZERBO, Laboratoire d'Entomologie Fondamentale et Appliquée, UFR, SVT. 06 BP 9499 Ouagadougou 06, Burkina Faso

²Université Yembila Abdoulaye TOGUYENI, Institut Supérieur du Développement Durable. BP 54 Fada N'gourma, Burkina Faso

³Centre Universitaire de Tenkodogo, Université Thomas SANKARA, Burkina Faso

Copyright © 2024 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 lack of a suitable control strategy, sorrel seeds are heavily damaged by *S. niger* during the storage. Better post-harvest management will make it possible to add value to this legume and make it available throughout the year. The aim of this study was to gain a better understanding of the various post-harvest practices applied to sorrel seeds, from harvesting to storage, with a view to implementing an effective control strategy against *S. niger*. A survey was conducted among 600 producers in 12 regions, one hundred (100) sorrel seeds traders and one hundred (100) pesticide sellers in the cities of Ouagadougou, Bobo-Dioulasso, and Pouytenga of Burkina Faso.

The results showed that eight percent (8%) of farmers and 56% of traders used chemical insecticides to preserve sorrel seeds. Phostoxin, an organophosphate insecticide, and Protect DP, an insecticide of the pyrethroid family, were respectively used by 87% and 13% of seed traders. Eighty-three percent (83%) of farmers and 76% of traders did not follow the prescribed doses. The incorrect use of insecticides before and after use is a factor in environmental pollution and often results in their ineffectiveness against pests. This information is very useful for developing an integrated protection strategy for sorrel seeds.

KEYWORDS: post-harvest management, sorrel seeds, conservation, insecticide, *S. niger*, Burkina Faso.

1 INTRODUCTION

In West Africa, *Hibiscus sabdariffa* L. is grown as a cash crop, providing producers with financial income and populations with a critical food source [1]. It is grown mainly for food, therapeutic, and industrial purposes [1]. The seeds of *H. sabdariffa* are particularly well known for their richness in nutrients and the plant itself for its medicinal properties [2]. On average, the seed contains 26% protein, 20% fat, and 40% total sugars [3]. Despite efforts to increase production, the context of food insecurity is still marked by significant post-harvest losses [4]. Some authors consider that the losses recorded are increasing because the traditional storage and processing technologies used are generally inadequate, with the risk of infestation of stored products [5]. However, one of the major problems with this crop remains the difficulty of preserving it over the medium and long term.

In Burkina Faso, sorrel seeds undergo heavy infestation by insect pests during storage, the main one being *Spermophagus niger* Motschulsky [6]. These post-harvest losses have a negative impact on food availability, resulting in reduced feed use [7]. Despite the harmful effects of pests, sorrel seeds are available from producers and traders throughout the year for various uses. This suggests the existence of endogenous methods used by the rural population to combat insect pests. Unfortunately, little is known about these control strategies and various post-harvest practices. However, some control methods could present health risks for consumers [8]. This is undoubtedly the case with the untimely and continuous use of synthetic insecticides,

which can have negative repercussions on non-target organisms in the environment [9]. Because of the potentially harmful effects of these products, agriculture must take greater account of environmental requirements.

The main goal of this study aimed to contribute to a better understanding of the post-harvest management of sorrel seeds in Burkina Faso. The study specifically involved: (i) identifying constraints related to post-harvest storage and stock protection methods through a survey in rural areas, (ii) and analyzing insecticide use patterns and the risks involved.

2 MATERIAL AND METHODS

2.1 CONDUCT OF THE STUDY

The study was conducted in three different agro-ecological zones of Burkina Faso. It first concerned sorrel seeds producers. A survey was conducted among 600 sorrel producers in twelve localities in the twelve regions of Burkina Faso, excluding the Sahel (figure 1). Next, one hundred (100) sorrel seed traders (wholesalers and retailers) from the major cereal markets were surveyed: 30 from Pouytenga, 40 from Ouagadougou, and 30 from Bobo-Dioulasso (figure 1). A further one hundred (100) insecticide traders, distributed above, were also interviewed. Interviewees were randomly selected from the major grain markets in the three provinces. For the survey of pesticide and sorrel seeds traders, the choice of these areas was justified by the high density of cereals, sorrel seeds, and pesticide traders in these three towns. The survey ran from the beginning of November 2021 to the end of February 2022.

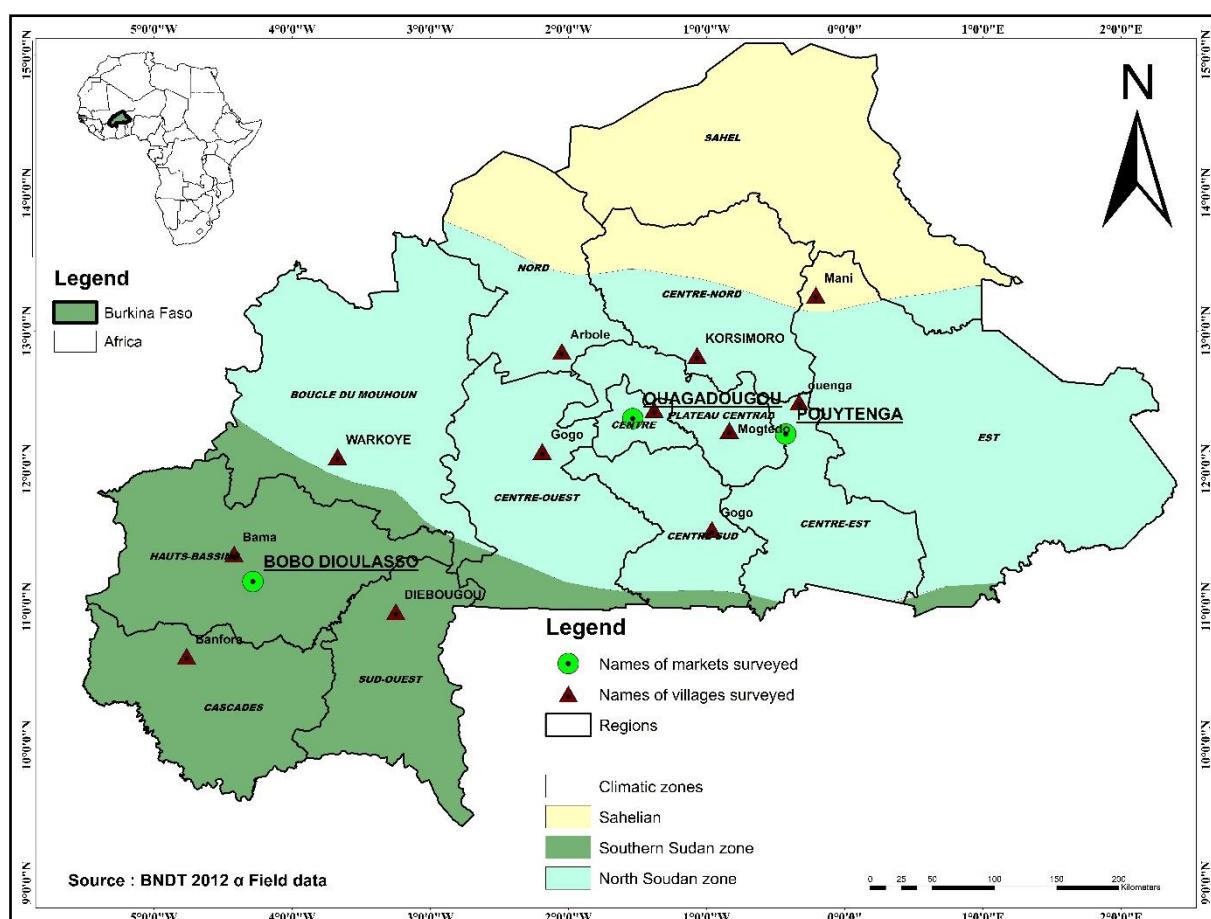


Fig. 1. Location of study areas

2.2 SURVEY OF SORREL PRODUCERS

The six hundred (600) sorrel producers surveyed were spread over twelve regions, with fifty (50) producers per region. The questionnaire was administered to each respondent individually to avoid any influence from one to the other. The survey form included information on the following:

- Integrity of sorrel seeds after harvest;
- Knowledge of the insecticides used and how they are used to protect stocks;
- Storage structures;
- Risks of poisoning;
- Phytosanitary practices and conditions for the use of insecticides;
- Average price of a Yoruba plate by region.

2.3 SURVEY OF INSECTICIDE TRADERS

- The survey of one hundred (100) insecticide traders (retailers and wholesalers) mainly concerned:
- The origin of the insecticides sold;
- Knowledge of how to use insecticides;
- Storage of insecticides.

2.4 SURVEY OF SORREL SEED TRADERS

The survey was conducted among one hundred (100) sorrel seed traders. The questions focused on:

- Duration of the stock and the market value of the seeds
- Storage facilities;
- Knowledge of the insecticides used;
- Risks of poisoning
- The origin of insecticides, their conditions, and their methods of use;
- Personal protective equipment used and the place where empty bottles or packaging are stored.

2.5 DATA ANALYSIS

The collected data were coded and entered using Sphinx software, and the Excel 2016 spreadsheet was used for descriptive statistical analysis in terms of percentages and averages. A check of the distribution of the data with the Shapiro – Wilk test using the Shapiro-test function was performed on the price of one Yoruba plate (equivalent to approximately 2.45kg) of sorrel seeds. When normality and homogeneity were not verified, the Kruskal– Wallis alternative test was used. All tests were performed at the 5% probability level when the test of variance was significant.

3 RESULTS

3.1 SOCIODEMOGRAPHIC CHARACTERISTICS OF SORREL SEEDS PRODUCERS

The majority of sorrel seeds producers surveyed were women (65.16%). The majority of farmers were between 30 and 45 years old (Table 1). 60% of famers surveyed had a primary or secondary education level. Regarding sorrel seeds traders, 57% of those surveyed were women, most of whom were 45 years old. Most of these women were literate, and 31% had primary education level (Table 1). The pesticide sellers were all men, most of whom had a primary education level and were between 25 and 35 years old (table 1).

Table 1. Sociodemographic characteristics of producers, sorrel seed traders, and pesticide traders

Characteristics of the surveyed population		Producers (%)	Sorrel seed traders (%)	Pesticide traders (%)
Gender	Man	34.8	43	100
	Woman	65.16	57	0
	Not literate	11.83	0	0
Education level	Literate	18.33	53	13
	Primary level	29.5	31	(55)
	Secondary level	30.5	(16)	17
	Superior	9.83	0	15
	[25 - 30]	16.83	0	40
Age range	[30 - 35]	26.83	29	41
	[35 - 40]	31.16	14	15
	[40 - 45]	17.33	17	4
	≥45	7.83	(40)	0

3.2 CONDITIONS OF SEEDS AT HARVEST TIME FOR DIFFERENT HIBISCUS SABDARIFFA MORPHOTYPES

For the different morphotypes grown by the surveyed farmers, 18% said that they noticed insect emergence holes in the sorrel seeds at harvest. All morphotypes were grown, with a preference for the long red morphotype known as *Bissap* (54%) (Figure 2). The survey showed that 60% of farmers harvested the capsules when they were opened and 40% harvested when the seeds were mature and the capsules were opening or not.

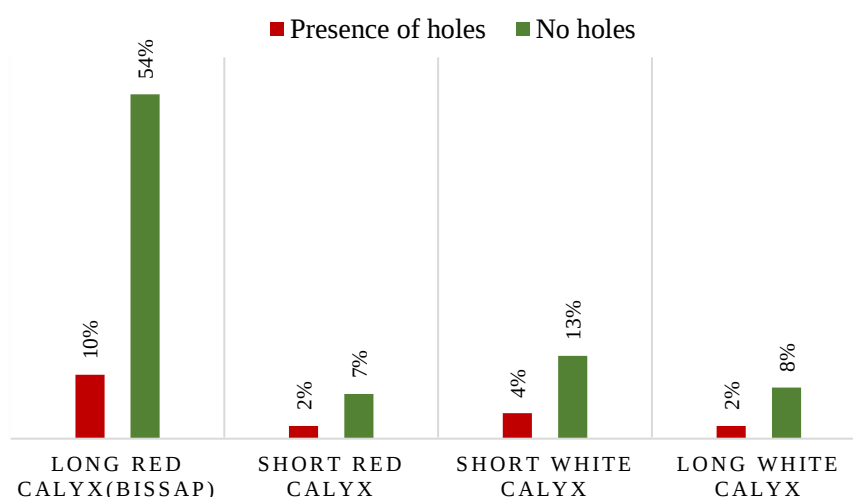


Fig. 2. Seeds conditions of the four different varieties at harvest

3.3 STORAGE STRUCTURE AND STOCK PROTECTION METHODS

3.3.1 STORAGE STRUCTURE

The results showed that the traders surveyed (100%) stored sorrel seeds in polypropylene bags. Various storage structures were used by farmers. These were PICS bags (5.83%), polypropylene bags (6.16%), jars (16.66%), and cans (71.33%) (Figure 3).

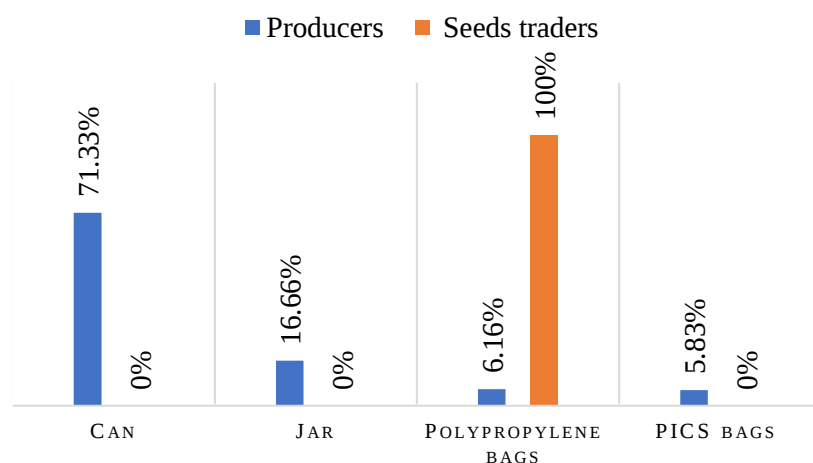


Fig. 3. Proportions of responses on preservation methods used by sorrel seeds producers and traders

3.3.2 METHODS OF STOCKS PROTECTION

3.3.2.1 USE OF INSECTICIDES

The results of the survey showed that 56% of traders used insecticides, compared with 8% of producers (Figure 4).

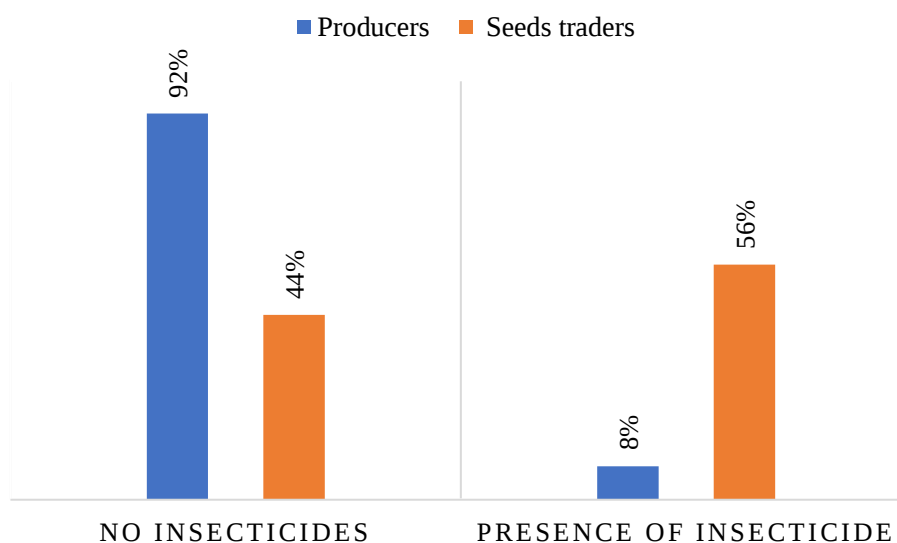


Fig. 4. Response of seeds farmers and traders on the use of insecticides

Figure 5 shows the pesticides used by growers and traders. 87% use Phostoxin (aluminum phosphide) from the organophosphate family, which acts by fumigation, and 13% use Protect DP (permethrin/deltamethrin) from the pyrethroid family.

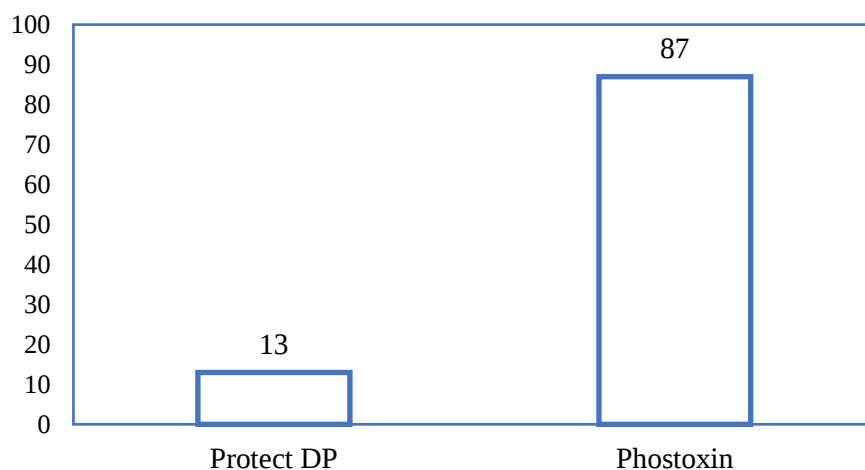


Fig. 5. Different insecticides used by sorrel seed producers and traders

3.3.2.2 METHOD OF USE OF INSECTICIDES

3.3.2.2.1 COMPLETION OF PRESCRIBED INFORMATION

The survey revealed that 9% of producers and 17% of traders read the information on insecticide labels before using them (Figure 6).

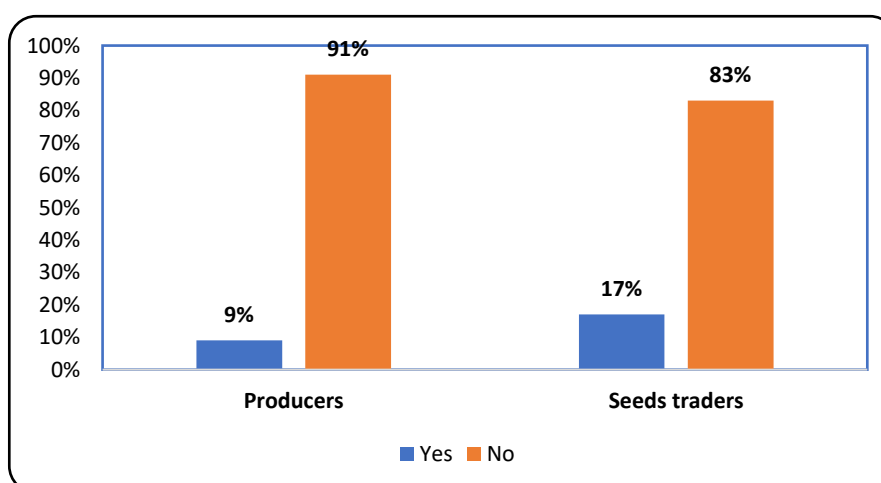


Fig. 6. Completing the prescribed information

3.3.2.2.2 APPLICATION OF RECOMMENDED PRESCRIPTIONS

The results of the survey showed that none of the users used protective equipment when applying treatments to preserve the seeds. The majority did not comply with the prescribed doses. Furthermore, according to the results obtained, only 24% of traders and 17% of farmers knew that there was a risk of insecticide poisoning if the prescribed dose was not observed (Figure 7).

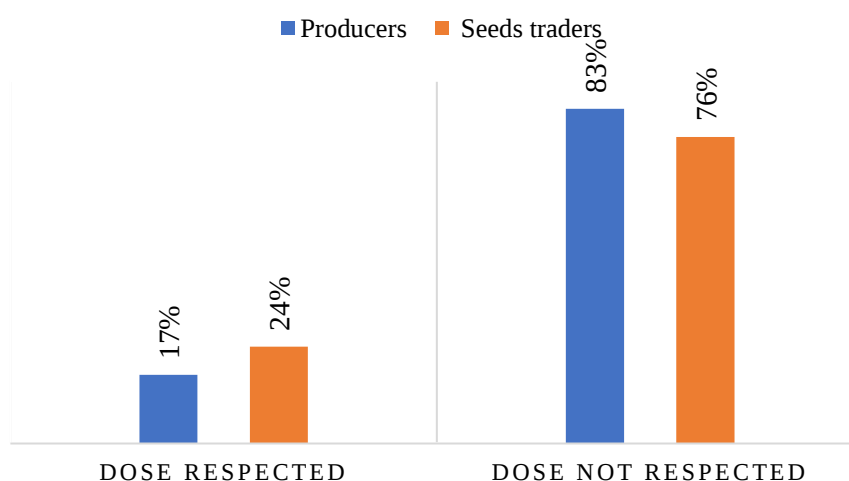


Fig. 7. Proportion of sorrel seeds producers and traders complying with prescribed doses

3.3.2.2.3 USE OF PROTECTIVE EQUIPMENT

The results of the survey showed that none of the actors used protective equipment during seed conservation treatments (Figure 8).

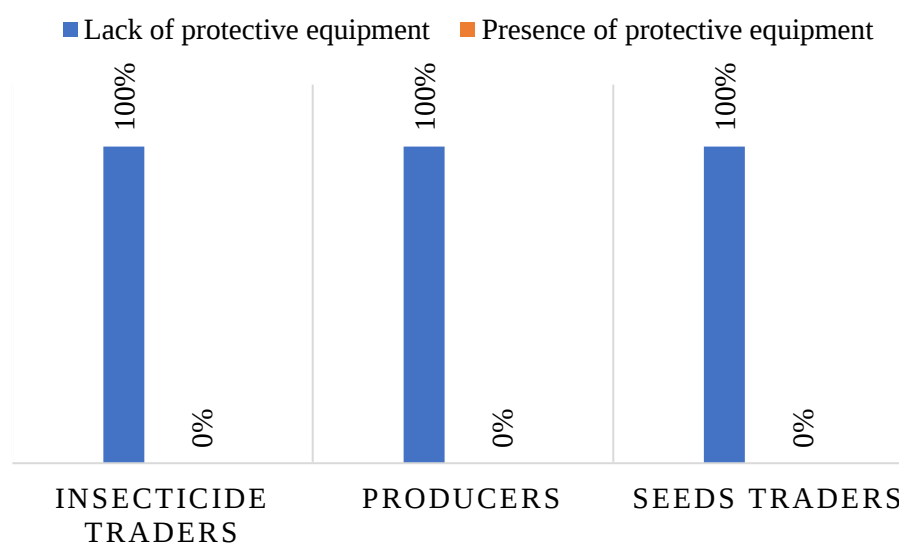


Fig. 8. Use of protective equipment

3.3.3 STORAGE FACILITIES FOR SEEDS TREATED WITH INSECTICIDES BY TRADERS AND PRODUCERS AND FATE OF EXPIRED INSECTICIDES

Two types of storage structure for insecticide-treated seeds are used by traders and growers. These are warehouses, which are used mainly by sorrel seed traders (71%), followed by dwellings, which are used mainly by growers (100) (Figure 9).

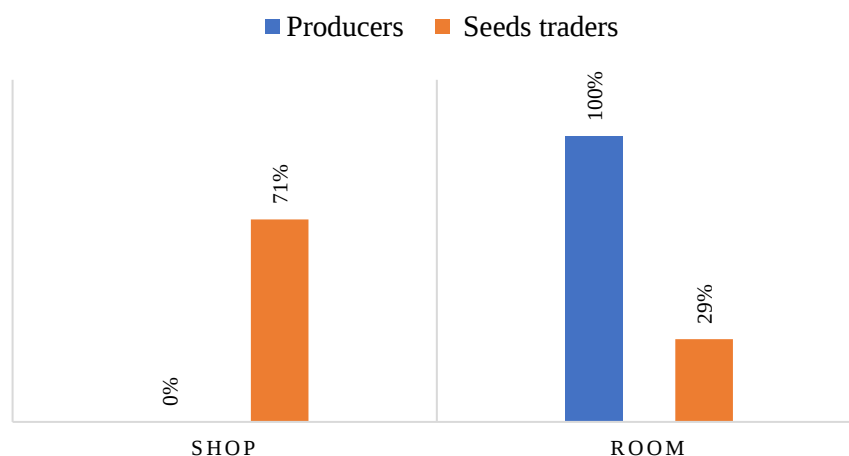


Fig. 9. Storage structures for seeds treated with insecticides by traders and producers

Eighty-five percent (85%) of traders continue to sell their insecticides even after their expiry date, compared with 11% who incinerate them and 4% who throw them away. All respondents said that they had not received training in the various practices involved in selling insecticides (figure 10).

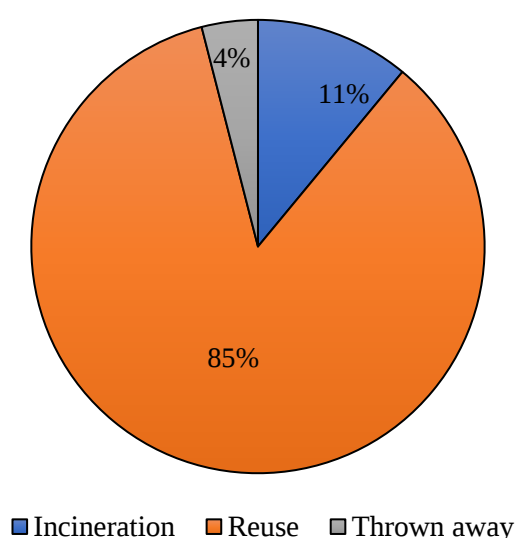


Fig. 10. Traders' response to the fate of obsolete insecticides

3.4 THE IMPACT OF INSECTICIDES ON HEALTH

All the respondents who used pesticides to preserve sorrel seeds said that they experienced temporary discomfort such as colds, coughs and itching.

3.5 AVERAGE SELLING PRICE AND PLACE OF SALE OF SORREL SEEDS

The average price of a Yoruba plate (equivalent to about 2.45kg) varies significantly at harvest time from one region to another at the same time and increases significantly with each quarter. Note that the average price six months after harvest is 1500 FCFA per Yoruba plate in several regions of the country (table 2).

Table 2. Average price of a Yoruba plate by region, depending on the selling period

Region	Harvest prices	Prices after three months	Prices after six months
Centre	556 a	1026 ab	1504 a
IC 95%	[541,38- 570,61]	[1005,63 -1046,36]	[1484,4- 1523,5]
Southwest	542 ab	1060 a	1500 a
IC 95%	[527,38- 556,61]	[872,63 - 91336]	[1480,42- 1519,57]
Centre-east	531 ab	1000 b	1474 ab
IC 95%	[541,38- 570,61]	[979,63- 1020,36]	[1454,42- 1493,57]
East	532 ab	1006 b	1496 a
IC 95%	[517,38- 546,61]	[985,63- 1026,36]	[1476,42- 1515,57]
Centre-west	531 ab	1004 b	1496 a
IC 95%	[516,38- 545,61]	[958,63- 999,36]	[1476,42-1515,57]
North	524 ab	1008 b	1496 a
IC 95%	[509,38- 538,61]	[987,63 -1028,36]	[1476,42- 1515,57]
Mouhoun Boucle	517 bc	763 e	1028 e
IC 95%	[502,38- 531,6199]	[742,63- 783,36]	[1008,42- 1047,57]
Centre-North	488 cd	979 b	1444 b
IC 95%	[541,38- 570,61]	[958,63- 999,36]	[1424,42- 1463,57]
Centre-south	482 cde	835 d	1462 ab
IC 95%	[467,38- 496,61]	[814 ,63- 855,36]	[1442,42- 1481,57]
Plateau-central	474 de	893 c	1466 ab
IC 95%	[459,38- 488,61]	[872,63- 913,36]	[1446,42- 1485,57]
Cascade	450 ef	904 c	1390 c
IC 95%	[435,38- 464,6199]	[883,63- 924,3]	[1370,42- 1409,57]
Hauts-bassins	432 f	750 e	1028 e
IC 95%	[417,38- 446,61]	[729,63- 770,36]	[1192,42- 1231,57]
Probabilité	$\chi^2= 191.94$, df = 11, p-value < $2.2e^{-16}$	$\chi^2= 365.69$, df = 11, p-value < $2.2e^{-16}$	$\chi^2= 361.14$, df = 11, p-value < $2.2e^{-16}$

4 DISCUSSION

This study has shown that all sorrel morphotypes are grown by women, with a preference for the long red morphotype known as *Bissap* for its many uses. Most farmers said that they harvest the capsules when they opened them. At this time, the seeds are already infested, and the puncture holes become visible a few days after harvesting. Previous studies have shown that the harvest date has a certain effect on overall infestation rates [10,11], and it is from this small number of insects that large-scale contamination of stocks will occur [12].

To reduce the infestation of sorrel seeds, several storage structures are used, of which cans are the most popular. Very few farmers used PICS bags, which are recommended for storing dry seeds. Indeed, storing sorrel seeds in PICS bags limits the development and damage of *S. niger* [13]. Cans and jars, which are traditional storage structures, are limited to small-scale stocks.

The survey also revealed that 56% of traders and 8% of producers use synthetic insecticides to protect their stock when they notice a massive emergence of insects. Two insecticides are used for this purpose. These are phostoxin from the organophosphate family, which is used more by traders (87%), and PROTECT DP from the pyrethroid family. This finding is similar to previous studies that have shown that chemical control has often been considered despite stock pests [14,15]. After the expiry date, pesticides are still sold and used by sorrel seed traders. Added to this is the failure to comply with the recommended doses and conditions of use and inadequate storage structures for chemicals or treated seeds.

The absence of protective equipment during the application of chemicals constitutes a violation of article 2 of the FAO code of conduct (2013) [16], which recommends that all pesticide handlers be equipped with personal protective equipment. All these poor practices are sources of health problems and environmental pollution [17,18,19,20,21]. However, the high level of education of pesticide and sorrel seeds traders should make it possible to ensure that the seeds are well preserved while

respecting the recommended doses to reduce health risks and, above all, protect the environment. However, this is far from the case. According to [22], improper use of chemicals has effects such as itching and respiratory and vision problems that are felt by various handlers.

The survey revealed that all those who had used pesticides without protective equipment were experiencing discomfort. We think that the discomfort observed by the handlers of synthetic insecticides correlates not only with the level of literacy but also with the lack of use of appropriate protective equipment. These results are in agreement with the work of [22], who had shown that the use of pesticides without adequate equipment was responsible for intoxication among cowpea producers and traders.

Insect infestation of sorrel seeds can compromise their economic value. The difficulty of preserving healthy seeds means that some farmers sold them for around 500 CFA francs, whereas the average price of a Yoruba plate (equivalent to around 2.45kg) six months after harvest is 1,500 CFA francs. This gradual increase in the selling price of sorrel seeds is similar to that of other legumes such as cowpea [22], and zamné seeds [23]. This could be explained by their annual production, the non-availability of these commodities throughout the year, and their increasingly growing demand.

5 CONCLUSION

This study has enabled us, for the first time, to take stock of the post-harvest management of sorrel seeds. Seeds are stored in various structures, of which nylon bags were the most common. Traders used only polypropylene bags for storage. The sale of sorrel seeds provided a significant source of income. Indeed, the average price of a Yoruba plate of sorrel seed triples within six (6) days of harvest. When insects emerge in stocks, sorrel producers and traders' resort to insecticides rather than other conservation methods. Some insecticides used were found to be unfit, unregistered, and/or obsolete. It also emerged that not only do users not respect the doses recommended by manufacturers, but chemicals were still being used despite their expiry date.

REFERENCES

- [1] Lépengué AN, M'batchi B, Aké S, 2007. Impact de *Phoma sabdariffae* Sacc. sur la croissance et la valeur marchande de la roselle (*Hibiscus sabdariffa* L. var. *sabdariffa*) au Gabon. *Rev. Ivoir. Sci. Technol.*, 10: 207-216.
- [2] Mahadevan N., Kamboj S. and Kamboj P., 2009. *Hibiscus sabdariffa* Linn. -An overview. *Natural product radiance*, vol. 8 (1), pp77-83.
- [3] CISSE M., DORNIER M., SAKHO M., MAR DIOP C., REYNES M. et SOCK O., 2009. La production de bissap (*Hibiscus sabdariffa* L.) au Sénégal. *Fruits* 64 (1): pp. 1-14.
- [4] Guèye, M. T., Seck, D., Wathelet, J.-P., & Lognay, G. (2011). Lutte contre les ravageurs des stocks de céréales et de légumineuses au Sénégal et en Afrique occidentale : Synthèse bibliographique. *Biotechnol. Agron. Soc. Environ.*, 15, pp. 183-194.
- [5] Fandohan, P., Hell, K., Marasas, W. F. O., & Winfield, M. J. (2003). Infection of maize by *Fusarium* species and contamination with fumonisin in Africa. *African Journal of Biotechnology*, 2, 570e579.
- [6] Koussoubé, J. C., & Mbaye, F. (2016). Genetic characterization of *Spermophagus niger* (Coleoptera : Chrysomelidae : Bruchinae : Amblycerini) pest associated to seeds of Sorrel (*Hibiscus sabdariffa* L.) in Burkina Faso. *South Asian Journal of Experimental Biology*, 6, 7-14.
- [7] Johnson N, Nyomora A, Lyimo J. 2020. Assessing the Impacts of Climate Change and Variability on Maize Post-Harvest System at Kongwa and Kondoa District in Tanzania. *Journal of Agricultural Biotechnology and Sustainable Development*, 12 (1): 7-18.
- [8] Bordereau, C., & Pasteels, J. M. (2011). Pheromones and chemical ecology of dispersal and foraging in termites. *Biology of termites: a modern synthesis*, 279-320.
- [9] Ahouangninou, C., Fayomi, B. E., & Martin, T. (2011). Assessing health and environmental risks as regards pesticide practices of vegetable growers in the rural city of Tori-Bossito in southern Benin. *Cahiers Agricultures*, 20 (3), 216-222. <https://doi.org/10.1684/agr.2011.0485>.
- [10] Delobel, A., Tran, M., & Danthu, P. (2003). Insectes consommateurs des graines d'*Acacia raddiana* en Afrique de l'Ouest : Les bruches. *Un Arbre au Désert. IRD éditions, Paris*, 285-299.
- [11] Yamkoulga, M., Waongo, A., Ilboudo, Z., Traoré, F., & Sanon, A. (2021). Effectiveness of Hermetic Storage Using PICS Bags and Plastic Jars for Post-Harvest Preservation of <i>Acacia macrostachya</i> Seeds. *Advances in Entomology*, 09 (01), 20-29. <https://doi.org/10.4236/ae.2021.91002>.

- [12] Sanon, A., Ouedraogo, A. P., Tricault, Y., Credland, P. F., & Huignard, J. (1998). Biological Control of Bruchids in Cowpea Stores by Release of *Dinarmus basalis* (Hymenoptera : Pteromalidae) Adults. *Environmental Entomology*, 27 (3), 717-725. <https://doi.org/10.1093/ee/27.3.717>
- [13] Amadou, L., Baoua, I. B., Baributsa, D., Williams, S. B., & Murdock, L. L. (2016). Triple bag hermetic technology for controlling a bruchid (*Spermophagus sp.*) (Coleoptera, Chrysomelidae) in stored *Hibiscus sabdariffa* grain. *Journal of Stored Products Research*, 69, 22-25. <https://doi.org/10.1016/j.jspr.2016.05.004>
- [14] Dabire, C. L. B., Niango Ba, M., & Sanon, A. (2008). Effects of crushed fresh *Cleome viscosa* L. (Capparaceae) plants on the cowpea storage pest, *Callosobruchus maculatus* Fab. (Coleoptera : Bruchidae). *International Journal of Pest Management*, 54 (4), 319-326. <https://doi.org/10.1080/09670870802266953>.
- [15] Egho, E., Eruotor, P., & Tobih, F. (2011). Evaluation of neem seed extract for the control of major field pests of cowpea (*Vigna unguiculata* L. Walp) under calendar and monitored sprays. *Journal of Agriculture, Forestry and the Social Sciences*, 7 (2). <https://doi.org/10.4314/joafss.v7i2.64347>.
- [16] FAO, 2013. Code international sur la gestion des pesticides (Version révisée), 5 p.
- [17] Pazou, E., Boko, M., Vangestel, C., Ahissou, H., Laleye, P., Akpona, S., Vanhattum, B., Swart, K., & Vanstraelen, N. (2006). Organochlorine and organophosphorous pesticide residues in the Ouémé River catchment in the Republic of Bénin. *Environment International*, 32 (5), 616-623. <https://doi.org/10.1016/j.envint.2006.01.007>
- [18] Traoré, S. K., Mamadou, K., Dembele, A., Lafrance, P., Mazelliert, P., & Houenou, P. (2006). Contamination de l'eau souterraine par les pesticides en régions agricoles en Côte d'Ivoire (centre, sud et sud ouest). *Journal Africain des Sciences de l'environnement*, 1 (1), 1-9.
- [19] Williamson, S., Ball, A., & Pretty, J. (2008). Trends in pesticide use and drivers for safer pest management in four African countries. *Crop Protection*, 27 (10), 1327-1334. <https://doi.org/10.1016/j.cropro.2008.04.006>
- [20] Kanda, M., Wala, K., Batawila, K., Djaneye-Boundjou, G., Ahanchede, A., & Akpagana, K. (2009). Le maraîchage périurbain à Lomé : Pratiques culturelles, risques sanitaires et dynamiques spatiales. *Cahiers Agricultures*, 18 (4), 356-363. <https://doi.org/10.1684/agr.2009.0319>.
- [21] Zabeirou H. (2021). Etudes des risques environnementaux et sanitaires liés à l'utilisation des pesticides sur les cultures maraîchères du Niger: cas du département de Madaoua. These de doctorat en protection des cultures et environnement. Faculté d'Agronomie-Université Abdoumoumouni de Niamey. 214p.
- [22] Zongo S., Ilboudo Z., Waongo A., Gnankiné O., Doumma A., Sembène M. et Sanon A. 2015. Risques liés à l'utilisation des insecticides au cours du stockage du niébé (*Vigna Unguiculata* L. Walp.) dans la région centrale du Burkina Faso. *Rév. CAMES*, Vol.03 Num.01., 24-31.
- [23] Yamkoulga, M., Waongo, A., Sawadogo, L., & Sanon, A. (2019). Gestion post-récolte des graines d'*Acacia macrostachya* Reichenb. ex DC. dans la province du Boulkiemdé au Burkina Faso : Diagnostic participatif en milieu paysan. *Journal of Applied Biosciences*, 130 (1), 13148. <https://doi.org/10.4314/jab.v130i1.3>.

Perception du handicap des enseignants et suivi scolaire des élèves avec un trouble du spectre de l'autisme au Cameroun

[Teachers' perception of disability and academic monitoring of students with autism spectrum disorder in Cameroon]

Guedong Jiogue Gisele Majolie¹ and Tabue Defo Fabrice Rocard²

¹Ph.D en sociologie rural et du développement rural, faculté des lettres et sciences humaines, université de Dschang, Cameroon

²Département de Psychologie, Université de Yaoundé 1, Cameroon

Copyright © 2024 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: For many years, education systems are in a promotion of education pupils with autism spectrum disorder. A considerable number of this category of pupils are found in primary schools of Yaounde town which is likely to change the perception of many teachers. The objectif of this study is to describes the perception of the disability of primary schools teachers regarding school follow-up of pupils with autism spectrum disorder. For data collection of this study, semi-structured interview were carried out with five teachers who have in their classroom pupils with autism spectrum disorder. To better organise the interview, the thematic analyses of data was used. From the results obtained, it appears that the perception of teachers disability is expressed through attention, listening, individual control, the use adapted teaching matériels, additional hours, patience and the desire to succeed wich shows that, teachers have a positive perception of disability in general and the autism spectrum disorder in particular. This perception of disability by teachers will be an element favoring school follow-up of students with autism spectrum disorder.

KEYWORDS: Disability perception, school follow-up, teacher, student, autism spectrum disorder.

RESUME: Depuis de nombreuse années, les systèmes éducatifs sont dans une promotion de scolarisation des élèves présentant un trouble du spectre de l'autisme. De ce fait, un nombre considérable de cette catégorie d'élèves se trouvent dans les écoles primaires de la ville de Yaoundé, ce qui est susceptible de changer la perception de nombreux enseignants. L'objectif de cette étude est de décrire la perception du handicap des enseignants du primaire quant au suivi scolaire de l'élève présentant un trouble du spectre de l'autisme. Pour la collecte des données de cette étude, des entretiens semi-directifs ont été effectués auprès de cinq enseignants ayant dans leur classe des élèves avec un trouble du spectre de l'autisme. Pour mieux organiser les thèmes des verbatim des entretiens, l'analyse thématique des données a été mis en place. À travers les résultats obtenus, il ressort que la perception du handicap des enseignants se traduisant par l'attention, l'écoute, le contrôle individuel, l'utilisation du matériels didactiques adaptés, les horaires supplémentaires, la patience et l'envi de réussite montre que, les enseignants ont une perception positive du handicap en général et du trouble du spectre de l'autisme en particulier. Cette perception du handicap des enseignants va être un élément favorisant le suivi scolaire chez l'élèves avec un trouble du spectre de l'autisme.

MOTS-CLEFS: perception du handicap, enseignant, suivi scolaire, élève, spectre du trouble de l'autisme.

1 INTRODUCTION

Le Trouble du Spectre Autistique (TSA) est une atteinte neuro développementale connue par ses manifestations anormales, axées sur la communication sociale et des comportements restrictifs et répétitifs. L'autisme est un trouble chronique qui nécessite la participation de l'entourage proche de l'enfant affecté afin qu'il puisse apprendre à vivre avec son trouble. L'Organisation Mondiale de la Santé (OMS), à travers une étude publiée en 2017, a rapporté qu'un enfant sur 160 vit avec l'autisme dans le monde.

EN 2013, l'American Psychiatric Association (APA) publiait le Diagnostic and Statistical Manual of Mental Disorders — Fifth edition (DSM-5). Ce manuel propose une redéfinition du « trouble envahissant du développement (TED) » décrits dans le DSM-IV-TR (APA, 2000), qui devient le « trouble du spectre de l'autisme » (TSA). Originellement, les critères diagnostiques du TED étaient associés à trois catégories de symptômes liés à différents aspects du développement, soit des altérations sur le plan de la communication, des difficultés dans les interactions sociales et des comportements et intérêts à caractère restreint ou stéréotypé. De plus, le TED était divisé en cinq troubles distincts, soit l'autisme, le syndrome d'Asperger, le trouble envahissant du développement non-spécifié (TED-NS), le syndrome de Rett et le syndrome désintégratif de l'enfance (APA, 2000). Dans les critères diagnostiques du DSM-5 (APA, 2013), les sphères développementales nommées plus haut sont remaniées et débouchent sur deux catégories de symptômes. Par contre, le TSA est désormais une catégorie inclusive englobant les troubles distincts définis dans le DSM-IV-TR (APA, 2000), à l'exception du syndrome de Rett, qui devient un diagnostic différentiel.

Rapin (1997) a fait une synthèse du trouble dans laquelle elle aborde, outre les manifestations, les causes, l'évolution et le pronostic. Elle confirme que les données empiriques suggèrent une ou des origines neurobiologiques et génétiques de l'autisme. Plusieurs chercheurs croient qu'une prédisposition ou une vulnérabilité de cette nature pourrait se combiner à des facteurs d'environnement précipitants, telles les modifications dans l'évolution des maladies infectieuses, les pesticides, les médicaments, les changements alimentaires, les additifs et agents de conservation, la dysbiose intestinale et les métaux lourds (Shattock, 2003). Les vaccins aussi, en bas âge, ont été mis en cause sans qu'aucune recherche ne puisse conclure au lien causatif de façon probante, bien que se multiplient les éléments incriminants (Kirby, 2005). Un tel courant de pensée « organistique » sur les causes de l'autisme contrevient de façon décisive aux hypothèses antérieures de souche psychanalytique, aujourd'hui récusées. La prépondérance des preuves empiriques actuelles ne supporte aucunement l'idée selon laquelle la cause profonde de l'autisme résiderait, par exemple, dans les attitudes inconscientes supputées des mères « réfrigérateurs ».

Bernadette Rogé (2003) estime, en faisant référence aux théories psychodynamiques accusant les parents d'être responsables de la condition de leur enfant, que ces prétentions sont aujourd'hui intolérables (p. 2): (Je dois) me montrer beaucoup plus sévère à l'égard des personnes qui encore aujourd'hui s'accrochent avec une conviction suspecte à des modèles que tout porte à remettre en question. Si l'indulgence est en effet de mise pour les pratiques du passé, il me semble très coupable de s'adonner de nos jours à un type d'errances intellectuelles qui pour être parfois brillantes n'en sont pas moins erronées sur le plan scientifique et destructrices sur le plan humain. L'origine biologique de l'autisme peut maintenant être affirmé. Evacuée la choquante théorie de la responsabilité parentale, il devient possible de s'associer aux parents pour comprendre l'autisme, en alléger les conséquences au quotidien, et permettre aux familles d'accéder à une meilleure qualité de vie.

Du trouble autistique résultent une incapacité complexe et une entrave majeure au développement qui apparaissent dans les trois premières années de la vie. De plus, la gamme autistique, en se matérialisant, varie à l'infini. Chaque enfant est un cas différent et son intégration, un cas d'espèce. Quant à la prévalence de l'autisme, elle n'est pas connue avec certitude, mais on estime que l'ensemble des TED pourrait atteindre 60 cas sur 10000 (Fombonne, 2003). Aux États-Unis, selon le US Department of Education, l'augmentation sur dix ans (1992-93 à 2002-03) a été de 870% (Gallup, 2003). Au Québec, l'alarme est également sonnée (Yazbak, 2004). Enfin, rappelons que l'autisme affecte quatre fois plus de garçons que de filles et ne connaît aucune barrière ethnique, sociale ou économique (Autism Society of America, 2000).

En 2012 aux États Unis d'Amérique, Autism And Developmental Disabilities Monitoring (ADDM) a estimé une prévalence combinée des TSA à 14,5 pour 1000 chez les enfants âgés de huit ans (8 ans), soit un enfant sur 69. Cette étude s'est réalisée dans les 11 sites suivants: Arkansas, Arizona, Colorado, Géorgie, Maryland, Missouri, New Jersey, Caroline du Nord, Caroline du Sud, Utah et Wisconsin)

En France par exemple la prévalence estimée des TED (Troubles Envahissants du Développement) est de 6 à 7 pour mille personnes de moins de 20 ans (soit 1 pour 150) dont autisme infantile: 0,20%, dont autres TSA: 0,47% dont autisme infantile avec retard mental profond: 0,08% a éveillé la pression des parents des enfants autistes et des institutions spécialisées. Cela a contribué au changement des mentalités et a poussé l'Etat Français à faire sienne dans sa politique, la question de la scolarisation des enfants autistes.

En Afrique, peu d'études ont été réalisées dans le cadre des TSA. En 2016, une étude réalisée chez 276 élèves du primaire et 445 du second au sud-est du Nigéria a estimé la prévalence de l'autisme à 2,9%. En 2017, Touré a validé un outil de dépistage de l'autisme: le checklist modifiée de l'autisme chez les nourrissons (M-CHAT-R). Cette validation a concerné Bamako le district et a considéré le contexte socioculturel malien. Lors de cette étude, le risque du TSA était modéré ou élevé chez 10% des nourrissons âgés de 18-24 mois (n=947) après l'administration du M-CHAT-R.

En 2018, Dembélé a mené une étude sur les connaissances, attitudes et pratiques de l'autisme chez 329 personnes à Bamako. L'étude a rapporté que 71.9% des enquêtés qui étaient agents de santé en majorité (82.4% des étudiants; 51.2% des médecins et 12.5% des journalistes) se disaient n'avoir jamais rencontré un enfant autiste auparavant. En 2019, l'étude de Sidibé a trouvé que la fréquence hospitalière du TSA était de 4,5% (n=2,343). L'âge moyen de la première visite ambulatoire chez les enfants autistes dans cette étude était de 7,64 ans.

En 2019, HAIDARA a mené une étude sur les connaissances de l'autisme chez les professionnels de santé de Bamako, utilisant un format de pré test et de post test avec une formation séparant les deux tests. Lors de son étude, les Directeurs Techniques de Centres (DTC) étaient les plus représentés (n=44). Son étude a rapporté qu'avant la formation (pré test), 27,3% des DTC pouvaient diagnostiquer l'autisme contre 81,8% après la formation (Post test). Par ailleurs, aucun D.E.S (n=6) en Neurologie ne pouvait diagnostiquer l'autisme au pré test contre 100% au post test.

Les africains ont une approche singulière sur les troubles mentaux et troubles du comportement. Pour eux, la présence d'un trouble mental ou du comportement chez une personne de la famille, est un signe qu'il y a eu une transgression d'un interdit. Selon Sow (1977) c'est un désordre par opposition à l'ordre culturel, car c'est une violation subie par Ego qui est conçu comme une totalité ordonnée, et constitué par une triple relation polaire qui le situe:

- *Verticalement*: dimension physiologique: par rapport à l'Etre Ancestral-pôle majeur. Sur « Lui » repose tout le reste.
- *Horizontalement*: dimension socioculturelle: par rapport au système des alliances et à la communauté élargie.
- *Ontogénétiquement*: dimension de l'Existant: par rapport à son individualité étroitement liée à son lignage et à la famille restreinte. Donc le trouble mental c'est l'Ego violenté par la rupture, provoquée par une altérité agressive, de l'un ou l'autre de ses liens, issus des pôles fondamentaux constitutifs » (Sow, 1977, p30).

Certaines sociétés africaines expliquent l'autisme par des approches magico-religieuses. Les africains attribuent à l'autisme les causes mystiques telles que la colère des dieux, les reflets de la méchanceté humaine, le résultat d'une relation incestueuse, la malédiction d'une lignée liée aux mauvaises pratiques des ancêtres, la transgression des interdits par la femme enceinte et beaucoup d'autres préjugés culturels comme par exemple comme les enfants vendus dans la sorcellerie, enfant serpent. En 2010, lors des 4èmes Journées Camerounaises de l'Autisme, organisées par le Centre Orchidée Home sous tutelle du Ministère camerounais des Affaires Sociales, en prélude à la Journée Mondiale de Sensibilisation à l'Autisme, Dr. Ntoné Enyimè, Pédiopsychiatre constate que « dans notre société, parfois l'enfant autiste est taxé d'être obsédé autrement dit, habité par les mauvais esprits ».

En République Démocratique du Congo, il y a des signifiants utilisés pour identifier cette catégorie d'enfant handicapés mentaux à l'instar de l'autisme: *Banamayi* (les enfants possédant les esprits de la rivière); *Kizengi, zengi, Kizengeya* (un idiot); *Zoba Zoba, Zowa* (un enfant qui ne comprend rien, un vaurien); *Ndoki* (un sorcier); *Diabolo* (un diable); *Niciol* (un retardé mental); *Kiyungu* (un enfant qui ne se retrouve pas dans la vie, qui ne s'adapte pas dans la société); *Eyéek, Etié* (un vaurien, un imbécile), *kilau* (un têtard qui manifeste volontairement des mauvais comportements).

Cette conception africaine du handicap mental ou du trouble du comportement explique même la prise en charge réservée à ces genres de troubles. Pour la plupart des cas, il y a des rites de purifications que subissent les familles qui ont les enfants handicapés mentaux, d'autres aillent déposer l'enfant handicapé au bord de la cour d'eau, autres sont amenés chez les guérisseurs où on les scarifie dans le but de faire sortir d'eux les esprits démoniaques. Au Cameroun, 100.000 enfants étaient atteints d'autisme en 2014 (Koki Ndombo, 2015), un chiffre qui inclut d'autres formes d'autisme.

En 2019 une étude menée par Chiabi et al., a estimé la prévalence de l'autisme chez les enfants d'âge scolaire à 1,87% dans la région de l'ouest du Cameroun. Dans la même mouvance, une autre étude réalisée en 2021, par Ngaba et al., Dans la ville de Yaoundé, a déclaré que 0,87% des enfants âgés de 2 à 15 ans présentent un trouble du spectre de l'autisme. Il est à noter que les données épidémiologiques sur l'autisme au Cameroun restent limitées et nécessitent des études plus approfondies sur l'ensemble du territoire pour avoir une image plus précise de la situation. Le manque de sensibilisation et de services adaptés constitue également un défi majeur pour le diagnostic et la prise en charge des personnes avec un trouble du spectre de l'autisme dans le pays.

S'agissant du suivi scolaire des enfants en situation de handicap en général et des enfants en situation de trouble du spectre autiste (TSA) en particulier, un défi reste à relever soit du fait que la nécessité des infrastructures, la mobilisation du budget,

la formation du personnel qualifié reste un impératif majeur pour la réussite scolaire de ceux-ci. Depuis la fin des années 1970, la tendance gouvernementale est d'encourager l'intégration scolaire des élèves handicapés ou en difficulté d'apprentissage ou d'adaptation (EHDA) dans un cadre le plus normalisant possible (Beaupré & Poulin, 1993). Cette catégorie inclut, entre autres élèves, ceux présentant un trouble du spectre de l'autisme (TSA). Dans cette perspective, on peut anticiper que le suivi scolaire exigera certaines adaptations de la part de l'enseignant. À cet effet, un jugement de la Cour d'appel du Québec a décrété, en 2006, que le seul placement d'un élève en difficulté dans une classe ne suffit pas à sa réussite scolaire. Il incombe donc que l'enseignant bénéficie au préalable d'une attention spécifique le préparant au suivi scolaire de l'élève, qu'une adaptation du programme d'enseignement et du matériel pédagogique soit faite en fonction des difficultés présentées par l'élève et que le bulletin scolaire illustre l'évolution de ce dernier à l'intérieur du contexte de classe.

Le suivi scolaire de l'élève atteint du trouble du spectre de l'autisme, quant à lui, renvoie au placement d'un élève présentant des difficultés dans une classe pouvant: a) répondre à ses besoins, b) correspondre à ses capacités et c) être en mesure de faciliter ses apprentissages ou son insertion sociale (Goudreau, 2010; Potvin & Lacroix, 2009). Toutefois, cette pratique ne doit pas brimer les droits des autres élèves de la classe, ni leur causer de contraintes excessives (Goudreau, 2010).

Aussi, le suivi scolaire nécessite une évaluation des capacités de l'élève afin de s'assurer qu'il est en mesure (Beauregard & Trépanier, 2010; Boutin & Bessette, 2009). Selon Beauregard et Trépanier (2010), lorsque cette évaluation indique que l'élève en difficulté n'est pas suffisamment outillé pour le faire, il revient aux enseignants de lui fournir des moyens qui lui permettront un fonctionnement adéquat en classe. Cette capacité de l'enseignant ne peut être faite que lorsqu'il porte une attention particulière à l'élève en situation de handicap.

En France par exemple, des lois insistant sur un pluralisme des prises en charge en plus de l'accompagnement éducatif, pédagogique, thérapeutique et sociales sont mises en place. La loi handicap du 11 février 2005 contre la discrimination des handicapés, donne le droit d'inclusion scolaire de tout enfant porteur de handicap y inclus l'autisme. Partant de ce fait, le suivi scolaire des élèves autistes s'est frayé un chemin dans le système éducatif Français. Les élèves autistes peuvent aujourd'hui être inscrits dans des établissements ordinaires ou spécialisés. Donc, en France le système éducatif est inclusif et cette inclusion repose sur deux points essentiels qui sont les suivants:

- Le déploiement des enseignants référents;
- Un effort croissant de formation des enseignants.

Une étude exploratoire menée par Gibb et al. (2007) auprès d'enseignants du primaire a permis d'identifier certains facteurs susceptibles de nuire à la qualité du suivi d'élèves présentant des besoins spéciaux. Ainsi, des stratégies d'enseignement inappropriées, tels qu'un manque d'habiletés d'adaptation des connaissances sur les besoins des élèves ayant un TSA à un élève en particulier, est une limite au progrès de l'élève. En considérant qu'en classe, l'accent est mis sur la capacité de l'élève intégré à suivre le curriculum scolaire régulier, l'importance de l'adaptation des stratégies d'enseignement devient d'autant plus nécessaire (Gibb et al., 2007).

Dans sa politique de l'adaptation scolaire, le Ministère de l'Éducation du Québec (MEQ, 1999) destinait deux de ses six voies d'action au rôle de l'enseignant travaillant auprès d'élèves en difficulté afin de clarifier ce qui est attendu de lui. Toutefois, lors du bilan de cette politique effectuée par le Ministère de l'Éducation, du Loisir et du Sport (MELS) en 2008, il a été impossible d'évaluer la qualité et la nature des services rendus par les enseignants aux élèves en situation de handicap, car aucun indicateur du suivi scolaire n'était disponible. En effet, il semble qu'aucune recommandation gouvernementale n'ait été suggérée dans la politique de l'adaptation scolaire de 1999 quant aux moyens ou techniques que les enseignants devraient privilégier dans un tel contexte afin d'optimiser la réussite scolaire (Ducharme, 2008).

Ce faisant, les enseignants doivent définir leur rôle et placer leurs priorités de façon individuelle, en se basant sur leur propre définition de ce qu'est de la prise en charge d'un élève présentant le trouble du spectre de l'autisme. En retournant aux travaux de Gibb et de ses collègues (2007) qui soulignent l'importance des stratégies d'enseignement choisies sur la réussite de l'élève, on peut se questionner sur l'effet de l'individualisation des méthodes de travail des enseignants. Ainsi, un choix de méthodes d'enseignement, sans avoir accès à des recommandations de meilleures pratiques à adopter face à des élèves en difficultés, risque de compliquer la tâche de certains enseignants.

Par la politique de l'éducation inclusive, le système éducatif Camerounais donne une place aux enfants handicapés en général et aux enfants autistes en particulier mais en sachant le déficit développemental qu'a connu l'enfant atteint d'autisme, cette place ne suffit pas car il faut en premier temps que les enseignants aient une perception autre du trouble du spectre de l'autisme, en plus une éducation usant des stratégies adaptées et que l'état forme de plus en plus le personnel à ce type de handicap. Il y a un défi à relever à ce niveau car au Cameroun il y a peu d'écoles, de centres ou institutions publiques et privées spécialisés dans l'éducation des enfants atteints d'autisme.

Au Cameroun, le premier instrument est la constitution camerounaise du 18 Janvier 1996. Dans son préambule il est stipulé que « l'Etat assure à l'enfant le droit à l'instruction, l'enseignement primaire est obligatoire, l'organisation et le contrôle de l'enseignement à tous les degrés sont les devoirs impérieux de l'Etat ». Aussi la loi 2010 /002 du 13 Avril 2010 portant protection et promotion des personnes handicapées donne une place à l'éducation des handicapés en général.

Partant de ces textes juridiques, nous voyons que dans le système éducatif Camerounais, une place particulière est accordée aux personnes handicapées en général. Ici alors on peut se poser la question de savoir quel est l'état de la situation sur le suivi scolaire des enfants atteints d'autisme dans le système éducatif camerounais ? la réponse à cette question reste encore attendue parce qu'il y a peu d'études qui traite la question. C'est pourquoi notre étude vient dans l'objectif d'apporter une réponse quant à la perception des enseignants dans le suivi scolaire des élèves avec un trouble du spectre de l'autisme.

2 METHODOLOGIE

Cette étude est qualitative, puisqu'elle fait un arrêt sur la compréhension de la perception du handicap des enseignants du primaire quant au suivi scolaire des élèves avec un trouble du spectre de l'autisme. L'étude se focalise sur l'étude de cas. Le choix porté sur cette recherche est parce que, l'exploration de la personnalité et l'appréhension de la perception du handicap des enseignants du primaire quant au suivi scolaire des élèves avec un TSA est mise en exergue. Cinq enseignants ayant un TSA dans leur classe ont participé à la réalisation de cette étude.

Les participants de cette étude ont entre deux années et cinq années d'expérience. Les enseignants de l'étude travaillent dans les différentes écoles primaires de la ville de Yaoundé. Deux des enseignants de l'étude ont reçu une formation spécialisée concernant le TSA pendant leur cursus professionnel et les trois autres non jamais été confronté pendant leur formation au TSA.

À la suite d'une revue de la littérature sur le sujet du suivi scolaire d'élèves en difficultés et, en particulier, celle des élèves présentant un trouble du spectre de l'autisme (TSA), un guide d'entretien a été conçu. Ce guide a servi à éclaircir, selon les enseignants les caractéristiques personnelles des élèves présentant un TSA dans leur classe, la relation qu'elles ont avec eux-ci, la perception qu'ils ont de l'éducation inclusive, les caractères que doivent avoir un enseignant dans une école inclusive, les méthodes propres à l'amélioration des conditions d'apprentissage des élèves en situation de handicap, la perception qu'ils ont du trouble du spectre de l'autisme, les difficultés rencontrées dans l'exercice du métier d'enseignant en rapport avec les élèves vivant avec un trouble du spectre autistique au quotidien.

La collecte des données s'est réalisée pendant le mois de mai 2024. La rencontre avec les enseignants s'est faite dans leur lieux de travail pendant les poses. Les entretiens réalisés ont duré de 30 à 45 minutes, les cinq entretiens réalisés pour cette étude se sont déroulés en individuel et ont tous été enregistrés à l'aide d'un dictaphone, et ce après l'accord des participants. Chaque enseignant de l'étude a eu à deux entretiens soit dix au total. Concernant le respect de la confidentialité et de l'anonymat, nous les avons surnommées: enseignant un, deux, trois, quatre et cinq.

Les données de l'étude ont été soumises à une analyse thématique (Miles & Huberman, 2003; Paillé & Mucchielli, 2008) afin de dégager des thèmes des verbatim des entretiens préalablement transcrits. L'analyse du contenu des entretiens offre un bon aperçu de la perception de l'éducation inclusive en générale et le trouble du spectre de l'autisme en particulier, en lien avec le suivi scolaire telle qu'elle a été présentée par les enseignants qui ont participé à l'étude.

3 RESULTATS

Nous allons dans cette partie faire en premier temps la présentation des participants de l'étude et en deuxième temps l'analyse des données collectées.

3.1 PRESENTATION DES PARTICIPANTS

Dans cette section, il sera pour nous de faire une présentation des enseignants qui ont participé à la réalisation de cette étude en se focalisant sur leur statut professionnel, sexe, âge, niveau d'étude, ethnie et classe enseignée.

- **L'enseignant un**

Est un éducateur spécialisé. Agé de 25 ans et de sexe masculin, son niveau d'étude est le master. Il est d'ethnie sawa et enseigne la classe de la CIL (Circle d'Initiation à la Langue). Pendant l'entretien, l'enseignant nous fait comprendre que c'est depuis trois ans qu'il est au contact avec les enfants présentant un trouble du spectre de l'autisme.

- L'enseignant deux

De sexe féminin, elle est une institutrice et âgée de 39 ans, elle est d'ethnie beti et enseigne la classe du CM1 (cours Moins 1), son niveau d'étude est le bac. Elle nous dit dans son discours que c'est depuis cinq ans qu'elle a dans sa classe des élèves avec un TSA.

- L'enseignant trois

Agé de 40 ans et de sexe masculin. Il est un éducateur spécialisé et enseigne la classe du CP (Cours Préparatoire), il est détenteur d'une licence. Il vient de la région de l'ouest et il est d'ethnie bamileké. L'enseignant trois pendant les entretiens, nous fait savoir qu'il est avec se type de handicap depuis plus de quatre ans.

- L'enseignant quatre

De sexe féminin, elle est âgée de 30 ans. Originaire de la région du sud (bulu), elle tient la classe du CM2 (Cours Moins 2). Elle est institutrice, son niveau d'étude est le bac. Dans le déroulé de son entretien, elle laisse savoir qu'elle est en relation avec les élèves TSA depuis plus de cinq ans.

- L'enseignant cinq

De sexe féminin, elle est d'ethnie bamileké. Elle est âgée de 35 ans et est institutrice. Son niveau d'étude est le probatoire. L'enseignant cinq enseigne la classe du CE1 (Cours Élémentaire 1). L'enseignant cinq est au contact avec les élèves présentant un TSA depuis deux ans.

3.2 ANALYSE DES DONNEES COLLECTEES

3.2.1 PERCEPTION DE L'ÉDUCATION INCLUSIVE DANS CERTAINES ÉCOLES DE LA VILLE DE YAOUNDE

Pour mieux appréhender la perception des enseignants quant au TSA, il est important de faire un premier arrêt sur leur perception de l'éducation inclusive.

Les cinq enseignants qui ont participé à la réalisation de l'étude déclarent avoir déjà entendu parler de l'éducation inclusive. Deux d'entre eux (1 et 3) affirment l'avoir connue pendant le processus de formation et les trois autres (2, 4 et 5) nous déclarent avoir pris connaissance de l'éducation inclusive dans les médias, les journées pédagogiques etc. à travers les propos des enseignants, il ressort que d'une manière ou d'une autre, ils ont une idée sur l'éducation inclusive.

Pendant les entretiens avec les enseignants, il ressort de leur discours concernant la perception de la question de l'éducation inclusive et dans quelles sphères sociales (établissements scolaires) ce type d'éducation est mis en pratique dans la ville de Yaoundé que l'éducation inclusive est effective au Cameroun notamment dans les écoles primaires. Pour trois des enseignants (1, 3 et 4), les enseignants manquent quelque fois les connaissances théoriques, techniques et pratique pour encadrer leurs élèves à besoins spécifiques. Cependant pour les deux autres (2 et 5), il se basent sur les effectifs pléthoriques qui existe dans les salles de classes et qui ne permet pas toujours de porter l'attention sur les élèves handicapés. Mais pour eux, il serait important pour chaque enseignant de toujours prendre en compte des élèves en difficulté d'apprentissage.

Quant aux raisons qui ont motivées l'instauration de la question de l'éducation inclusive dans les discours et les pratiques gouvernementales au Cameroun, les enseignants un et trois qui ont participé disent que le gouvernement est dans une promotion pour l'éducation pour tous. L'enseignant deux affirme que la principale raison est basée sur la conformité des standards du system éducatif dans le monde. Pour les enseignants quatre et cinq, le gouvernement est dans une logique de matérialiser un des droits fondamentaux des personnes en situation de handicap.

En ce qui concerne le modèle d'éducation tel qu'il est mis en œuvre dans les écoles primaires dans la ville de Yaoundé, les enseignants de l'étude se rejoignent sur le fait que les avancés sont appréciables. Les enseignants un, deux, trois et quatre proposent qu'il faille renforcer les compétences du personnel enseignant et associer d'autres professionnels spécialisés dans l'encadrement des personnes à besoins spécifiques.

3.2.2 PERCEPTION DU TROUBLE DU SPECTRE DE L'AUTISME EN SITUATION DE CLASSE DANS CERTAINES ÉCOLES DE LA VILLE DE YAOUNDE

Les enseignants de l'étude quant à la perception du trouble du spectre de l'autisme affirment qu'il est très important d'apporter un supplément de temps quant au suivi des élèves. Pendant les entretiens, ils déclarent avoir déjà entendu parler du TSA. Les enseignants un et trois, disent que c'était dans leur formation d'éducateur spécialisé et les enseignants deux,

quatre et cinq disent que c'est après avoir été recruté dans l'école qu'ils ont été confrontés dans les différentes classes au TSA. Il se traduit des propos des enseignants qu'ils ont une connaissance sur le TSA.

Les participants de notre étude pensent que le TSA est un trouble comme tous les autres. Cependant, il serait nécessaire pour les éducateurs d'avoir de l'écoute, la compassion ainsi que de l'intérêt pour les élèves avec un TSA. Pour eux, chaque enseignant doit être capable de se donner en plus pour l'éducation des élèves avec un handicap. Pour l'enseignant quatre par exemple, il pense qu'avoir un élève avec un TSA dans une classe est une bénédiction de Dieux.

Connaissances des enseignants sur les TSA. Les participants un et trois nomment des caractéristiques du TSA qui sont liées aux trois sphères développementales, soit aux comportements et intérêts restreints ou stéréotypés, aux interactions sociales et à la communication. D'autres éléments descriptifs du TSA soulevés par les enseignants deux, quatre et cinq sont l'anxiété, les comportements perturbateurs et des singularités dans la perception de l'environnement. Finalement, quatre enseignants (deux, trois, quatre et cinq) mentionnent des troubles pouvant être inclus dans les TSA, tels que l'autisme et le TED non-spécifié.

Trois participants (deux, quatre et cinq) ne connaissent pas le diagnostic précis des élèves avec un TSA dans leur classe. En général, ils en dressent un portrait positif tant sur les plans des traits de caractère et du fonctionnement en classe que sur ceux des compétences académiques et de la capacité à s'intégrer au groupe régulier et à son rythme d'avancement. Trois enseignants (un, deux et cinq) notent des difficultés chez les élèves présentant un TSA dans leur classe, sans pour autant les juger insurmontables. En ce qui concerne les sphères d'atteintes du TSA, les cinq participants de l'étude identifient la communication comme susceptible de causer le plus de problèmes pour le suivi scolaire de l'élève.

Bien que quatre enseignants (deux, trois, quatre et cinq) relèvent de la rigidité chez l'élève ayant un TSA, seulement trois (trois, quatre et cinq) d'entre eux identifient la sphère comportementale comme la plus nuisible dans son intégration. La proportion est la même en ce qui concerne la sphère des interactions sociales. Malgré ces résultats, deux enseignants (quatre et cinq) disent que le TSA présent chez l'élève dans leur classe n'est pas trop apparent, ni par conséquent trop dérangent pour le fonctionnement général.

Pour quatre participants (un, deux, trois et quatre), les caractéristiques individuelles de l'élève ayant un TSA sont un critère important dans la faisabilité de son suivi scolaire. Ainsi, les symptômes du TSA présents chez ces derniers ne doivent pas être trop incapacitants, l'élève devant notamment être verbal et en mesure de socialiser. De plus, les cinq participants mentionnent que l'élève doit être en mesure de suivre le cursus scolaire régulier.

Les cinq participants mentionnent que la formation spécialisée offerte par les écoles de formations est un déterminant important du suivi scolaire. À cet effet, deux enseignants (un et trois) ont bénéficié de formations sur le suivi scolaire d'élèves présentant un TSA en classe. Leur opinion sur ces formations est partagée, un d'entre eux les jugeant motivantes et stimulantes, l'autre y percevant les adaptations suggérées comme stressantes, notamment en raison d'un manque de temps pour appliquer efficacement les adaptations suggérées. De plus, les deux se plaignent d'un manque de lien avec la pratique professionnelle réelle à l'intérieur des formations reçues ainsi que de périodes d'enseignement trop courtes ne permettant pas assez d'élaboration sur la matière.

Les trois enseignants (deux, quatre et cinq) n'ayant pas reçu de formation spécialisée en attribuent la cause à eux même. Finalement, quatre participants (deux, trois, quatre et cinq) proposent des moyens de compenser le manque de formations ou encore les éléments manquant dans celles-ci, par exemple par la recherche de l'expertise de leurs collègues et par des lectures.

En ce qui concerne l'expériences en matière de trouble du spectre autistique dans les écoles, les participants dans leur propos disent ne pas avoir le choix. Par exemple l'enseignant un affirme au cours des entretiens qu'il est presque tout le temps en train de le contrôler, le canaliser pour qu'il soit concentré dans la prise des notes. Pour les autres enseignants, c'était très compliqué au début mais, au fil du temps, ils se sont adaptés et trouve de l'intérêt à s'occuper d'eux. Il ressort des discours des participants que le fait pour eux d'avoir des élèves avec un TSA va créer une capacité d'adaptation, une flexibilité dans l'horaire et la sensibilité aux besoins de l'élève.

S'agissant de la prise des notes en classe par les élèves présentant un trouble du spectre de l'autisme, les enseignant de l'étude utilisent plusieurs stratégies. Par exemple pour les enseignants un, trois et cinq, la prise des notes n'est pas toujours l'objectif principal en situation de classe. Parce que pour eux, l'élève peut faire des copies mais ne rien comprendre à ce qu'il recopie. Voilà pourquoi il est nécessaire pour les enseignants avec les élèves présentant un trouble du spectre de l'autisme d'utiliser une pédagogie efficace. Pour ces trois enseignants, il faut par exemple un aménagement du contenu, simplifier les leçons et aller à l'essentiel.

Dans le discours des enseignants deux et quatre, il est important d'associer pendant les leçons, des supports visuels (pictogrammes, routine et consignes écrites) dans le but de faciliter la compréhension. Il est important de signaler que les cinq participants de l'étude se disent confiants quant à leur capacité à le faire quant aux adaptations nécessaires à la tâche du suivi

des élèves. Les participants affirment qu'en situation de classe, chaque élève avec un trouble du spectre de l'autisme présente des comportements différents, certains peuvent écrire, recopier, imiter et d'autres non. Tous s'accordent sur le fait que en tant qu'enseignant, il faut maintenir un horaire fixe et des vérifications fréquentes du travail exécuté par l'élève ayant un TSA.

Dans un contexte de classe où il y a les enfants avec un handicap et ceux ne vivant pas avec un handicap, les enseignants de notre étude se rejoignent sur le fait qu'il faut d'abord établir le profil de fonctionnement individuel de chacun de nos élèves. Aux élèves avec un handicap, les enseignants deux, quatre et cinq, disent qu'il faut leur accorder un temps supplémentaire de soutien question de se rassurer pour chacun de l'accès effectif au contenu. Alors que les enseignants un et trois disent favoriser l'entraide entre les élèves de profils variés.

Pour le matériel pédagogique utilisé envers les élèves avec un TSA, nous observons que les participants sont toujours dans une quête de bien faire. C'est pourquoi ils se demandent toujours ce qu'il faut modifier et comment ? afin que tout le monde puisse avoir accès au contenu de la leçon. Dans cette logique, plusieurs supports sont utilisés (physiques, manipulable, photos, dessins, images etc.). Le fait que ces outils sont achetés ou fabriqués par les participants, montre à suffisance que les enseignants de l'étude portent une attention particulière quant au suivi scolaire des élèves présentant un TSA.

Comme dans tout métier, il existe des difficultés qu'il faut surmonter dans la pratique. Les enseignants un, quatre et cinq, portent plus la difficulté sur les parents qui ne sont pas outillés et parfois démissionnaires. Les enseignants deux et trois parlent plus des ressources techniques, matériels. Pour eux, les formations ne sont pas toujours accessibles. De plus, d'autres facteurs nuisibles à cette relation sont soulevés par les enseignants, dont un manque d'implication des parents dans le processus scolaire et la difficulté que peuvent avoir ces derniers à accepter le diagnostic de leur enfant.

Pour surmonter les difficultés, les enseignants un et trois organisent les rencontres avec les familles pour leur donner les petites astuces et conseils spécifiques sur les problèmes que rencontrent leurs enfants. Les enseignants deux, quatre et cinq pour être au même niveau, fabriquent ou recyclent le matériel didactique. Les trois enseignants (deux, quatre et cinq) qui n'ont pas reçu la formation, disent se former sur le terrain et parfois payent eux même les frais de formation.

De ce qui précède, nous observons à travers les entretiens que, les participants de l'étude sont dans une logique de mettre les élèves avec un TSA au même niveau d'apprentissage que les élèves ne présentant pas un handicap dans leur différente classe. Le fait pour ces participants de prendre en compte l'éducation inclusive, va traduire la perception de ceux-ci quant au suivi scolaire des élèves avec un TSA. Allant dans ce sillage, plus l'enseignant perçoit le handicap comme étant surmontable, plus, le processus de suivi s'installe et l'élève en situation de handicap réussit dans sa scolarisation.

4 DISCUSSION

L'objectif de cette étude était de décrire la perception du handicap des enseignants du primaire quant au suivi scolaire de l'élève présentant un TSA. Les entretiens réalisés ont permis d'épiloguer sur les éléments importants à la réussite d'un tel projet, les connaissances des participants sur l'éducation inclusive et la perception qu'ils ont du TSA. L'étude a aussi permis de dégager certaines informations sur les relations entretenues entre les différentes personnes impliquées dans le suivi scolaire. Il en ressort que, conformément aux travaux de Bélanger (2006), les déterminants du suivi scolaire de ces élèves s'inscrivent à l'intérieur de l'intervention. Ainsi, comme il est mentionné dans la présentation des résultats, il arrive que la bonne volonté de l'enseignant quant à l'utilisation de supports visuels (pictogrammes, routine et consignes écrites,...) permet d'adapter l'enseignement à un élève ayant un TSA. De plus, l'encadrement individualisé de ce dernier, par exemple en vérifiant de façon plus systématique son travail, permettrait à l'enseignant d'assurer le suivi scolaire de l'élève (Bélanger, 2006; Massé, 2004; Poirier et al., 2005; Rousseau, Vézina & Dionne, 2006).

Toutefois, il est nécessaire de dire que la perception du handicap des enseignants c'est-à-dire la manière dont ils intègrent le handicap est très capitale pour le suivi scolaire de l'élève avec un TSA. Cette étude va en droite ligne avec celles de (Odom, 2000; Mesibov & Shea, 1996; Rivard & Forget, 2006) qui stipulent que plus l'enseignant intègre le trouble dans son fonctionnement psychique, la relation de l'enseignant avec son élève autiste est de bonne qualité, plus le suivi scolaire de l'élève s'intensifie.

Un autre critère de faisabilité, soulevé par les participants de l'étude, est la capacité à suivre le cursus scolaire régulier, cette donnée allant de pair avec les observations de Gibb et de ses collègues (2007). Tel que proposé par Laurin et Doré (2003) et par Topping (1988), plusieurs enseignants ont besoin de mobiliser de l'énergie psychique ainsi que faire recours au soutien par les pairs afin d'avoir une perception positive du trouble pour pouvoir aider l'élève avec un TSA dans son apprentissage en classe.

Avec (Laushey & Heflin, 2000; Poirier et al., 2005), tout indique que la manière donc les enseignants perçoivent le handicap ont un effet important sur l'apprentissage chez l'élève ayant un TSA, il apparaît ainsi important de les préparer à sa réussite

scolaire. En effet, en sensibilisant ces derniers aux particularités du TSA (ex. le mode d'entrée en relation, le caractère restreint de certains comportements et intérêts,...), ils deviennent plus aptes à adopter des comportements adéquats envers l'élève avec un TSA. Ce faisant, l'élève ayant un TSA évitera peut-être d'être rejeté par ses enseignants, une situation identifiée par certains participants comme une atteinte au bon déroulement du suivi scolaire.

Ainsi, pour plusieurs participants, la relation entre avec les élèves semble plus facilement établie. Ils expliquent la situation par une tâche de suivi maison-école qui revient fréquemment ainsi que par un manque de temps à leur disposition pour effectuer ce type de suivi au quotidien. Néanmoins, il ressort du discours des enseignants que, bien qu'ils n'assurent généralement pas ce suivi eux-mêmes, il leur apparaît primordial. Les participants déplorent que l'absence de collaboration avec les parents ne permette pas de créer de lien et brime le suivi, ce qui confirme les avancés de Bélanger (2006) et Massé (2004).

L'accompagnement en classe de l'élève présentant un TSA dépend de la perception que les enseignants se font du trouble (Poirier et al., 2005). Ainsi, la majorité des enseignants interrogés bénéficient de l'aide d'un des collègues à l'intérieur de leur classe et ce à une fréquence adaptée aux besoins de l'élève avec un TSA. Alors que plusieurs mentionnent que cette aide est bénéfique pour tous, d'autres soulèvent des difficultés relevant de la relation entretenue entre l'élève ayant un TSA et les parents. Ceci dit, la perception du handicap des enseignants impacte sur le suivi scolaire des élèves avec un TSA.

La présente recherche comporte deux limites qu'il importe de souligner. Ainsi, en raison de la nature exploratoire du devis de recherche, il incombe de s'attarder à la composition de l'échantillon. Ainsi, il devient difficile de généraliser des résultats basés sur un échantillon formé d'un petit nombre de participants, qui sont exclusivement des personnes travaillant dans la ville de Yaoundé. De plus, l'étude se limitant à l'école primaire, la problématique du suivi scolaire d'élèves ayant un TSA en classe demeure incomplet. Toutefois, il est estimé qu'en se concentrant sur ce niveau scolaire, il a été possible de réduire la variabilité issue de trop grands écarts d'âge entre les élèves avec un TSA et de structures scolaires qui varient de façon importante entre le primaire et le secondaire.

5 CONCLUSION

Le manque de formation universitaire concernant les élèves en difficulté place parfois les enseignants qui arrivent sur le marché du travail dans des situations susceptibles de dépasser leurs capacités (Boutin et Bessette, 2009). D'ailleurs, plusieurs participants mentionnent s'être retrouvées dans un contexte d'intégration d'un élève présentant un TSA sans avoir manifesté leur intérêt pour le faire ou encore sans avoir une expérience connexe à cette situation d'enseignement. Il semble qu'un bon moyen de pallier ce problème serait d'augmenter la disponibilité de formations spécialisées dans les milieux scolaires (Ilanlongo, 2007).

Ainsi, ces mêmes enseignants se disent intéressées à participer à ce type de formations, en autant que leur commission scolaire leur en facilite l'accès. Chez ceux qui ont reçu une formation à l'enseignement aux élèves ayant un TSA, le manque de temps pour réaliser les adaptations proposées ressort comme un obstacle majeur. Ces enseignants soulèvent aussi qu'ils aimeraient avoir un lien plus direct avec la pratique professionnelle réelle à l'intérieur des formations spécialisées et que celles-ci leur soient offertes dans un format plus long afin qu'ils puissent bénéficier d'une plus grande élaboration sur la matière. En contrepartie, comme il est mentionné dans les travaux de Bélanger (2006), de McGregor et Campbell (2001), bon nombre d'enseignants se tournent vers leur expérience pour pallier les manques en termes de formation spécifique.

Toutefois, Il est donc important que la question de l'efficacité des établissements scolaires inclusifs au Cameroun soit pensée afin que les enseignants puissent avoir de plus en plus une autre perception du handicap pour prendre en compte les réalités des enfants avec un TSA (Teil, 2006). En outre, les différents intervenants (élèves, enseignants, administrateurs, etc.) devraient être préparés à affronter le défi de l'éducation inclusive, afin de parvenir à réduire ses effets dévastateurs sur le suivi scolaire de l'élève en situation de handicap. Ceci pourrait contribuer non seulement à accroître le sentiment du vivre-ensemble, mais aussi à faciliter l'adaptation et l'apprentissage chez tous les élèves pris dans un tel contexte. Au regard de ce qui a été dit, il ressort que plus l'enseignant a une perception positive du handicap, plus le suivi scolaire des élèves avec un TSA va se mettre en place.

REFERENCES

- [1] American Psychiatric Association. (2013). *Diagnostic and statistical manual of mental disorders* (5th ed.). Washington, dc. Autor.
- [2] Beaupré, P. & Poulin, J.-R. (1993). Le perfectionnement des maîtres de classe ordinaire en intégration scolaire; une condition essentielle. *Revue francophone de la déficience intellectuelle*, 4 (2), 165-176.
- [3] Beauregard, F. & Trépanier, N. S. (2010). Le concept d'intégration scolaire... mais où donc se situe l'inclusion ? Dans N. S. Trépanier et M. Paré (dir.). *Des modèles de services pour favoriser l'intégration scolaire* (p. 31-56). Québec: Presses de l'Université du Québec.
- [4] Bélanger, S. (2006). Conditions favorisant l'inclusion scolaire: Attitudes des enseignants du primaire. Dans C. Dionne et N. Rousseau (dir.). *Transformation des pratiques éducatives. La recherche sur l'inclusion scolaire* (p.63-90). Québec: Presse de l'Université du Québec.
- [5] Boutin, G. et Bessette, L. (2009). Inclusion ou illusion ? Élèves en difficultés en classe ordinaire: Défis, limites et modalités. Montréal: Éditions Nouvelles.
- [6] Chiabi, A., Mah, E., Mvondo, N., Bogne, J. B., Nguefack, S., Mbuagbaw, L., & Mbonda, E. (2019). Prevalence and parttern of autism spectrum disorder in a pediatric cohort in a tertiary hospital in Cameroon. *The Pan African Medical Journal*, 32 (54), 114-130.
- [7] Dembélé, B. S. (2018). *Autisme au Mali: Connaissances, Croyances Attitudes et Pratiques (cas de Bamako)*. [Thèse en médecine]. faculté de médecine et d'odontostomatologie de Bamako.
- [8] Ducharme, D. (2008). L'inclusion en classe ordinaire des élèves à besoins éducatifs particuliers. Montréal: Éditions Hurtubises.
- [9] Fombonne, e. (2003). Epidemiological surveys of autism and other pervasive developmental disorder an update. *Journal of Autism and Developmental Disorder*, 33 (4), 365-382.
- [10] Gallup, G. G. (2003). Self-awareness and the emergence of mind in primates. *American Journal of Primatology*, 2 (3), 237-248.
- [11] Gibb, K, Tunbridge, D., Chua A. & Frederickson, N. (2007). Pathways to inclusion: Moving from special school to mainstream. *Educational Psychology in Practice*, 23 (2), 109-127.
- [12] Goudreau, L. (2010). Comment les commissions scolaires québécoises procèdent-elles pour que leurs écoles offrent des services aux élèves handicapés ou en difficulté d'adaptation ou d'apprentissage ? Dans N. S. Trépanier et M. Paré (dir.). *Des modèles de services pour favoriser l'intégration scolaire* (p. 5-30). Québec: Presses de l'Université du Québec.
- [13] HAIDARA, M. S. (2019). Sensory Integration and the Child: Understanding Hidden Sensory Challenges. *Western Psychological Services*, 34 (1), 228-240.
- [14] Ialongo, A.G. (2007). *Les conditions pour réussir l'intégration scolaire*. Québec: Université de Montréal.
- [15] Kirby, A. (2005). The effects of mutation on cognitive function. *Journal of Contemplative Study*, 12 (4), 215-232.
- [16] Laurin, M.-H. & Doré, R. (2003). Effet d'un programme de tutorat par les pairs et de l'utilisation de scénarios sociaux sur les interactions sociales entre élèves ordinaires et autistes. Acte du colloque recherche défi 2003. Numéro spécial, mai 2003.
- [17] Laushey, M. K. & Heflin, J. L. (2000). Enhancing social skills of kindergarten children with autism through the training of multiple peers as tutors. *Journal of Autism and Developmental Disorders*, 30, 183-193.
- [18] Massé, L. (2004). Stratégies d'enseignement pour une classe inclusive. Dans N. Rousseau et C. Dionne (dir.). *La pédagogie de l'inclusion scolaire* (pp.373-394). Québec: Presse de l'Université du Québec.
- [19] Mc Gregor, E. & Campbell, E. (2001). The attitudes of Teachers in Scotland to the Integration of Children with Autism into Mainstream Schools. *Autism*, 5 (2), 189-207.
- [20] Mesibov, G. B. & Shea, V. (1996). Full inclusion and students with autism. *Journal of Autism and Developmental Disorders*, 26, 337-346.
- [21] Miles, M. B. et Huberman, A. M. (2003). *Analyse des données qualitatives: recueil de nouvelles méthode*. [Qualitative Data Analysis, An expanded Sourcebook] (2e éd.) Bruxelles: De Boeck Université.
- [22] Ministère de l'Éducation du Québec. (1999). *Politique de l'adaptation scolaire: une école adaptée à tous ses élèves*. Repéré à <http://www.mels.gouv.qc.ca/dgfi/das/orientations/pdf/politi00.pdf>
- [23] Ministère de l'Éducation, du Loisir et du Sport. (2007). L'organisation des services éducatifs aux élèves à risque et aux élèves handicapés ou en difficulté d'adaptation ou d'apprentissage (EHDA). Repéré à <http://www.mels.gouv.qc.ca/dgfi/das/orientations/pdf/197065.pdf>
- [24] Ministère de l'Éducation, du Loisir et du Sport. (2008). Rencontres des partenaires en éducation: Document d'appui à la réflexion, Rencontre sur l'intégration des élèves handicapés ou en difficulté. Repéré à http://www.mels.gouv.qc.ca/sections/publications/publications/EPEPS/Formation_jeunes/Adaptation.
- [25] Ministère des affaires sociales. (2010). *Journées Camerounaises de l'Autisme*. Cameroon radio and television.

- [26] Ngaba, G. P., Noukeu Njinkui, D. B., Wamba, G., Faukeng, C. F., Dikoume, C. N., & Ngaha Kouam, D. (2021). Screening of autism spectrum disorder among children aged 2 to 15 years in Yaounde Cameroon. *Frontiers in Psychiatry*, 12 (33), 38-69.
- [27] Odom, S. L. (2000). Preschool Inclusion: What We Know and Where We Go From Here. *Topics in Early Childhood Special Education*, 20 (1), 20-27.
- [28] Paillé, P. et Mucchielli, A. (2008). *Analyse qualitative en sciences humaines* (2ième éd.). Paris: Armand Colin.
- [29] Poirier, N., Giroux N., Paquet, A. & Forget J. (2005) L'inclusion scolaire des enfants autistes. *Revue de psychoéducation*, 24 (2), 265-286.
- [30] Potvin, P. & Lacroix G. (2009). De l'intégration à l'inclusion scolaire des élèves en difficulté d'adaptation et d'apprentissage. Réseau d'information pour la réussite éducative. *Journal of Psychology*, 34 (1), 130-140.
- [31] Rapin, I. (1997). Autism the new england. *Journal of Medicine*, 337 (2), 97-104.
- [32] Rivard, M & Forget, J. (2006). Les caractéristiques de l'enfant atteint d'un trouble envahissant du développement en lien avec le degré d'intégration sociale en milieu scolaire ordinaire. *Pratiques psychologiques*, 12 (3), 271-295.
- [33] Rogé, B. (2003). L'importance de l'interaction sociale dans le développement de l'enfant autiste. *Revue de psychologie de l'enfant*, 45 (2), 124-148.
- [34] Rousseau, N., Vézina, C. & Dionne, C. (2006). Restructuration de l'organisation des enseignements au secondaire: la tâche globale comme soutien à la pédagogie inclusive. Dans C. Dionne et N. Rousseau (dir.). *Transformation des pratiques éducatives. La recherche sur l'inclusion scolaire* (p.281-298). Québec: Presse de l'Université du Québec.
- [35] Shatock, J. (2003). Les effets du stress sur la production de cortisol. *Journal of Experimental Psychology*, 45 (3), 289-312.
- [36] Sidibé, F. (2019). Asperger's syndrome: a clinical account. *Psychological Medicine*, 11 (1), 115 - 129.
- [37] Sow, I. (1977). *Psychiatrie dynamique africaine*. Paris: Payot.
- [38] Teil, V. (2006). Les enfants handicapés. *Journal of Developmental Disability*, 34 (2), 23-38.
- [39] Topping, K. J. (1988). *The peer tutoring handbook: Promoting co-operative learning*. London: Croom Helm.
- [40] Touré, H. B. (2017). Validation of two parent-reported autism spectrum disorders screening tools M-CHAT-R and SCQ in Bamako, Mali. *Emeurollogicalsci*, 15 (3), 178-188.
- [41] Yazbak, F. E. (2004). Autism in the united states: a perspective. *Journal of american physicians and surgeons*, 9 (4), 103-107.

Influence des pressions anthropiques et des variabilités climatiques sur la dynamique du changement d'occupation du sol dans la Commune rurale de Mokko au Niger

[Influence of anthropogenic pressures and climatic variability on the dynamics of land use change in the rural municipality of Mokko in Niger]

Issa Garba¹, Hassane Idé Hamidou¹, Abdourahamane Zakari Seydou¹, and Fadiala Dembélé²

¹Centre Régional AGRHYMET, BP 11011, Niamey, Niger

²Département Génie rural, Eaux and Forêts, Institut Polytechnique Rural de Formation et de Recherche Appliquée (IPR, FRA) de Katibougou, BP 06, Koulikoro, Mali

Copyright © 2024 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 study was conducted in the rural commune of Mokko, in western Niger, an agro-pastoral area. The objective of this study was to assess the influence of anthropogenic and climatic factors on the dynamics of land use change. The dynamics of land cover change were studied through the perception of the population, the analysis of the normalized precipitation index and a diachronic analysis over the period 1990 to 2022 through the use of Landsat TM and TM+ images from the year 1990; 2000 and OLI & TIRS of the Year 2022. The results reveal the progress of the agricultural front, residential areas and bare glaciés. This expansive dynamic of anthropogenic areas has been to the detriment of natural formations such as low-woody fallows/pastoral enclaves and low-woody grasses/shrub savannahs. Thus, in the space of 33 years, residential areas have increased by 56.4%; bare glaciés by 41.6% and rainfed crops by 15.3% with an annual increase of 1.4% respectively; 1.1% and 0.5%, while low woody fallow/pastoral enclave units decreased by 30.4% and low woody herbaceous/shrub savannah by 20.3% with an annual decline of 1.1% and 0.72% respectively. These changes and succession of land cover units are due to anthropogenic actions combined with climatic variability.

KEYWORDS: diachronic analysis; land dynamics; peasant perception; anthropogenic pressure; climate variability; Mokko; Niger.

RESUME: L'étude a été conduite dans la Commune rurale de Mokko, dans l'ouest du Niger, zone à vocation agropastorale. Elle avait pour objectif d'évaluer le poids des facteurs anthropiques et climatiques sur la dynamique du changement d'occupation du sol. La dynamique du changement d'occupation du sol a été étudiée à travers la perception de la population, l'analyse de l'indice normalisé de précipitations et une analyse diachronique sur la période 1990 à 2022 à travers l'utilisation des images landsat TM et TM+ de l'année 1990; 2000 et OLI & TIRS de l'année 2022. Les résultats révèlent la progression du front agricole, des zones d'habitation et des glaciés dénudés. Cette dynamique expansive des zones anthropisées s'est opérée en défaveur de formations naturelles telles que les jachères à ligneux bas/enclave pastorale et les herbacées à ligneux bas/savane arbustive. Ainsi, en l'espace de 33 ans les zones d'habitations ont progressé de 56,4%; les glaciés dénudés de 41,6% et les cultures pluviales de 15,3% avec respectivement un accroissement annuel de 1,4%; 1,1% et 0,5%, tandis que les unités des jachères à ligneux bas/enclave pastorale ont régressé de 30,4% et les herbacées ligneux bas/savane arbustive de 20,3% avec respectivement une régression annuelle de 1,1% et 0,72%. Ces changements et successions de ces unités d'occupation du sol sont dus aux actions anthropiques conjuguées aux variabilités climatiques.

MOTS-CLEFS: analyse diachronique; dynamique des terres; perception paysanne; pression anthropique; variabilité climatique; Mokko; Niger.

1 INTRODUCTION

À l'instar des autres pays du sahel, le Niger fait face à des menaces d'ordre environnementales. La désertification, l'amenuisement des ressources naturelles et la dégradation des terres de cultures sont les manifestations les plus importantes de ce phénomène [1]. Cette dégradation se caractérise par une disparition progressive du couvert végétal avec un taux annuel de réduction de 3,7% entre 1990 et 2000 [2]. Ces dernières années, la dégradation des ressources naturelles a pris des proportions très inquiétantes et se pose avec acuité. Ceci pourrait s'expliquer par l'appartenance du pays à la bande saharo-sahélienne où la menace de la désertification et la fragilité des écosystèmes sont beaucoup plus prononcées [3]. Les ressources naturelles sont ainsi soumises à de fortes pressions anthropiques et climatiques qui entraînent des perturbations des écosystèmes et des pertes de biodiversité [4]. Cette dégradation accentuée essentiellement par des modes et systèmes d'exploitation inappropriés des ressources

disponibles, affecte durement l'équilibre des écosystèmes en place et change progressivement la physionomie des patrons paysagés. Ces changements ont des répercussions directes sur l'occupation du sol, ainsi, les processus naturels de la dynamique d'évolution de la végétation sont perturbés par les variabilités climatiques combinées aux activités anthropiques à travers l'exploitation forestière abusive, le surpâturage et diverses techniques culturales, principalement l'agriculture itinérante [4].

La région de Dosso particulièrement la Commune rurale de Mokko, zone à vocation agropastorale subie fortement ces pressions qui modifient considérablement la physionomie du paysage. Dans ce contexte de dégradation accrue des ressources naturelles, il est évident que le suivi et la quantification de la dynamique de l'occupation du sol s'avèrent nécessaires dans ces paysages soumis à des fortes exploitations abusives et pratiques culturales ancestrales souvent inappropriées [4]. Ainsi pour mieux appréhender la dynamique de l'évolution des ressources naturelles au regard des enjeux environnementaux, économiques et sociaux, il est nécessaire de comprendre leur passé [5], afin de prendre des mesures d'atténuation pour le futur.

2 MATÉRIEL ET MÉTHODES

2.1 MATÉRIEL

2.1.1 ZONE DE L'ÉTUDE

La Commune rurale de Mokko est localisée au nord du département de Dosso, Ouest du Niger sur la RN 14 à 17 km de Dosso.

Les coordonnées géographiques sont 13,17323° de latitude Nord et 003,26463° de longitude Est. La commune s'étend sur une superficie d'environ 1075 km².

Le climat est de type sahélien, la pluviométrie moyenne annuelle des dix dernières années est de 500 mm (données chirps). Le relief est composé de plateaux, des terres dunaires et de terres de bas-fonds. Les sols sont constitués principalement de couches sableuses reposant sur des grès ferrugineux-sableux. La végétation est caractérisée par la présence de quelques formations steppiques et des enclaves pastorales qui subissent quelques empiétements des terres agricoles.

Elle est limitée (Figure 1):

- Au nord par les communes de Sokorbé et Falwel, (département de Loga.);
- Au sud par la commune urbaine de Dosso et la Commune rurale de Goroubankassam;
- A l'Est par la commune rurale de Tombokoirey;
- À l'ouest par la commune rurale de Garantchédey

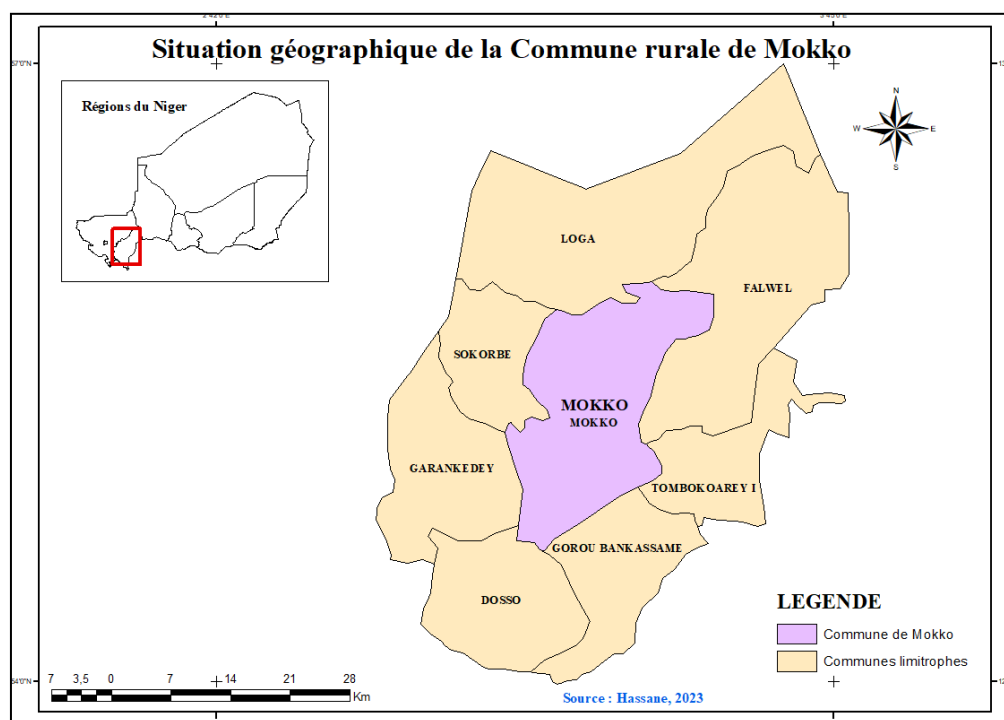


Fig. 1. Localisation de la zone de l'étude

2.1.2 DONNÉES DE LA CARTOGRAPHIE

Les images satellitaires multispectrales utilisées dans le cadre de cette étude ont été obtenues au niveau du Centre Régional AGRHYMET. Il s'agit des images Landsat TM et ETM+ de l'année 1990; 2000 et OLI & TIRS de l'année 2022.

Tableau 1. Référence des images Landsat utilisées

Capteur	Date d'acquisition	Résolution (m)	Path/Row
Landsat TM	01 février 1990	30	192/051
Landsat TM	01 février 1990	30	192/052
Landsat ETM+	26 octobre 2000	30	192/051
Landsat ETM+	11 novembre 2000	30	192/052
Landsat9 OLI&TIRS	24 janvier 2022	15	192/050
Landsat9 OLI&TIRS	24 janvier 2022	15	192/051

2.2 MÉTHODES

2.2.1 ÉLABORATION DES CARTES D'OCCUPATION DU SOL

2.2.1.1 PRÉTRAITEMENTS DES IMAGES

Le prétraitement des images regroupe toutes les opérations qui sont effectuées dans le but de rendre les lots d'images lisibles et superposables. Il s'agit des corrections géométriques et radiométriques de la mosaïque. Les améliorations radiométriques corrigent les effets des différents artefacts qui perturbent la mesure radiométrique, alors que celles géométriques rendent possible la superposition à d'autres documents cartographiques de référence [6]. En effet, ces traitements préliminaires visent avant tout, la préparation des images pour les contrôles sur le terrain et leur lecture afin de faciliter l'interprétation visuelle.

2.2.1.2 COMBINAISON DES BANDES/COMPOSITION COLORÉE

Les images Landsat ont été acquises sous forme de bandes individuelles ou en canaux séparés en niveaux de gris sous format GeoTIFF. Ces canaux sont assemblés pour obtenir une image composite multicanaux pleinement exploitable.

L'objectif est d'avoir une synthèse d'informations en vue d'une bonne discrimination des unités d'occupation du sol. De plus, l'interprétation visuelle des images qui a pour rôle d'établir une relation entre le terrain et l'image a permis d'identifier des détails comme: les savanes (arbustive, herbeuse), les zones de pâturage (les enclaves pastorales et autres végétations basses), les champs et jachères, les plans d'eau, les agglomérations et sols nus sur les différentes images.

2.2.1.3 EXTRACTION DE LA ZONE D'ÉTUDE

La zone d'étude a été extraite en superposant la carte en format shapefile de la limite administrative de la commune rurale de Mokko avec l'image composite multicanaux.

2.2.1.4 PHASE D'EXTRACTION ANALYTIQUE ET/OU SELECTIVE DE L'INFORMATION

Ce sont ces traitements qui aboutissent à la discrimination des différentes classes d'occupation du sol recherchées. Ils sont effectués sur la base des caractéristiques biophysiques du milieu et la bonne connaissance du terrain.

2.2.1.5 ÉLABORATION D'UNE CLÉ D'INTERPRÉTATION

La nomenclature du comité du Réseau d'Observatoires et de Surveillance Ecologique à Long Terme (ROSELT) de juillet 2009 a été utilisée pour élaborer la clé d'interprétation. Elle a permis de définir les différentes classes d'occupation du sol en fonction de leurs caractéristiques observables sur les images. Son élaboration a pris en compte les caractéristiques topologiques et spectrales des unités (structure/texture, forme, teinte, et distribution spatiale), et les informations récoltées sur le terrain. Les classes retenues sont: les cultures (regroupant les cultures pluviales sensu stricto), les formations végétales naturelles (formations ripicoles, savane arbustive, enclave pastorale, jachères), les réseaux hydrographiques (mare temporaire et permanente), les sols nus (terrain rocheux, plateau dénudé et glacié) et les infrastructures (couloir de passage, habitations).

2.2.1.6 CARTOGRAPHIE PAR INTERPRÉTATION VISUELLE

La connaissance du secteur d'étude a guidé le choix en faveur de la méthode de classification non supervisée automatique couplée avec la vérité terrain à l'aide du GPS. Au total 16 points de contrôle ont été visités (Tableau 2). Ainsi, la cartographie a été réalisée manuellement sur l'écran en tenant compte de la clef précédemment définie. Elle a consisté à délimiter les contours des zones homogènes et à codifier ces zones suivant la classe d'occupation du sol à laquelle elles appartiennent.

Tableau 2. Coordonnées géographiques des points vérifiés dans la Commune rurale de Mokko

N°	Classes	Coordonnées (WGS84)
1	Couloir de Passage 1	E: 3°22'49,99" ; N: 13° 16'13,23"
2	Couloirs de Passage 2	E: 3°21'33,43" ; N: 13°17'41,34"
3	Culture Pluviale Continue 1	E: 3°16' 35,94" ; N: 13°11'7,95"
4	Culture Pluviale Continue 2	E: 3°20'42,95" ; N: 13°13'25,61"
5	Glacis Dénudée 1	E: 3°16'11,90" ; N: 13°10'53,70"
6	Glacis Dénudée 2	E: 3°16'13,44" ; N: 13°11'6,10"
7	Herbacées Ligneux Bas /Savane arbustive 1	E: 3°15'35,48" ; N: 13°10'18,29"
8	Herbacées Ligneux Bas /Savane arbustive 2	E: 3°18'31,36" ; N: 13°9'35,53"
9	Jachère à Ligneux Bas /Enclave Pastorale 1	E: 3°19'29,52" ; N: 13°10'47,99"
10	Jachère à Ligneux Bas /Enclave Pastorale 2	E: 3°19'35,65" ; N: 13°10'50,7"
11	Plateau Dénudé 1	E: 3°17'4,37" ; N: 13°10'42,41"
12	Plateau Dénudé 2	E: 3°17'13,34" ; N: 13°9'52,89"
13	Zone d'Habitation 1	E: 3°16'14,71" ; N: 13°10'39,29"
14	Zone d'Habitation 2	E: 3°16'8,19" ; N: 13°11'55,93"
15	Ligneux Bas Ripicole 1	E: 3°16'4,27" ; N: 13°11'26,77"
16	Ligneux Bas Ripicole 2	E: 3°16'8,01" ; N: 13°11'28,43"

2.2.2 ANALYSE DE LA DYNAMIQUE DU CHANGEMENT D'OCCUPATION DU SOL ET MISE EN ÉVIDENCE DES CHANGEMENTS

Pour évaluer la dynamique du changement d'occupation du sol, sur les périodes 1990-2000; 2000-2022; 1990-2022, les cartes des différentes dates (1990-2000; 2000-2022; 1990-2022) ont été superposées pour aboutir à une analyse de la dynamique des changements. À cet effet, le taux global d'évolution, le taux moyen annuel d'expansion spatiale et la matrice de transition ont été déterminés.

2.2.2.1 CALCUL DU TAUX D'ÉVOLUTION GLOBAL

La dynamique de chaque catégorie d'occupation du sol a été appréciée en calculant le taux d'évolution global (Tg) des superficies d'occupation du sol de la façon suivante: Soit S_A la superficie d'une catégorie d'occupation du sol de l'année A et S_B celle d'une catégorie d'occupation du sol de l'année B, avec $B > A$. Tg (A; B) sera égale à:

$$Tg (A, B) = \frac{SB - SA}{SA} \times 100$$

Si Tg = 0, on conclut qu'il y a stabilité de cette catégorie d'occupation du sol;

Si Tg < 0, on conclut qu'il y a régression de cette catégorie;

Si Tg > 0, il y a extension de cette catégorie.

Cet indice est calculé pour toutes les catégories d'occupation du sol. Il permet d'apprécier quantitativement l'évolution des différentes catégories d'occupation du sol entre deux périodes.

2.2.2.2 TAUX MOYEN ANNUEL D'EXPANSION SPATIALE

Le changement des unités d'occupation du sol a été évalué en utilisant les superficies des unités d'occupation du sol des trois périodes de l'étude à savoir: 1990-2000; 2000-2022 et 1990-2022. La combinaison de ces différentes périodes permet de voir le changement intervenu en 10 ans (1990-2000) puis en 22 ans (2000-2022) et en fin en 33 ans (1990-2022).

Une analyse approfondie basée sur l'évaluation des changements intervenus au sein de chaque unité d'occupation du sol prise isolément a été faite à travers le calcul du taux moyen annuel d'expansion spatiale, couramment utilisé dans les études sur le changement d'occupation du sol [5], [6]. Ce taux de changement s'évalue à partir de la formule de Bernier (1992) fréquemment utilisée pour mesurer la croissance des agrégats macroéconomiques entre deux périodes données. Cette formule se présente comme suit:

$$TC = \frac{\ln S_2 - \ln S_1}{(t_2 - t_1) \times \ln e} \times 100$$

Avec S_1 la surface d'une classe d'occupation du sol à la date t_1 ; S_2 la superficie de la même classe d'unité de surface à la date t_2 ; $\ln$ le logarithme népérien; e la base des logarithmes népériens ($e=2,71828$).

Ainsi les différentes tendances (progressives, régressives ou stationnaires) ont été dégagées, ce qui a permis d'apprécier l'impact des actions anthropiques et climatiques sur les classes d'occupation du sol.

2.2.2.3 MATRICE DE TRANSITION

Elle permet de mettre en évidence les différentes formes de conversion subies par les unités d'occupation du sol entre deux dates t_1 et t_2 , et décrire les changements intervenus. Elle décrit de manière condensée, les changements d'état des éléments d'un système pendant une période donnée, dont les cellules contiennent la valeur d'une variable ayant passé d'une classe initiale I à une classe finale F pendant la période allant de t_1 à t_2 [6], [7]. Dans le cadre de la présente étude, cette matrice est obtenue à partir des valeurs issues de l'union des cartes d'occupation du sol, dans le logiciel Arc GIS (grâce à l'algorithme "Union" de l'extension Geoprocessing), et traitées dans Excel.

2.2.3 DONNÉES D'ENQUÊTE SOCIOLOGIQUE

Dans l'optique d'appréhender la perception de la population de la Commune rurale de Mokko sur la dynamique du changement d'occupation du sol, nous avons procédé à une enquête sociologique. Ainsi compte tenu de l'absence de données récentes sur l'effectif de la population de la Commune rurale de Mokko, nous avons jugé utile d'enquêter 10 personnes par villages dont 7 se trouvant dans la tranche d'âge de plus de 45 ans, à cet âge un enquêté serait en mesure de renseigner sur les événements passés 30 ans auparavant. 17 villages (15 %) des 110 villages que compte la Commune rurale de Mokko ont été enquêtés, les critères considérés sont l'accessibilité en termes de sécurité et la présence des agropasteurs et agro-éleveurs. Le logiciel Sphinx V5 et Excel ont été utilisés pour l'analyse des données issues de l'enquête.

2.2.4 DONNÉES PLUVIOMÉTRIQUES

Le climat est l'un des facteurs essentiels dont dépend la couverture végétale [8]. En effet, le développement des formations végétales dépend non seulement de la quantité de pluie tombée, mais aussi de sa répartition temporelle. À cet effet, l'indice standardisé des précipitations (SPI) ([9], [10], [11]) a été utilisé pour analyser l'évolution climatique dans la Commune rurale de Mokko sur la période 1990 - 2022. Cet indice bien adapté au suivi des variations de la croissance de la végétation a été utilisé pour quantifier les déficits des précipitations à différentes échelles temporelles. Sa formule est la suivante:

$$SPI_i = \frac{(X_i - X_m)}{S_m}$$

Où: SPI_i : Indice Standardisé de Précipitation de l'année i ;

X_i : est le cumul des pluies pour une année i ;

X_m et S_m sont respectivement la moyenne et l'écart type des pluies annuelles observées pour la série concernée.

3 RÉSULTATS

3.1 OCCUPATION DU SOL DANS LA COMMUNE DE MOKKO SUR LES PERIODES 1990; 2000; 2022

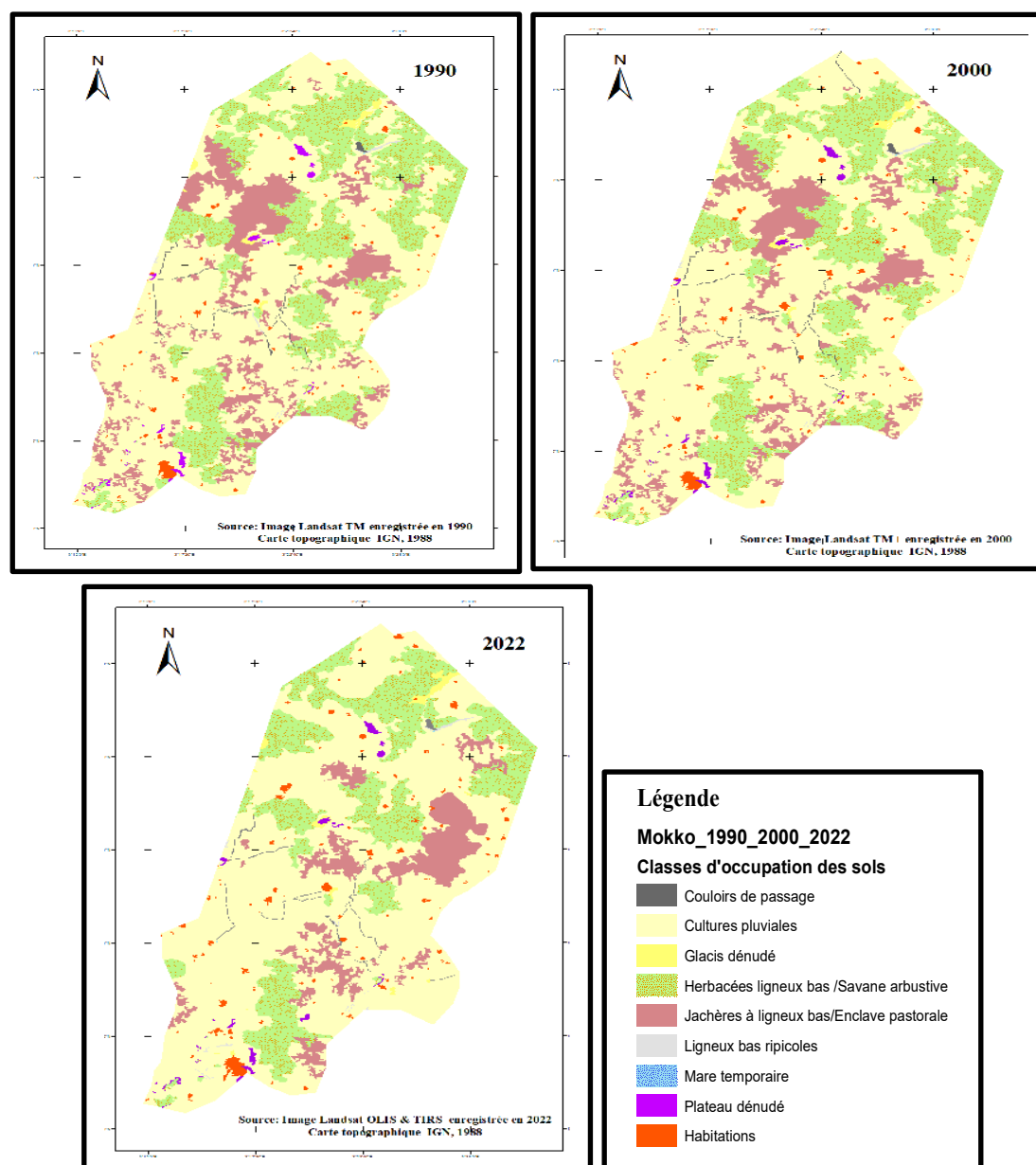


Fig. 2. Cartes d'occupation du sol de la Commune rurale de Mokko sur les périodes de 1990-2000 et 2022.

3.2 ANALYSE DE L'EVOLUTION DE L'OCCUPATION DU SOL

L'analyse de la figure 3 et du tableau 3 montre que sur les trois périodes de 1990-2000; 2000-2022 et 1990-2022 les unités telles que les Habitations; les Couloirs de Passages et les Cultures pluviales ont connu une évolution progressive tandis que les Jachères Ligneux Bas/Enclaves Pastorales; les Glacis dénudés et les Herbacés Ligneux Bas /Savane arbustive ont régressé. Les unités de ligneux bas ripicole/cordon ripicole et des glacis dénudés quant à elles ont connu une régression sur la période de 1990-2000 puis une progression significative sur la période de 2000-2022 et 1990-2022.

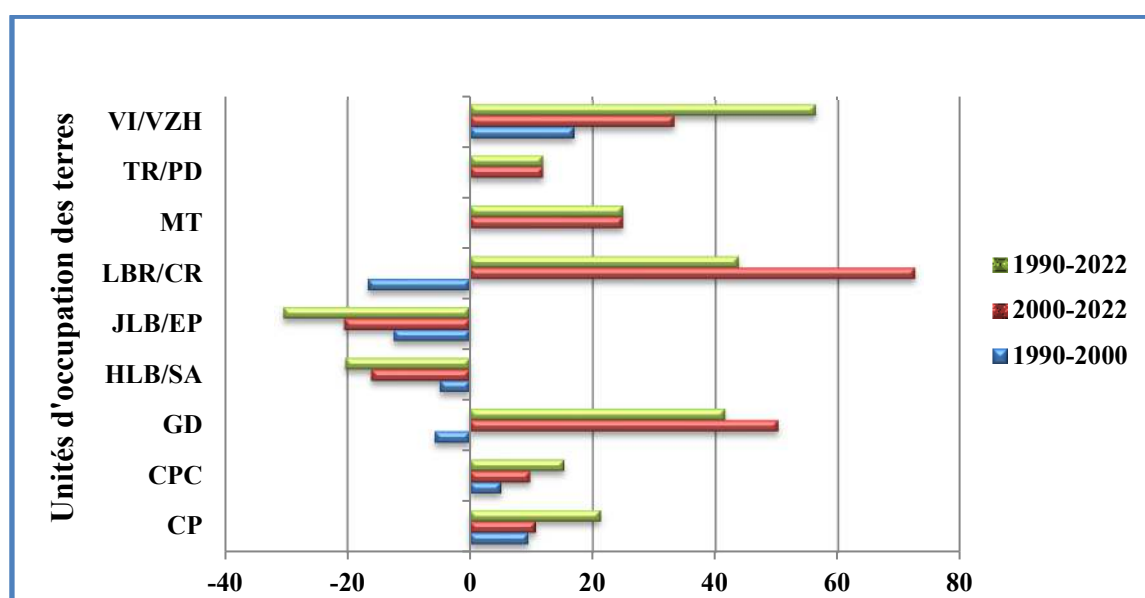


Fig. 3. Taux d'évolution global des unités d'occupation du sol sur les périodes de 1990-2000; 2000-2022 et 1990-2022

Tableau 3. Superficies et taux de variation des classes d'occupation entre 1990, 2000 et 2022

Unité	Superficie						Taux d'évolution %					
	1990		2000		2022		1990-2000		2000-2022		1990-2022	
	Ha	%	Ha	%	ha	%	Tg	Tc	Tg	Tc	Tg	Tc
CP	389	0,38	426	0,41	472	0,46	9,5	0,9	10,7	0,4	21,3	0,5
CPC	58204	56,89	61161	59,78	67166	65,65	5,08	0,5	9,8	0,4	15,3	0,4
GD	468	0,46	441	0,43	663	0,64	-5,7	-0,6	50,3	1,8	41,6	1,1
HLB / SA	28044	27,41	26646	26,04	22345	21,84	-4,9	-0,5	-16,1	-0,8	-20,3	-0,72
JLB / EP	13682	13,37	11969	11,69	9512	9,29	-12,5	-1,31	-20,5	-1,0	-30,4	-1,1
LBR / CR	114	0,11	95	0,09	164	0,16	-16,6	-4,14	72,6	2,4	43,8	0,4
MT	4	0,00	4	0,003	5	0,004	0	0	25	1,01	25	0,6
TR/ PD	476	0,44	476	0,46	533	0,52	0	0	11,9	0,5	11,9	0,3
V / V/ ZH	928	0,91	1089	1,06	1452	1,41	17	1,6	33,3	1,3	56,4	1,4
Total	102309	100,00	102309	100,00	102309	100,00						

Tg : Taux de changement global ; Tc : Taux de changement annuel ; CP : Couloirs de passage ; CPC : Culture Pluviale Continue ; GD : Glacis Dénudées ; HLB/SA : Herbacées Ligneux Bas/Savane arbustive ; JLB/EP : Jachère Ligneux Bas/Enclave Pastorale ; LBR : Ligneux Bas Ripicole ; MT : Mare Temporaire ; PD : Plateau Dénudée ; V/V/ZH : Habitation.

3.3 MATRICE DE TRANSITION

La matrice de transition révèle les changements des unités d'occupation des sols dans la commune de Mokko entre 1990-2000, 2000-2022 et 1990-2022 (Tableau 4; 5 et 6).

Tableau 4. Matrice de transition des unités d'occupation du sol entre 1990-2000

2000 1990	CP	CPC	GD	HLB/SA	JLB/EP	LBR/CR	MT	TR/PD	V/V/H	Total 1990
CP	0,37	0,01	0	0	0	0	0	0	0	0,38
CPC	0,04	55,78	0,01	0,28	0,62	0	0	0	0,16	56,89
GD	0	0,01	0,43	0,03	0	0	0	0	0	0,46
HLB/SA	0	1,76	0	25,64	0,01	0	0	0	0	27,41
JLB/EP	0	2,27	0	0,10	11	0	0	0	0	13,37
LBR/CR	0	0,02	0	0	0	0,09	0	0	0	0,11
MT	0	0	0	0	0	0	0,004	0	0	0
TR/PD	0	0	0	0	0	0	0	0,44	0	0,44
V/V/H	0	0	0	0	0	0	0	0	0,9	0,91
Total 2000	0,41	59,78	0,44	26,05	11,63	0,09	0,004	0,44	1,06	100

▪ De 1990-2000

Il ressort de l'analyse du tableau 4 que 3 unités d'occupation de sol ont connue de changement significatif durant la période de 1990-2000, il s'agit des Cultures pluviales Continues; des Jachères Ligneux Bas/Enclave Pastorale et des Herbacées Ligneux Bas/ Savane arbustive, ainsi les cultures pluviales qui couvraient 58203,53 ha (56,89%) de la superficie totale en 1990 se retrouvent à 61161,46 ha (59,78%) en 2000, cette dynamique expansive sur cette période s'est faite principalement au détriment des unités telles que les Jachères Ligneux Bas/Enclave Pastorale (2315,03 ha soit 2,27%), des Herbacées Ligneux Bas/ Savane arbustive (1743,56 ha soit 1,76%) et des Ligneux Bas Ripicole/ Cordon Ripicole (19,13 ha soit 0,02%).

Tableau 5. Matrice de transition des unités d'occupation du sol entre 2000-2022

2022 2000	CP	CPC	GD	HLB/SA	JLB/EP	LBR/CR	MT	TR/PD	V/V/H	Total 2000
CP	0,28	0,12	0	0	0	0	0	0	0	0,41
CPC	0,16	51,3	0,12	3,01	4,77	0,04	0	0,03	0,36	59,78
GD	0	0	0,42	0,02	0	0	0	0	0	0,44
HLB/SA	0,01	6,92	0,12	17,54	1,46	0,01	0	0	0	26,05
JLB/EP	0,01	7,27	0	1,26	3,05	0,02	0	0,02	0	11,63
LBR/CR	0	0	0	0	0	0,09	0	0	0	0,09
MT	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
TR/PD	0	0	0	0	0	0	0	0,44	0	0,44
V/V/H	0	0	0	0	0	0	0	0,01	1,05	1,06
Total 2022	0,46	65,61	0,66	21,83	9,3	0,16	0	0,5	1,41	100

▪ De 2000 à 2022

Le tableau 5 montre que sur la période de 2000 à 2022 plusieurs unités d'occupation de sols ont connues de changement majeur. Ainsi les Cultures pluviales Continues qui occupaient 61161,41 ha (59,78%) de la superficie totale de la commune en 2000 se retrouvent avec 67165,51 ha (65,61%) en 2022, cette expansion s'est faite en défaveur des unités telles que les Jachères Ligneux bas/Enclave Pastorale (7486,02 ha soit 7,27%), des Herbacées Ligneux Bas/Savane arbustive (7076,33 ha soit 6,92%) et des Couloirs de Passage (121,81 ha soit 0,12%). La catégorie des Herbacées Ligneux Bas/Savane Arbustive qui occupait 26646,42 ha (26,05 %) de la superficie totale en 2000 se retrouve avec 22344,67 ha (21,83%) en 2022 soit une régression de 301,75 ha (4,22%) en faveur des Cultures pluviales Continues (7076,33 ha soit 6,92%), des Jachères Ligneux Bas/Enclave pastorale (1492,71 ha soit 1,46%) et des Glacis Dénudées (122,18 ha soit 0,02%). La catégorie de Jachères Ligneux Bas/Enclave Pastorale qui étaient de 11969,13 ha (11,63%) en 2000 se retrouve à 9511,57 ha (9,3%) en 2022, cette dynamique régressive est observée en faveur de la catégorie des Cultures pluviales Continues (7486,02 soit 7,27%) et de celle des Herbacées Ligneux Bas/Savane arbustive (1298,74 ha soit 1,46%).

Tableau 6. Matrice de transition des unités d'occupation du sol entre 1990-2022

1990 \ 2022	CP	CPC	GD	HLB/SA	JLB/EP	LBR/CR	MT	TR/PD	V/V/H	Total 1990
CP	0,29	0,09	0	0	0	0	0	0	0	0,38
CPC	0,14	49,34	0,11	2,22	4,49	0,05	0	0,02	0,52	56,89
GD	0	0	0,44	0,02	0	0	0	0	0	0,46
HLB/SA	0,01	7,53	0,1	18,31	1,45	0,01	0	0,01	0	27,41
JLB/EP	0,02	8,67	0	1,29	3,36	0,01	0	0,02	0	13,37
LBR/CR	0	0,02	0	0	0	0,09	0	0	0	0,11
MT	0	0	0	0	0	0	0,03	0	0	0,03
TR/PD	0	0	0	0	0	0	0	0,44	0	0,44
V/V/H	0	0	0	0	0	0	0	0,01	0,9	0,91
Total 2022	0,46	65,65	0,65	21,84	9,3	0,16	0,03	0,5	1,42	100

CP: Couloirs de passage; CPC: Culture Pluviale Continue; GD: Glacis Dénudé; HLB/SA: Herbacée Ligneux Bas/Savane arbustive; JLB/EP: Jachère Ligneux Bas/Enclave Pastorale; LBR/CR: Ligneux Bas Ripicole/Cordon Ripicole; MT: Mare Temporaire; TR/PD: Terrain Rocheux/Plateau Dénudée; V/V/H: Ville/Village/Habitation.

■ De 1990 à 2022

Le tableau 6 indique que sur la période de 1990 à 2022, la catégorie des Cultures pluviales Continues qui couvraient 58203,66 ha (56,89%) de la superficie totale en 1990 a progressé de 8961,85 ha (8,76%) et passé à 67165,51 ha (65,65%). Cette progression s'est faite au détriment des Jachères Ligneux Bas/Enclave Pastorale 8875,80 ha (8,67%), des Herbacée Ligneux Bas/Savane arbustive 7701,90 ha (7,53%), des Couloirs de Passage 89,84 ha (0,09%) et des Ligneux Bas Ripicole/ Cordon Ripicole 17,93 ha (0,02%). La catégorie des Herbacées Ligneux Bas/Savane Arbustive qui couvrait 28043,61 ha (27,41%) de la superficie totale en 1990 se retrouve avec 22344,67 ha (21,84%). Cette régression a été faite en faveur des Cultures pluviales Continues (7701,90 ha soit 7,53%), des Jachères Ligneux Bas/Enclave Pastorale (1480,16 ha soit 1,45%) et des Glacis Dénudée (97,82 ha soit 0,02%). La catégorie de Jachères Ligneux Bas/Enclave Pastorale qui occupait 13683,31 ha (13,37%) de la superficie totale en 1990 se retrouve à 9511,57 ha (9,3%) en 2022, cette régression s'est faite en faveur des Cultures pluviales Continues (8875,80 ha soit 8,67%) et des Herbacées Ligneux Bas/Savane arbustive (1323,59 ha soit 1,29%).

3.4 PERCEPTION PAYSANNE SUR LA DYNAMIQUE DU CHANGEMENT D'OCCUPATION DU SOL

Les enquêtes menées auprès des populations de la commune rurale de Mokko, ont révélé que la majorité (94%) des personnes enquêtées perçoivent le changement d'occupation des sols, ces changements sont perceptibles à travers les indicateurs suivants:

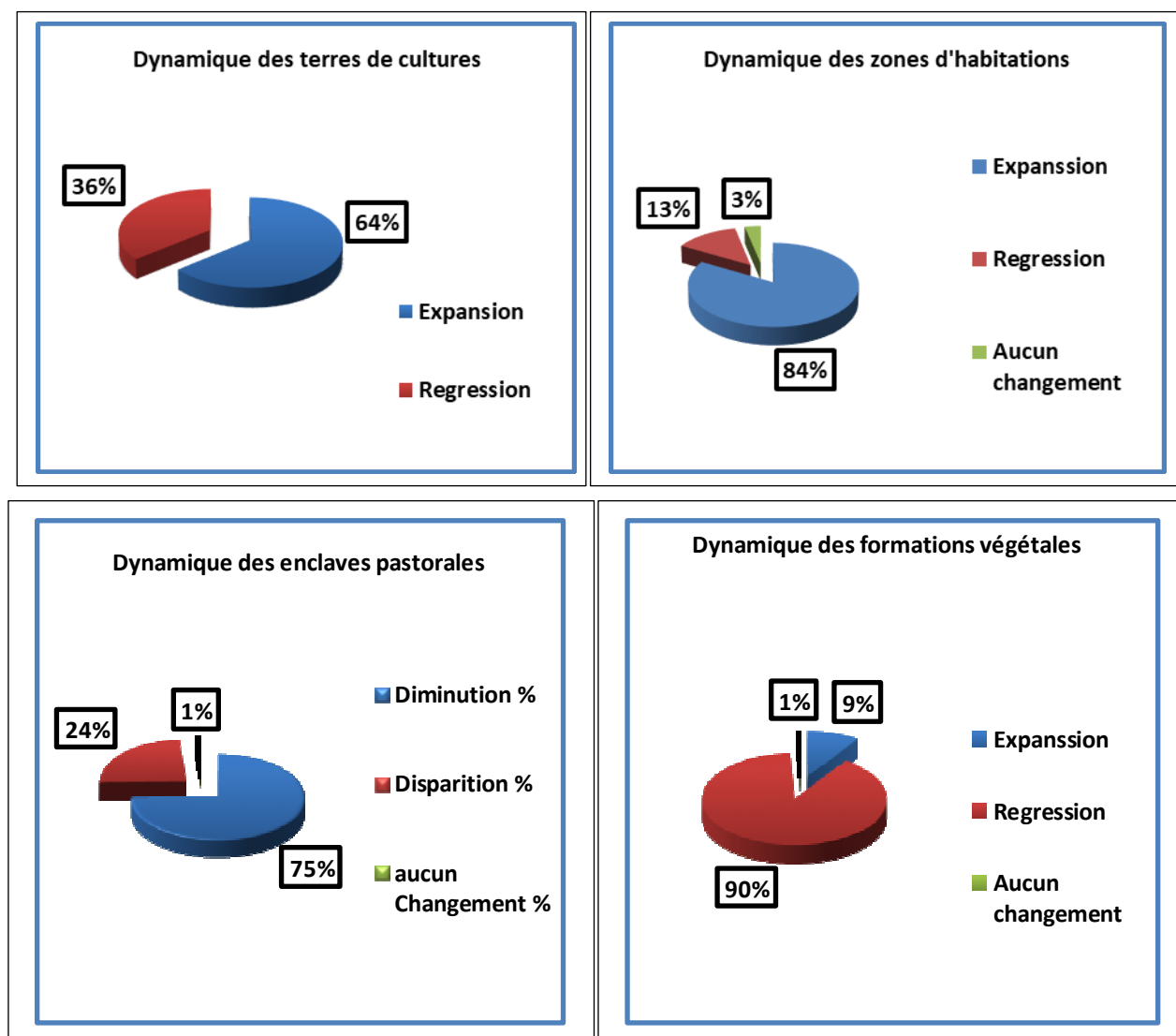


Fig. 4. Perception paysanne sur la dynamique du changement d'occupation du sol

3.5 ANALYSE DE L'INDICE NORMALISE DE PRECIPITATION

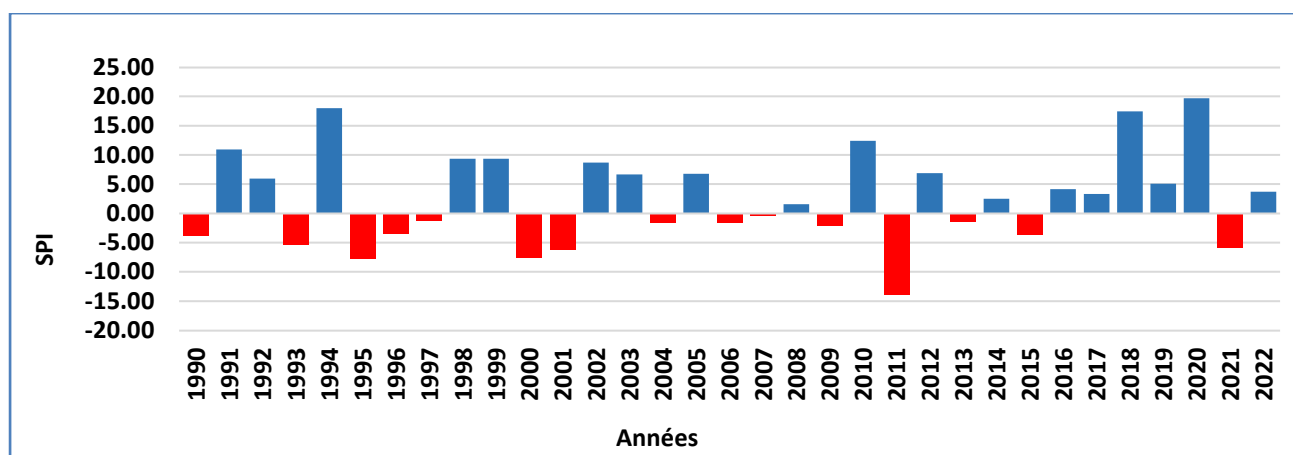


Fig. 5. Écart par rapport à la moyenne du SPI de Mokko de 1990 à 2022

L'analyse de l'évolution de la pluviométrie (figure 5) à travers l'indice normalisé des précipitations dans la Commune rurale de Mokko à partir des données chirps, montre une pluviosité irrégulière qui se caractérise par une alternance d'années sèches et humides sur la période de 1990 à 2022. La décennie 1990-2000 s'est caractérisée par une pluviométrie majoritairement déficitaire, tandis que la période de 2000-2022 s'est caractérisée par une pluviométrie majoritairement excédentaire, une tendance d'années humides est observée entre 2016 à 2022. Globalement on observe que la séquence excédentaire est plus importante entre 1990-2022.

4 DISCUSSIONS

4.1 INTERPRÉTATION VISUELLE

L'analyse des images Landsat TM et ETM⁺ de l'année 1990 et 2000 et OLI & TIRS de l'année 2022 a permis d'identifier les différentes unités d'occupation de sols. L'interprétation visuelle basée sur la méthode traditionnelle de photo-interprétation des images satellites a été utilisée en raison de la forte ressemblance des éléments du milieu. Elle a été utilisée et reconnue par plusieurs auteurs pour sa performance dans la détection et l'identification des caractéristiques des unités spatiales sur une image [11], [12] contrairement à la classification supervisée qui confond la signature spectrale de certaines classes. Elle donne des résultats satisfaisants lorsqu'elle est combinée avec une bonne maîtrise du terrain.

4.2 LA DYNAMIQUE D'ÉVOLUTION DES UNITÉS D'OCCUPATION DE SOLS

L'analyse de l'évolution spatio-temporelle des unités d'occupation de sols montre une expansion des zones d'habitations, des terres de cultures et des glaciés dénudés, les résultats obtenus montrent clairement l'avancée des formations anthropisées. Cette dynamique évolutive de ces unités d'occupation de sols s'est opérée principalement au détriment des Jachères à ligneux bas/Enclave Pastorale et des herbacées à ligneux bas/savane arbustive qui ont perdu respectivement 30,4% et 20,3% de leurs superficie initiales. Cette tendance pourrait s'expliquer par la croissance démographique et l'empiétement des terres de cultures observés dans la zone et qui touche pratiquement l'ensemble des unités d'occupation des sols. Ces résultats corroborent ceux de [14] dans l'ouest du Niger et [15] dans le Sud-Ouest du Niger, en effet selon ces auteurs l'avancée du front agricole résulte d'une forte activité anthropique qui se traduit par une réduction des formations naturelles et la disparition progressive des espèces ligneuses et herbacées considérées importantes par les populations.

4.3 PERCEPTION DE LA POPULATION SUR LA DYNAMIQUE DU CHANGEMENT D'OCCUPATION DU SOL

Sur les 150 personnes enquêtées, 84% affirment que les zones d'habitation sont en expansion, selon ces mêmes personnes la principale raison de l'expansion des zones d'habitation est la croissance démographique (selon 94% des répondants). En effet, l'augmentation de la population pourrait influencer la dynamique d'occupation du sol à travers l'augmentation des zones d'habitation.

Sur les 150 personnes enquêtées, 64% affirment que les terres de cultures sont en expansion, les principales causes de l'expansion des terres de cultures sont selon ces mêmes personnes l'épuisement des terres de culture (52%), la croissance démographique (30%) et l'absence des ligneux dans les champs (12%). En effet, l'épuisement des terres de cultures et/ou la croissance démographique peuvent encourager les paysans à défricher de nouvelles terres ou à remettre en culture les terres déjà en jachère, ce qui explique probablement cette dynamique expansive des terres de culture.

Sur les 150 personnes enquêtées, 90% affirment que les formations forestières sont en régression et 75% affirment que les enclaves pastorales sont en régression, selon ces mêmes personnes, la principale raison de la réduction des ressources végétales est l'expansion des terres de cultures (95%). En effet, une dynamique expansive des terres de cultures se fait le plus souvent au détriment des formations naturelles telles que les ressources forestières ou les enclaves pastorales. Ces résultats sont similaires à ceux rapportés par [16] dans l'ouest du Niger, qui ont établi qu'il existe une forte corrélation entre les actions anthropiques et la dégradation des ressources naturelles.

4.4 ANALYSE DES DONNÉES CLIMATIQUES

L'analyse de l'évolution pluviométrique à travers le calcul de l'indice normalisé des précipitations sur la période de 1990 à 2022 indique une pluviosité globalement excédentaire (humide) avec une alternance irrégulière d'années sèches et humides.

En effet, l'irrégularité ou l'inégale répartition de la pluviométrie sont également des facteurs qui agissent sur la dynamique du changement d'occupation du sol. Selon [17] cité par [18], la contrainte climatique principale n'est pas simplement la rareté des précipitations, mais également la variabilité dans la distribution, et l'imprévisibilité des précipitations, qui augmente du sud au nord, et constitue des facteurs de contrôle déterminant de l'écosystème sahélien et de la modification de la végétation.

D'autres ont établi que les sécheresses répétées dans les années 1970 et 1980 ont eu directement pour effet, notamment en Afrique, d'augmenter la mortalité des espèces ligneuses des écosystèmes sensibles [19], cité par [18]. Certains ont montré que les sécheresses récurrentes ont rendu plus difficile la capacité de régénération naturelle des espèces en particulier le tapis graminée [20].

5 CONCLUSION

Il ressort de cette étude que la commune rurale de Mokko, a connu un changement de paysage majeur au cours de la période de 1990 à 2022. En effet, l'étude a révélé à travers la perception de la population, l'analyse de l'indice normalisé de précipitations et l'analyse diachronique de l'occupation du sol une modification importante de la configuration des patrons paysagés. Cette dynamique évolutive se caractérise par une progression des zones anthropisées, notamment les zones d'habitations et les terres de cultures au détriment des formations végétales en l'occurrence les herbacées à ligneux bas/ savane arbustive et les jachères à ligneux bas/enclaves pastorales. L'expansion du front agricole et la régression des ressources végétales résultent principalement des pressions anthropiques et des variabilités climatiques.

REMERCIEMENTS

Les autres remercient le centre régional AGRHYMET pour avoir mis à leurs dispositions les données cartographiques et climatiques et le projet PREDIP/SRIP pour avoir financé les sorties terrain.

REFERENCES

- [1] Kiari A K Kaou, O L M, Iro Dan Guimbo3, Saley K, Rabiou H, Roger P: " Diversité floristique et structure de la végétation dans la zone dunaire du sud-est du Niger: Cas de Mainé soroa ". *Journal of Applied Biosciences* 120: 12053-12066 ISSN 1997-5902, 2017.
- [2] S. BARMO, A. AMANI, A. IDRISSE, M. M. BACHIR, A. MAHAMANE. 2021. Cartographie et dynamique spatio-temporelle des formations végétales de la forêt protégée de Baban Rafi (Niger).
- [3] Maman Maarouhi Inoussa. 2011. " Dynamique spatio-temporelle des forêts claires dans le Parc national du W du Niger (Afrique de l'Ouest) ", *Journal Science et Changements Planétaires – Sécheresse*, 9, 2011, pp 208.
- [4] Bamba, I et Ali, " Influence des actions anthropiques sur la dynamique spatio-temporelle de l'occupation du sol dans la province du Congo central (R.D. Congo) ", *Sciences & Nature*, 5, 2008, pp. 49-60.
- [5] Toudou Daouda Abdoul Karim. 2011. Dynamique de l'occupation des terres et structure de la végétation dans la commune rurale de Garhanga (Tahoua). Mémoire de fin de cycle, Université de Niamey. P.10-12.
- [6] KPEDENOU Djagnikpo Koffi, DRABO Ousmane, OUOBA Pounyala Awa, DA Constant Evariste Dapola et TCHAMIE Thiou Tanzidani Komlan. Analyse de l'occupation du sol pour le suivi de l'évolution du paysage du territoire ouatchi au sud-est Togo entre 1958 et 2015. *Cahiers du cerleshs* 55, pp. 203-227 p210, 2017.
- [7] Bamba I, 2010: " Anthropisation et dynamique spatio-temporelle de paysages forestiers en république démocratique du Congo ". Thèse de doctorat en vue de l'obtention du grade de Docteur en Sciences. Université de Bruxelles.
- [8] McKee, T.B., N.J. Doesken et J. Kleist, 1993: The relationship of drought frequency and duration to time scale. In: Proceedings of the Eighth Conference on Applied Climatology, Anaheim, California, du 17 au 22 janvier 1993. Boston, American Meteorological Society, 179–184.
- [9] Edwards, D. C. et T. B. McKee, 1997: Characteristics of 20th century drought in the United States at multiple time scales. *Climatology Report* 97-2, Department of Atmospheric Science, Colorado State University, Fort Collins, Colorado.
- [10] Guttman, N.B., 1998: Comparing the Palmer drought index and the Standardized Precipitation Index. *Journal of the American Water Resources Association*, 34 (1): 113–121.
- [11] Bah, O. A., Kone, T., Yaffa, S., & Ndiaye, M. L. " Land Use and Land Cover Dynamics in Central River Region of the Gambia, West Africa from 1984 to 2017 ". *American Journal of Modern Energy*, 5 (2), 5–18. doi: 10.11648/j.ajme.20190502.11, 2019.
- [12] Séverin Biao, Felix Houeto, Gérard Gouwakinnou, Samadori Sorotori Honoré Biao, Beranger Awessou, Sèwanou Toviheissi, Raphaël Tete. 2019. Dynamique spatio-temporelle de l'occupation du sol de la forêt classée de Ouénou-Bénou au nord Bénin.
- [13] Abdou I. K., T. Abasse, M Massaoudou., R. Rabiou, I. Soumana et J. Bogaert. Influence des Pressions Anthropiques sur la Dynamique Paysagère de la Reserve Partielle de Faune de Dosso (Niger). *Int. J. Biol. Chem. Sci.* 13 (2): 1094-1108, 2019.
- [14] Sanoussi ATTA, François ACHARD & Sidi O.M. OULD MOHAMEDOU. 2010. " Evolution récente de la population, de l'occupation des sols et de la diversité floristique sur un terroir agricole du Sud-Ouest du Niger ". *Sciences & Nature* Vol.7 N°2: 119 – 129, 2010.
- [15] Ozer P, Hountondji YC, Niang AJ, Karimoune S, Manzo OL, Salmon M, 2010. Désertification au Sahel: historique et perspectives. *BSGLg* 54: 69-84.
- [16] Diallo, H., Bamba, I., Barima, Y.S.S., Ballo, A., Mama, A., Vranken, I., Visser, M. & Bogaert, J. " Effets combinés du climat et des pressions anthropiques sur la dynamique évolutive de la végétation d'une zone protégée du Mali (réserve de fina, boucle du Baoulé) ". *Sécheresse*, 22 (2): 97-107, 2011.
- [17] Kossi A, Bellefontaine R, Kokou K. " Les forêts claires du Parc national Oti-Keran au Nord-Togo: structure, dynamique et impacts des modifications climatiques récentes ". *Sécheresse* 20: 394-6. doi: 10.1684/sec.2009.0211, 2009.
- [18] FAO, 2005. Situation des Forêts du monde. Rome.

Dynamique de la croissance urbaine au quartier Luwowoshi, Lubumbashi (RD Congo)

[Dynamics of urban growth in the Luwowoshi district, Lubumbashi (DR Congo)]

Balloy Mwanza Perry¹, Katenda Kankokwe Cathy², and Philippe Hanocq³

¹Professeur au département de Génie Civil, Ecole Supérieure des Ingénieurs Industriels, Lubumbashi, RD Congo

²Professeure au département de Psychologie du Travail, Faculté de Psychologie et de Sciences de l'Education, Lubumbashi, RD Congo

³Professeur émérite au département d'Architecture et d'Urbanisme à l'Université de Liège, Belgium

Copyright © 2024 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: Over the last four decades, cities in the South have seen the remarkable development of a phenomenon that until then had manifested itself with little force: urbanization. This phenomenon has led to profound changes in land use and multiple transformations of spatial structures.

The objective of this research is to examine how the inhabitants of Luwowoshi adapt to the living conditions generated by the production of housing, the specific configurations of public space and to understand the evolution of urban morphology.

The urban explosion in this district is accelerating and the difficulties of access to land for the populations who live there are becoming more and more accentuated.

KEYWORDS: urbanization, land use, housing, urban morphology, informal neighborhood.

RESUME: Au cours de ces quatre dernières décennies, les villes du Sud ont vu se développer de manière remarquable un phénomène qui jusque-là ne s'était manifesté qu'avec peu de force: l'urbanisation. Ce phénomène a entraîné de profondes mutations dans l'occupation du sol et de multiples transformations des structures spatiales.

L'objectif dans cette recherche est d'examiner comment les habitants de Luwowoshi s'adaptent aux conditions de vie générées par la production de logements, les configurations spécifiques de l'espace public et de saisir l'évolution de la morphologie urbaine.

L'explosion urbaine dans ce quartier s'accélère et les difficultés d'accès à la terre pour les populations qui y habitent s'accroissent de plus en plus.

MOTS-CLEFS: urbanisation, occupation du sol, logement, morphologie urbaine, quartier informel.

1 INTRODUCTION

Etablie sur une assise plus ou moins variée qui est son site physique, la ville n'est pas un élément statique. Ses aspects formels sont largement déterminés par son plan et son architecture. La ville est une concentration humaine dans laquelle l'activité fondamentale est la fonction de services ou encore un assemblage de fonctions [1]. Il n'y a pas de ville, utilisée, uniquement pour l'habitat, pour le tertiaire ou l'industrie. Selon la célèbre formule simplificatrice mais pratique de la charte d'Athènes, les fonctions de la ville sont la production, l'habitat, la culture du corps et de l'esprit et la circulation.

Tout porte à croire qu'au XXI^{ème} siècle, l'extension des quartiers d'habitat précaire représente un enjeu majeur de développement pour les villes des pays du Sud. Les conditions de vie générées par la production de logements, l'accès aux services de base et les configurations spécifiques de l'espace public caractérisent l'évolution de la morphologie urbaine, considérée comme un ensemble morphologique, économique, social et culturel différencié [2], la ville est un milieu complexe et dynamique. Ses caractéristiques s'articulent autour de diverses interactions hommes/milieus mettant en jeu l'espace. Elles soulignent également que la ville est aujourd'hui à la fois territoire et unité de vie collective, milieu et enjeu, cadre physique et nœud de relations entre les êtres sociaux. A

cet égard, l'approche de Ferras [3] considère la ville comme une concentration d'habitants, un milieu de fonctions croisées dans lequel s'exercent la plupart des activités humaines (habitat, commerce, industrie, éducation, politique, culture) sans cesser d'être une confluence d'enjeux).

A l'époque coloniale, la « vraie ville » était celle des blancs alors que les quartiers indigènes où vivaient la majorité des noirs n'étaient pas considérés comme faisant partie de la ville à part entières. Les zones de noirs rattachaient plus au modèle du « village indigène » où disposait des règles autonomes.

Le continent africain n'échappe pas à la règle, avec l'apparition de villes toujours plus grandes, toujours plus peuplées dans une région du monde qui conserve encore aujourd'hui les traits urbains et les taux de croissance les plus élevés du monde ([4], [5]). Comme partout, les formes se dilatent et l'étalement urbain prend de l'ampleur. Les franges urbaines ressemblent depuis longtemps plus à la ville, mais dessinent les structures villageoises [6]. La moitié des habitants des villes africaines vivent dans les bidon villes, milieux très dégradés et sous équipés ([7], [8]). C'est le résultat d'une urbanisation trop brutale du continent qui n'a pas permis aux autorités locales de faire suivre la demande en services urbains de base (eau potable, électricité, éclairage public, assainissement, infrastructures sanitaires, mobilité, logement). Les populations vivantes donc, dans ces conditions effroyables en sont simplement exclus, condamnées à la mobilité, à l'informel et à la précarité foncière.

De ce point de vue, les villes africaines sont concernées par les processus d'urbanisation en cours: le passage de la ville compacte, dense, piétonne, aux rues étroites, ombragées et à la ville étalée. Même après près d'un demi-siècle d'accession à l'indépendance des Etats Africains, les perspectives alarmistes sur l'urbanisation de nos villes n'ont pas fondamentalement régressé.

En dépit de l'ampleur de la crise urbaine, de la croissance incontrôlée issue du déséquilibre entre une démographie galopante, un étalement urbain et des moyens financiers limités, le quartier Luwowoshi doit faire face aux multiples défis sur fond des problèmes environnementaux croissants.

La présente étude sur la caractérisation de la morphologie urbaine s'inscrit dans une dynamique d'extension *périurbaine* d'un quartier précaire ou spontané. Le périurbain est désormais un tiers espace intercalé entre le rural et l'urbain. Il est donc indispensable de lui accorder plus d'attention si l'on ne veut pas rater le tournant de l'urbanisation du 21^{ème} siècle.

2 MATÉRIELS ET MÉTHODES

2.1 LOCALISATION DE LA ZONE D'ÉTUDE: DES REALITES CONTRASTEES

Luwowoshi fait partie de la Commune Annexe qui a commencé à se densifier autour du début des années 1970. C'est l'un des 80 quartiers périphériques de la ville de Lubumbashi, caractérisé plutôt par la large extension urbaine. La naissance de ce quartier de Lubumbashi est un phénomène spontané qui s'étend en tache d'huile pour reprendre la métaphore des géographes, depuis le noyau colonial urbain jusqu'aux franges pionnières péri-urbaines à l'écart de la plupart des réseaux et des équipements urbains. Luwowoshi a investi le site autre fois occupé par les fermes et villages agricoles qui approvisionnaient la ville en denrées alimentaires.

Le quartier s'est édifié dans un désordre total sans aucun aménagement urbain, privé d'équipements vitaux. Il se distingue des autres quartiers périphériques de la ville de Lubumbashi non seulement par sa superficie totale d'environ 3980 hectares avec surface bâtie de 26km² soit une densité de plus 20 habitants par hectare pour une population totale d'environ 100.000 habitants, mais aussi par son ancienneté relative, et surtout par son entassement anarchique ainsi que par sa croissance démographique qui s'accompagne d'une transformation spatiale dans la mesure où la structure de l'habitat ne se modifie guère et reste totalement précaire. La population de cette zone est caractérisée par son extrême diversité. Elle est toujours aussi variée, comme en témoigne son large éventail d'origines culturelles, géographiques, ethniques et religions différentes.

Luwowoshi apparaît comme un quartier aux multiples facettes. Le relief est ici constitué par une série de croupes allongées que sépare une vallée sinueuse au Nord-ouest. Le fond est remblayé par un alluvionnement dans lequel le mauvais écoulement multiplie marécages et étendues d'eau dormante sur les versants. Les pentes sont assez fortes rendant difficile la construction et les rues boueuses donnent une inclinaison favorable à l'écoulement des eaux usées. Le site présente un vaste étalement vers l'ouest jusqu'au village Shindaika le long d'un cours d'eau de même nom avec un large lit de terres cultivées pendant la saison pluvieuse. Le front d'urbanisation continue au Sud vers la Commune Kampemba, avec une ligne de crête dominant la rivière mukulu. Cette urbanisation accuse une pointe marquée le long de l'avenue principale « chaussée de Kasenga ». La croissance démographique accélérée, alimentée notamment par des vagues de migration en provenance de la campagne, a largement empêché la planification de cet espace.

Luwowoshi, ne dispose pas de plan d'aménagement encore moins d'un officiel plan lotissement des parcelles. S'il existe celui-ci est conservé jalousement par les géomètres du cadastre qui usent et abusent de leur bonne connaissance du terrain en usurpant un rôle d'intermédiaire rétribué dans les opérations de vente/achat. Les plans de lotissement sont confectionnés sur des coins de table et par des bouts de papiers millimétriques chiffonnés et des calques déchirés sans respect de la moindre norme urbanistique. Les structures administratives des services de l'urbanisme et de l'habitat s'opposent entre elles. Dans ce contexte, il devient impossible d'élaborer un document cartographique de synthèse qui permettrait d'évaluer l'urbanisation réelle de la ville de Lubumbashi. De même pour les tracés

des routes, aucun plan n'a été produit respectant la réalité urbaine du terrain sachant que le tracé par rapport à la pente est un facteur déterminant de la forme de rue. De ce point de vue, les lotissements à Luwuwoshi ne prennent pas en compte les caractéristiques des rues entre autres participer au profil et à la forme de la rue par des alignements d'arbres qui peuvent redonner de l'homogénéité à des façades urbaines anarchiques.

Les données d'analyse de l'occupation de sols sont une description physique de l'espace, elles sont définies comme couverture (bio) physique de la surface des terres émergées c'est-à-dire qui recouvrent le sol [9]. Cette définition admet autant les processus dits «naturels» que ceux liés aux activités humaines [10].

Pour une bonne étude d'occupation du sol dans une zone périurbaine, il est important d'acquérir des images de haute résolution spatialement cohérente. Dans le cadre de notre étude, nous avons opté pour les images produites par le satellite SPOT (Système d'Observation de la terre), conçu par le Centre National des Etudes Spatiales.

L'utilisation d'images satellitaires constitue l'alternative idéale en l'absence de documents cartographiques récents ou assez détaillés. Les données satellitaires utilisées lors de cet article sont celles des images datant respectivement de 1996, 2005 et 2014 enregistrées simultanément en mode panchromatique (5m) et multi spectral (2,5m) [11]. La fusion de ces deux images a permis d'en améliorer la résolution spatiale.

Les données de terrains fournis par l'image satellitaire ont été complétées par des relevés in situ effectués à l'aide d'un GPS garmin de marque ETREX 10, CAN 310, d'un appareil photo. L'exploitation de ces données est réalisée via le logiciel arc Gis10.1.

2.2 MÉTHODOLOGIE

Pour atteindre l'objectif poursuivi, nous proposons une méthodologie basée sur la délimitation de l'aire d'étude: nous avons réalisé les enquêtes-ménages et sociales à la fois quantitatives et qualitatives dans l'ensemble du quartier, en vue de pouvoir témoigner de l'urbanisation dans sa globalité: celle d'un quartier qui se développe à l'issue de la marge de la ville, et qui conserve encore plusieurs caractéristiques particulières des anciens villages.

Le choix du site observé sur terrain a été considéré à partir de ses constructions et en corollaire des zones vides de développement urbain dans les pays en développement, notamment sur la RD Congo, le Mali, la Mauritanie et les villes d'Asie du Sud, qui nous ont servi pour recueillir des informations utiles afin de développer la recherche. Cette approche méthodologique d'observation nous a aidés à circonscrire le cadre du tissu bâti de la morphologie urbaine.

Enfin, notre méthode nous a permis de mieux comprendre et de mettre en évidence les points particuliers du site et de l'implantation primitive ainsi que du contexte sur lequel viennent se greffer ces espaces périurbains. Nous nous sommes employés à l'exploitation de la littérature traitant d'aménagement du territoire et d'urbanisme. Pour ce faire, nous avons eu recours aux concepts développés par plusieurs auteurs, notamment ([12], [13], [14], [15]) sur la pertinence des termes liés aux espaces périurbains et au processus d'urbanisation.

3 RÉSULTATS ET DISCUSSION

3.1 MORPHOLOGIE ET TISSU URBAIN À LUWOWOSHI

La croissance urbaine de la population entraîne un phénomène de densification de l'habitat dans ce quartier spontané ce qui est à l'origine de nombreux dysfonctionnements: étalement urbain, fragmentation sociale, pression sur l'environnement. Cette croissance démographique fulgurante, en l'absence de toute planification urbaine, explique l'inadaptation des outils de planification urbaine cohérente de ces quartiers informels où les conditions d'existence deviennent préoccupantes au fur et à mesure que ceux-ci se densifient [16].

Toutes les disparités de la gestion urbaine font apparaître les difficultés que rencontrent les autorités urbaines et municipales débordées par l'afflux urbain. Elles sont ainsi privées des recettes fiscales d'un urbanisme légal, suite à l'étalement urbain de la ville, ces quatre dernières décennies.

A Luwuwoshi, plusieurs carences de « gestion urbaine » méritent d'être précisées. La densification est le résultat d'un processus de construction planifiée et orientée par les autorités urbaines. Cela permet aux résidents de satisfaire au moins partiellement leurs aspirations toutes nouvelles en matière de logement généralement pas compatible avec une gestion viable de la ville [17]. Il résulte en effet de ces pratiques d'organisation des difficultés inhérentes à des réseaux de services urbains rendant difficile la vie quotidienne de citoyens les plus vulnérables notamment dans le domaine de voirie, de télécommunication et des transports.

L'objet de la morphologie urbaine est la forme urbaine, forme posant d'entrée de jeu, la question de sa définition. Ce que nous ont montré les premiers travaux de morphologie, c'est que la forme urbaine n'est jamais une donnée a priori, elle est toujours construite, un objet d'étude construit à partir d'une hypothèse de définition, d'une représentation, d'un point de vue sur la forme: la forme urbaine

comme forme de tissu, la forme urbaine comme forme des tracés développées par [18]. Ces deux acceptions ont dominé les études morphologiques réalisées dans les écoles d'architecture (Italie, France) [19].

Dans les années 1970 s'observaient dans les villes congolaises l'apparition des quartiers spontanés. Ils se caractérisaient tous par un point commun, qui est souvent souligné: c'est la ségrégation spatiale, entre deux ensembles de quartiers constituant, selon une terminologie classique, l'un la « ville européenne ou blanche » et l'autre la « ville noire ou indigène ». Ces appellations devenues très inadéquates sont de plus en plus remplacées par les expressions « quartiers aisés » et « quartiers résidentiels » qui ne reflètent pourtant que très grossièrement la réalité [20].

Elles traduisent bien cependant l'existence d'une différence évidente à l'intérieur de l'espace urbain, relevant désormais d'une ségrégation non plus raciale, mais socio-économique. En effet, souvent aménagés sans cohérence avec la ville originelle (européenne), les nouveaux quartiers n'ont aucun lien dynamique ou fonctionnel avec celle-ci. Répondant à des objectifs de l'époque, les plans d'urbanisme coloniaux se concevaient presque en dehors de toute logique aménagiste. On assiste aujourd'hui à une prolifération de formes urbaines difficilement qualifiables, sans morphologie apparente et officiellement connue sous le nom de bidonvilles ou habitats spontanés. Ces quartiers précaires qui ont continué à accueillir dans des espaces interstitiels une forte croissance urbaine rapide qui n'a pas effacé la ségrégation spatiale ont été débordés, les quartiers spontanés et les bidonvilles se sont développés sur des *zones non aeficandi*, sans aménagement et équipements.

La ville africaine de nos jours n'est donc rien d'autre que la reproduction de la ville coloniale sauf qu'aujourd'hui la distinction raciale a cédé la place à une distinction plutôt morphologique entre la « ville légale » ou planifiée et la « ville illégale » ou spontanée [21].

Certaines constructions illicites fabriquées en briques adobes et couvertes soit d'une toiture en chaumes encore des tôles ondulées, mais parfois de tuiles fleurissent chaque jour à Luwowoshi sur des surfaces de terrain totalement occupées sans que des mesures appropriées soient adoptées. De même l'extension en « doigts de gants » le long des axes routiers, dévorent les bonnes terres agricoles et donnent lieu à des opérations de spéculation immobilière à la périphérie du milieu, les responsables locaux (les chefs de rues, de bloc, de quartier) se transforment en lotisseurs pour attribuer des parcelles aux nouveaux arrivant, qui ne savent pas toujours que leur maison se situe en réalité sur une terre qui n'a pas forcément été légalement immatriculée et ne leur appartient pas.

Dans ces quartiers, les habitants occupent des parcelles restreintes et l'occupation y est tout à fait différente de celle en milieu rural. Il est aussi vrai que l'on observe la morphologie interne de l'habitat qui ne connaît donc pas d'évolution très prononcée si ce n'est le passage de la maison en paille du type rural à celle des matériaux hétéroclites. Ainsi, divers matériaux de construction employés (bois, chaume, tôle, fenêtre et porte en grille, béton) se côtoient sur un même espace. Cette pratique, qui a aidé à la densification progressive de ces espaces, explique en partie le fait que bien des maisons soient actuellement inachevées tout en étant habitées.

De plus convient-il de souligner que Luwowoshi à l'instar d'autres quartiers semi ruraux souffre effectivement d'une offre insuffisante en foncier viabilisé. La rareté et le prix de terrains constructibles, les risques naturels (zone marécageuse, pentes, zones industrielles, marécage insalubre...) et le retard des équipements structurants sont autant de facteurs qui viennent durcir les conditions de logements. Cependant les enquêtes menées par moi-même en 2015 et 2016 dans ces quartiers ont montré que beaucoup de logements locatifs situés dans la périphérie de Lubumbashi sont construits par des ménages à faibles revenus en vue d'amortir un tant soit peu les difficultés rencontrées. Beaucoup de ces logements sont ainsi réalisés sur des parcelles occupées par les propriétaires eux-mêmes et densifiés aussi par la construction de logements annexes.

3.2 VERS UN PROCESSUS DE CONSTRUCTION DURABLE

Le processus de cette croissance urbaine s'est révélé important. On est ainsi à même de comprendre l'ampleur des problèmes et l'état de crise qui y sont liés. La nature elle-même est mise à mal; la croissance périphérique de Luwowoshi s'est effectuée sur des terrains vagues situés sur une forte pente et parfois, en totale rupture avec le tissu urbain, à une distance de 10 km du centre-ville. Le couvert végétal est dévasté par la culture de maïs, manioc, arachide, patate douce et la fabrication du charbon de bois. Les équipements urbains font cruellement défaut. Les déplacements des populations résultant de la faiblesse des politiques d'aménagement des quartiers ont entraîné une accélération de constructions irrégulières. Les clivages sociaux s'accroissent avec de faibles ressources, des emplois occasionnels, peu stables ou à revenu aléatoire, un niveau scolaire insuffisant, un logement précaire et une condition d'accès au transport urbain difficile; l'insécurité foncière...

Les conséquences de cet état de crise montrent les conditions de vie exécrables qui sont le lot de la partie pauvre, très nombreuse, de la population: avec ses difficultés quotidiennes pour subvenir aux besoins des ménages et pour l'équilibre des budgets que l'inflation remet sans cesse en cause [22].

Le quartier Luwowoshi présente un certain nombre assez important de spécificités socio-économiques, urbanistiques, spatiales et environnementales susceptibles de nourrir une réflexion originale sur un sujet fort intéressant qui soulève de nombreuses préoccupations. De par sa situation géographique, son climat est relativement diversifié et ses potentialités agroalimentaires sont à l'origine d'importants mouvements migratoires qui ne sont pas en adéquation avec les infrastructures urbaines. Il fait donc, correspondre un mode de production particulier- « l'auto construction » dans un infra système « informel » - aux formes dominantes de l'urbanisation

peu ou pas contrôlée par l'Etat et qualifiée, pour expliquer l'ampleur du phénomène d'urbanisation et des problèmes de « gestion urbaine » qui en résultent. Cette forme d'urbanisation, souvent appelée « spontanée », est très largement dominante à Luwuwoshi et de façon plus significative sur l'ensemble de plusieurs quartiers périphériques de nos villes. Elle résulte également de la prise en charge de la croissance urbaine par les néo-citadins eux-mêmes qui s'installent dans des espaces verts et dans les zones réservées aux équipements, et dans les endroits insalubres. Luwuwoshi est l'exemple même d'une d'urbanisation de fait qui se réalise en dehors des règles d'urbanisme édictées par l'Etat: absence de titre de propriété et l'inexistence de contraintes juridiques (terrains domaniaux). Le permis de construction en tant qu'instrument de contrôle *a priori*, lui succède et s'adapte à elle. Ainsi donc, l'urbanisation non réglementaire continue à se développer dans le désordre mais la situation globale est loin d'être satisfaisante et la poussée urbaine loin d'être maîtrisée.

3.3 LE PARADIGME DE L'ESPACE URBAIN: PRESSION FONCIERE ET OCCUPATION DE SOLS

Les quartiers spontanés sont nés par la volonté des communautés autochtones, dont les villages ont été rattrapés par l'urbanisation. Il est composé majoritairement des ruraux qui se sont installés dans des conditions illégales c'est-à-dire sans aucune garantie sur le foncier.

Le quartier spontané est plus une circonscription sociale que territoriale puisqu'elle constitue « une catégorie d'aire géographique qui relève d'une part, de l'espace vécu par une certaine communauté d'appartenance et d'autre part, d'une représentation du territoire à l'aide repères et des lieux centraux » [23].

L'organisation spatiale du quartier ne suit pas des formes géométriques. Il s'agit d'un quartier informel parmi tant d'autres, créé en dehors de la procédure officielle de production d'espace bâti. Aucune planification n'est observée sur tous les plans et il y a une absence d'officialisation de l'occupation des terrains. L'habitat est majoritairement construit en briques adobes. Les populations pauvres, les nouveaux migrants issus de la croissance démographique actuelle s'installent principalement dans la vallée de forte pente dans les bas-fonds inondables.

Cette installation des taudis dans la vallée est précédée par des remblaiements où les nouvelles constructions densifient sans arrêt dans cette zone, édifiées sur les rares terrains libres, qui sont les moins favorables, car exposés aux pluies diluviennes dans les bas-fonds où s'entassent les dépotoirs sauvages et où leur présence entraîne des difficultés d'écoulement des eaux de surface. La forte croissance urbaine de la ville et la saturation des espaces périurbains contraignent les habitants à se tourner vers la périphérie pour la recherche des terrains constructibles. On assiste alors à la densification des quartiers précaires qui se font de manière anarchique et provoquant de ce fait une urbanisation spontanée. On est donc à la limite de la saturation d'un espace caractérisé par la promiscuité et l'insalubrité. Les rues sont trop étroites, dépourvues de trottoirs, d'éclairage public. La trame viaire existante est insuffisante, incohérente, constituée de multiples impasses très dégradée et impose de procéder à des redressements importants de parcelles. Les voies sont dans l'ensemble des routes en terre sans aucun revêtement. L'accès dans la zone est majoritairement constitué de chemins piétons en terre. La particularité de ces zones, c'est que les morcellements des parcelles et des démembrements des titres n'ont pas fait l'objet de morcellement des titres privés, du fait de l'absence de lotissement.

Il est donc urgent d'élaborer des lotissements organisés et architecturés judicieusement qui caractérise la physionomie et l'organisation de la ville [24], ainsi, avec la généralisation de la politique de lotissement, la périphérie, espace marginalisé et défavorisé, « voire méprisé, devint un espace de conquête foncière » [25] où coexistent deux systèmes fortement imbriqués: le régime moderne et coutumier.

Aussi convient-il de s'interroger comme [26]: à qui s'adresse le citoyen quand il désire acquérir une parcelle en périphérie urbaine pour loger sa famille ?

« L'Etat, le possesseur, le grand domaine en cours de morcellement, à moins qu'il ne profite de cette situation complexe pour occuper, seul ou avec d'autres, un terrain de sa propre initiative. Même si la loi moderne reconnaît à l'Etat la propriété du sol RDCongo, l'Etat ne parvient pas à imposer les règles qu'il a édictées: les lotissements officiels sont pleins d'irrégularités. Des personnes appartenant à la hiérarchie administrative mettent même leurs pouvoirs à profit pour vendre des terres selon des procédures qu'ils décident eux-mêmes ».

La mobilité vers la périphérie constitue souvent la seule possibilité des pauvres pour se loger durablement à moindre coût qu'une location, en accédant à la propriété à bâtir. L'accès au sol est relativement aisé dans la plupart des grandes villes d'Afrique Subsaharienne, notamment par le biais de transaction coutumières ou amiables qui, si elles ne sont pas toujours « légales » se font au moins par accord des deux parties [27].

Les concessions ne sont pas immatriculées sauf pour les propriétés qui ont manifesté la volonté de posséder un titre foncier. L'appropriation foncière se fait au moyen de la location, du don, de l'héritage, de l'achat ou attribution cadastrale.

La situation foncière de la zone étudiée connaît une désorganisation de services urbains qui conditionnent les opérations futures d'aménagement. Devant la forte pression foncière qui s'exerce dans la zone spontanée, il ne serait pas exagéré de parler d'une situation de pénurie de terrains aggravée par la valeur refuge du premier plan que représente le sol en RDCongo l'appropriation des terres par les

immobiliers ne s'effectue pas selon les règles en vigueur, mais il existe une majorité d'occupants de bonne foi. 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 non négligeable des populations urbaines dans les zones périphériques 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 les migrants de fraîche date chassés des campagnes par la misère, mais aussi des exclus de l'emploi urbain et même des opportunités de travail dans le secteur informel [28]. Bien souvent, ils construisent à la hâte une baraque où ils abritent leur famille, dès qu'ils trouvent un petit coin libre même dans une zone inondable. Mais l'éradication des quartiers spontanés est de règle sur les terrains privés. D'où une orientation de fait des invasions sur les terrains les moins propices à l'urbanisation.

La photographie aérienne révèle le mode d'occupation irrégulière du terrain: des centaines de parcelles se dispersent dans un désordre le plus total: les unes contiguës, les autres isolées, concessions tantôt closes et tantôt ouvertes. Certaines sont déjà bâties, d'autres sont nues, et parfois sont encore occupées par des cultures. Sur un réseau embryonnaire de mauvaises voies carrossables, se sont greffé de multiples sentiers dont les ramifications desservent chaque parcelle. La monotonie du paysage dans ce quartier est cependant égayée par une végétation abondante: manguiers, papayers, bananiers, avocatiers et citronniers, mais aussi de grands arbres, s'épanouissant au-delà des toits de tôle (voir figure 1).

Cette occupation anarchique des zones bâties et non bâties a donc façonné le paysage de maints quartiers périphériques des villes congolaises, où des migrants s'installent sans que les pouvoirs publics se préoccupent beaucoup de la disposition de la morphologie urbaine du quartier.

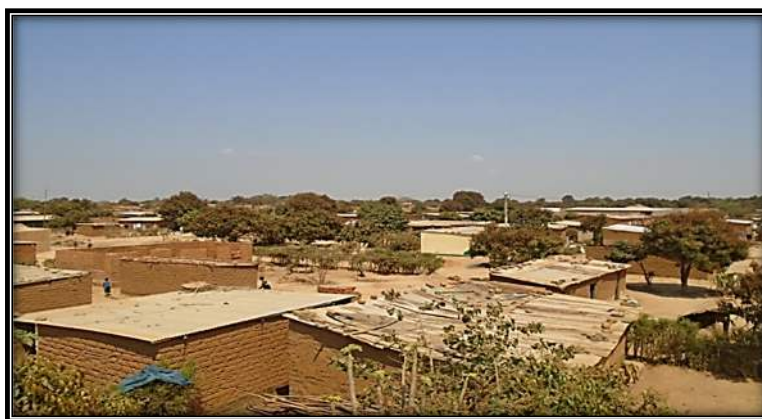


Fig. 1. *Evolution paysagère du quartier Luwowoshi*

3.4 CONSOMMATION DES ESPACES PÉRIURBAINS

Dans les villes congolaises, l'extension rapide de l'urbanisation a créé des espaces périurbains, mêlant des caractères urbains et ruraux. Espace agricoles, industriels, résidentiels y composent une mosaïque complexe, souvent confuse, où l'usage du sol est multiple. La gestion de ces espaces en mutation rapide, accueillant une population de plus en plus nombreuse, est cruciale et concentre des enjeux du développement du Sud [29].

L'étalement urbain est donc, un défi majeur pour les villes du sud et plus particulièrement congolaises. Il se concrétise par l'urbanisation croissante de territoires périphériques des villes appelés espace périurbains. Cette urbanisation a des conséquences multiples, notamment en termes architecturaux et urbanistiques [30] Il constitué aussi un enjeu important pour comprendre les effets de l'urbanisation sur les processus écologiques, non seulement dans les grandes métropoles urbaines, mais aussi dans les agglomérations de moyenne et de petite taille qui participent largement à la croissance urbaine.

A Luwowoshi, l'étalement urbain a permis le changement d'échelle de ce quartier, évoluant vers une nouvelle dimension spatiale et géographique. L'analyse de l'évolution sur trois périodes 1996-2005-2014 de ces formes d'occupation est basée sur l'observation de minérales qui les composent. En termes d'outils cartographiques, cette étude a pu bénéficier d'images de meilleure qualité à haute résolution, permettant d'individualiser chaque zone bâtie ou non bâtie dans l'espace considéré.

Dans la figure 2, les vides interstiels observés en 1996 regroupent les espaces non bâtis de plusieurs parcelles contiguës avec une prédominance des cultures maraîchères le long des zones marécageuses.

L'état d'occupation du sol en 1996 :

A cette période, l'occupation du sol est dominée par:

- Les espaces végétalisés spontanés constituent des poches dans les zones d'extension urbaine et s'étendent sur une superficie de 2490ha;
- Les zones marécageuses, bien que souvent inconstructibles, non propices à l'urbanisation couvrent les parties Nord-Ouest et Est soit 350ha;
- Les cultures maraichères couvrent en 1996 une superficie de 506ha, cette dernière est variable annuellement, elle dépend fortement de la répartition dans le temps et dans l'espace de la pluie;
- Les zones bâties et sol nus s'étalent sur 545ha

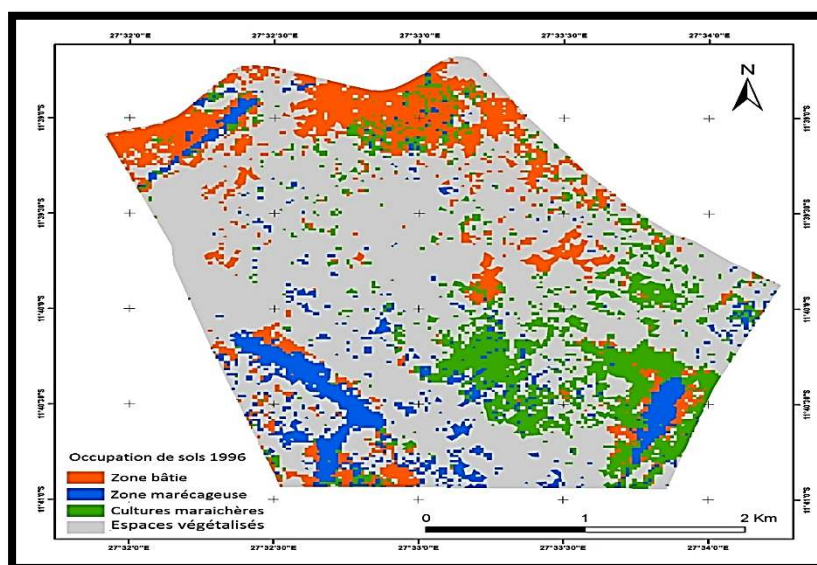


Fig. 2. Occupation de sols en 1996

En 2005, sur la figure 3, le versant Nord-Ouest s'est densifié, l'urbanisation gagnant les hauteurs et remplissant les espaces vides situés de part et d'autre de la grande route longeant l'avenue Chaussée de Kasenga. Vers le Nord, l'habitat a encore progressé, repérable à son fouillis de petits points. On note une progression lente du bâti, de la surface agricole ainsi que la zone sauvage commencent à être grignotées. Cette présence de l'habitat influence la formation des rues. Entre 1996 et 2005, les surfaces agricoles régressent passant de 13% à 7%. La diminution des surfaces cultivées en maïs s'effectue au profil et au détriment des cultures maraichères.

Cette diminution s'explique en grande partie par la variabilité climatique. La saison de pluie entre 1996 et 2005 est caractérisée par une intensité et un volume pluviométrique largement supérieurs à la normale provoquant notamment de fréquentes inondations. Ces cultures sont systématiquement localisées à proximité des cours d'eau et s'appliquent dans les zones maraichères. Celles-ci résultent de l'accumulation de matières organiques sur les rives d'un cours d'eau. Pendant cette période, l'extension des surfaces bâties et de sols nus n'a cessé d'augmenter passant de 14% en 1996 à 27% en 2005 et, période laquelle furent construits les habitats précaires.

L'analyse dynamique a permis d'identifier les axes actuels d'extension de l'urbanisation. Les résultats obtenus en 2014 (voir figure 3) confirment une forte croissance des espaces urbains. Cette période a été marquée par une progression remarquable de la superficie du bâti qui a progressé à 1490 ha soit 64%, la zone qui était autre fois occupée par l'agriculture urbaine et la zone sauvage se réduit sensiblement durant cette période passant de 13% en 1996 à 8% en 2014. L'urbanisation se poursuit sur les zones marécageuses qui ont vu aussi leur surface se réduire de 9 % à 6%. Cette partie connaît des phénomènes de densification et de croissance spatiale, notamment tout autour de la concession agricole.

On observe également l'augmentation de l'occupation illégale du sol se traduisant généralement par un entassement de constructions disposées de manière anarchique. L'observation des figures 4 et 5, permet de relever l'abondance des plages de sols nus à l'intérieur de la zone d'étude marquée par une dégradation très poussée du milieu naturel et des sols. La végétation réduite à des reliques indique clairement une pression de l'urbanisation sur le foncier. Tout l'espace est caractérisé par des constructions illicites à partir des matériaux de récupération et concentre la population pauvre. D'une part, la densification s'opère par le remplissage de l'habitat spontané et, d'autre part, l'urbanisation grignote régulièrement la zone agricole, au mépris des conditions environnementales. Cela entraîne des conséquences néfastes sur la production agricole. L'occupation spatiale et continue du sol témoigne de l'importance de la densité du bâti. Elle correspond à la structure urbaine de ce quartier spontané, qui présente des poches de pauvreté, caractérisée

par l'habitat précaire, par les zones de cultures périurbaines, zones marécageuses et inondables où les infrastructures urbaines manquent. Elle contribue aussi à sa croissance urbaine à travers deux phénomènes caractéristiques de la migration: l'exode rural et la dynamique propre du quartier.

L'excessive consommation d'espace rend problématique la gestion du quartier Luwowoshi en limitant gravement les possibilités futures d'aménagement, déjà hypothéqués par les faibles ressources dont dispose cette entité urbano-rurale. Les problèmes d'alimentation en eau potable se font sentir lourdement sur les pauvres populations.

Enfin, l'interprétation des images enregistrées entre 1996-2005-2014 montre que Luwowoshi présente une figure géométrique irrégulière dont les limites s'élargissent de part et d'autre et s'étirent le long des zones marécageuses dans les directions Sud-Ouest et Nord-Ouest. L'étalement urbain est donc responsable pour une bonne part des dégradations environnementales. En banalisant les paysages, on observe une forte pression par l'urbanisation s'exerçant au détriment d'une ressource naturelle patrimoine. Le foncier est plus apprécié pour sa valeur immobilière potentielle que pour celle de sa production. Par voie de conséquence. Il devient difficile d'accès pour l'installation d'exploitations agricoles.

D'autres raisons pourraient également expliquer les modifications spatio-temporelles qui ont eu lieu au cours de ces quinze années qui s'observent clairement entre 1996 et 2014. Le fait notable est la disparition de la forêt claire au détriment des cultures et des sols nus. Ces modifications s'apprécient quantitativement par les superficies de l'occupation du sol.

De façon générale, une simple comparaison de trois périodes, indique une forte progression d'habitats spontanés dans la zone d'extension, sols ou dégradés, cultures maraichères ont augmenté entre 1996-2005 et 2014. Ainsi, la destruction de certains espaces végétalisés et l'occupation de plusieurs terrains destinés aux cultures annuelles, constitué un impact énorme de cette dynamique urbaine. Il y a donc un passage des zones naturelles vers les zones anthropisées, dû globalement en grande partie à l'augmentation de la pression humaine.

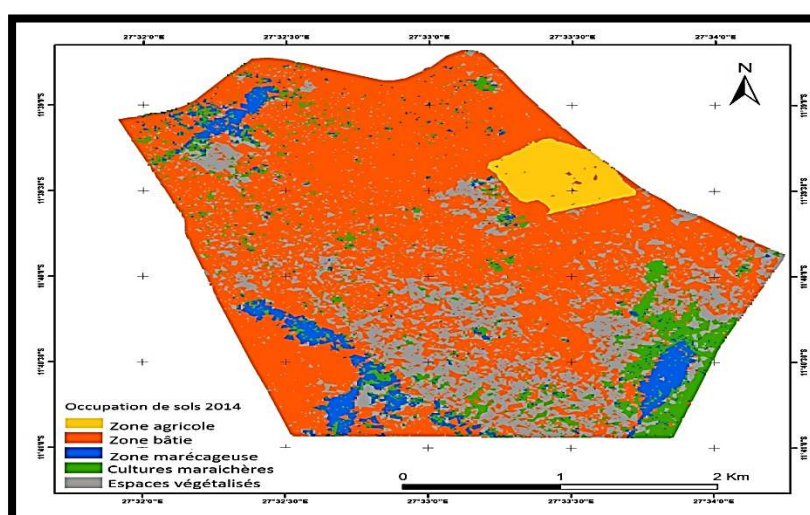


Fig. 3. Occupation de sols en 2014

Description	Aera 1996	Aera 2005	Aera 2014
Espaces végétalisés	64,31	58,93	23,10
Cultures maraîchères	13,29	7,46	7,71
Bâti et sol nu	13,87	26,92	63,67
Zones marécageuses	8,56	6,68	5,56

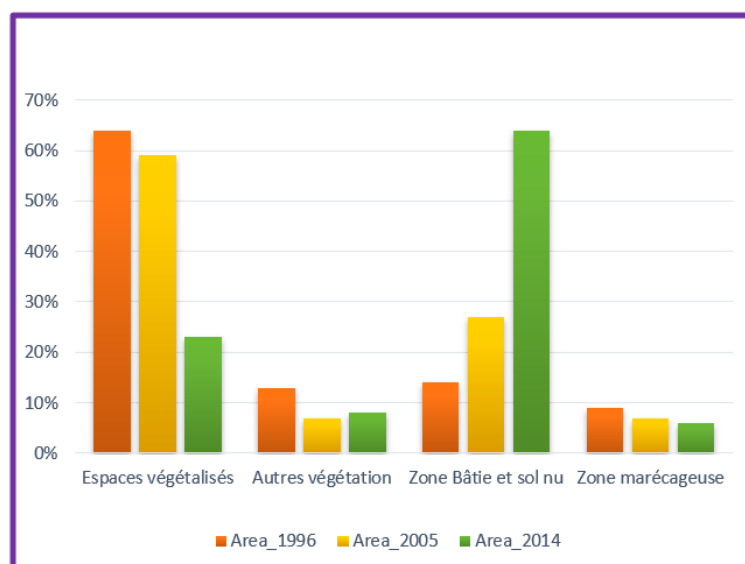


Fig. 4. Evolution temporelle en %

Description	1996	2005	2014
Espaces végétalisés	756	693	272
Cultures maraîchères	156	88	91
Bâti et sol nu	163	317	749
Zones marécageuses	101	78	65

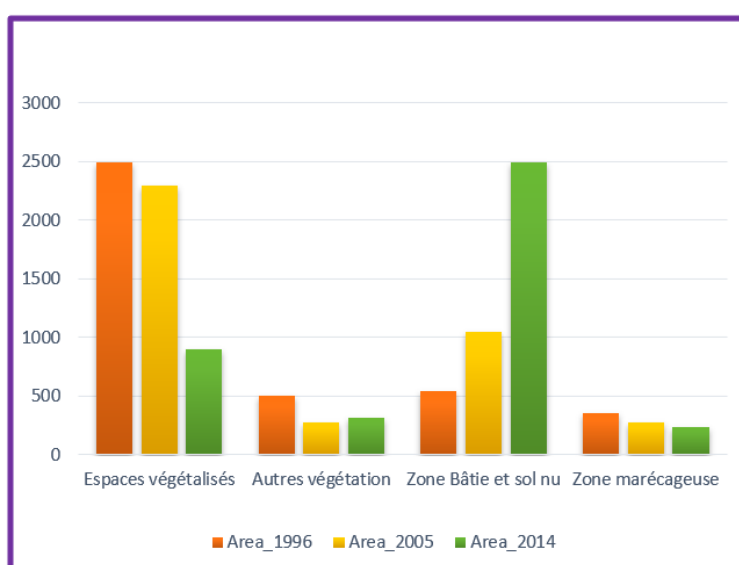


Fig. 5. Evolution temporelle en ha

4 CONCLUSION

A la lumière de ce qui précède, notre objectif de recherche est d'alimenter la réflexion sur la connaissance des formes urbaines. Nous avons pu nous y intéresser grâce au détour par l'examen des caractéristiques de la densification du tissu urbain. Nous avons construit une typologie sur base de laquelle nous avons testé un quartier spontané. Comme le soulignait [31]: la « morphologie urbaine ne se laisse pas saisir facilement. Elle s'apparente l'essentiel, l'expression d'un regard ou l'histoire d'une vie ».

Pour cela, les aspects d'étalement urbain de Luwowoshi ainsi que les dynamiques de l'occupation du sol ont été analysés. Les formes urbaines traduisant des représentations contrastées restent marquées par l'interférence des modèles sociaux et architecturaux. L'espace périurbain de Luwowoshi s'est révélé complexe et a nécessité une étude urbaine approfondie notamment de la production des logements, de l'acquisition des parcelles avec ses multiples conflits fonciers, de la marginalité d'un quartier pauvre et de formes urbaines du parcellaire.

Maintes fois, dans ses articles si clairvoyants sur le développement des espaces périurbains, [32] a constaté l'urbanisation accélérée de nombreuses régions de la planète ainsi que la possibilité technique pour les citadins de déployer leurs activités quotidiennes au sein d'enveloppes spatiales élargies. Dans des nombreuses villes du Sud, dont le décollage démographique est très récent, il en résulte un développement considérable d'espaces urbanisés de faible densité. La périurbanisation devient alors le processus prédominant dans la constitution de l'urbanisation et c'est en ce sens qu'il faut considérer que la transition s'apparente de plus en plus à une transition périurbaine.

REFERENCES

- [1] Pelletier J. et Delfante, Ch. 1994. *Ville et Urbanisme dans le monde*. Ed. Masson, Paris, Milan et Barcelone, 1994.
- [2] Cosinschi M. et Racine J.-B., (1998). Géographie urbaine. In Bailly A. (dir.), *Les Concepts de la géographie urbaine*. Paris: Armand Colin, 333 p.
- [3] Ferras R., 1990. *Ville paraître, être à part*. RECLUS, 143 p.
- [4] Schoumaker B., 1993. « Migrations interrégionales. Une application du modèle de Weidlich et Haag à la Belgique, 1977-1992 », Mémoire de licence en sciences géographiques, Université Catholique de Louvain, Louvain-la-Neuve.
- [5] Schoumaker, B., D. Tabutin, M. Willens, 2004. « Dynamiques et diversités démographiques dans le monde [1950-2000] », in G. Grelli, J. Vallin, G. Wuinsh [éd.], *Démographie; analyse et synthèse. V – Histoire du peuplement et prévisions*. Paris, Inédit. pp. 213-247.
- [6] Chene – Sanogo A., 2012. « Enjeux fonciers et développement durable au Mali. » Thèse de doctorat à l'Université de Bourgogne, France, 2012.
- [7] Paquot, T. 1996. *Le monde des villes: panorama urbain de la planète*. Paris, Editions Complexe, 1996, 699p.
- [8] Davis, M. (2006). *Le pire des mondes possibles*, Paris, La Découverte 10.
- [9] FAO, 1998. Report of the Twenty-third session of GFCM, Rome, 7-10 July 1998 (Rome, FAO, 1998).
- [10] Chery J.P., 2005. *Occupation du sol/définitions et enjeux, maison de la télédétection en langue doc-Roussillon, Juin*. [En ligne]: <http://www.teledetection.fr/occupation-du-sol.html>, consultée le 13.03.2017.
- [11] Canel P., dehs P., Girard, C. 1990. *Construire la ville africaine*.
- [12] Lussault Michel, Body - Gendiot, S. et Paquot, T. 2000s. *La ville et l'urbaine, l'état des savoirs*, Paris, Ed. La Découverte.
- [13] Sainteny, G. (2008). *L'étalement urbain*, Paris Ed. La Découverte.
- [14] Berger, M., Fruit, J.P. et Robic, M. Cl. 1980. « *Rurbanisation et analyse des espaces ruraux périurbains* », *Espace géographique*, n°4, p.306 – 313.
- [15] Body-Gendrot, S., 2000. *La Ville et l'Urbain* (en coll. avec Thierry Paquot, Michel Lussault, Claude Bartolone), Paris, Ed. La Découverte, 2000, 443p.
- [16] Farvacque-Vitrovic C. et Godin L. 1997. *L'avenir des villes africaines – enjeux et priorités du développement urbain*, Banque Mondiale, Washington, p.190.
- [17] Nguyeu Lian Phunong 2006. *Densité et qualité d'habitation au Vietnam. Le cas du quartier Bni Thi Xuan à Hanoi*, Mémoire de Master, Université de Laval, p.178.
- [18] Lavedan, P., 1926. « Introduction à une histoire de l'architecture urbaine, définitions, sources » et publiée sous le titre « Qu'est-ce que l'urbanisme ? » en 1926.
- [19] Lévy A. 2005. *Formes urbaines et significatives: revisiter la morphologie urbaine*, Edition ERES, p.5.
- [20] P. Venetier, 1991. *Les villes d'Afrique tropicale*, 2^e édition Masson géographie, p. 244.
- [21] Brunel, S., 2014. *L'Afrique, un continent en réserve de développement*, Ed. Bréal, Paris, p.290
- [22] Pain, M. 1979. « Kinshasa, écologie et organisation urbaine ». Thèse de doctorat és Lettres, Université de Toulouse-Le Lurail, 1979, p. 619 – 631.
- [23] Brunet Roger, Ferras Robert, et Thery Hervé, 1993, *Les mots de la géographie: dictionnaire critique*, Montpellier. La documentation française, 2^{ème} édition, 1993, 518 p.

- [24] Jaglin S., 1995. Gestion urbaine partagée à Ouagadougou: pouvoirs et périphéries (1983-1991), Paris, Karthala, 659 p., (coll. « Hommes et sociétés »).
- [25] Jaglin S., Dubresson A. (sous la dir.), 1993. *Pouvoirs et cités d'Afrique noire, décentralisation en question*, Ed. Karthala, Paris, 1993.
- [26] Piermay J.L., 1990. La production de l'espace urbain en Afrique Centrale, Vol. 67, n°1, pp.62-65.
- [27] Emile LeBris, 1993. « *Villes irrégulières, villes non maîtrisées* », in *Afrique Contemporaine*, Paris, La Documentation française, n°168, pp. 218-230, 1993.
- [28] Rochefort, M., 2000. *Le Défi urbain dans les pays du Sud*, Edition L'Harmattan, Paris, France, 184p.
- [29] 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).
- [30] Allain, R. 2004. Morphologie urbaine – Géographie, aménagement et architecture de la ville, Paris, A. Colin, Coll. U. Géographie, 2004, p.254.
- [31] Faban De Smet, 2012. Caractérisation des espaces périurbains: morphologie actuelle et prospective. Thèse de doctorat à la faculté des Sciences Appliquées – Architecture et Urbanisme/ Ulg.
- [32] Jean Marie Halleux, 2015. Les territoires périurbains et leur développement dans le Monde: un monde en voie d'urbanisation et de périurbanisation, 2015. Les Presses Agronomiques de Gembloux. A.S.B.L. p45-54.

Comparative assessment of *Allium cepa* and *Amaranthus hybridus* leaves nutritional values consumed in Burkina Faso

Charles W. Yaméogo¹, Boubacar Savadogo¹, Franck Garanet¹, and Charles Parkouda²

¹National Centre of Scientific and Technological Research, Health Sciences Research Institute, Ouagadougou, Burkina Faso

²National Centre of Scientific and Technological Research, Applied and Technological Sciences Research Institute, Ouagadougou, Burkina Faso

Copyright © 2024 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 for children aged under five years in Burkina Faso is a health problem. Research to contribute for a balanced nutrition of these children is needed. The aim of this study was to assess the nutritional values of *Allium cepa* and *Amaranthus hybridus* leaves consumed in Burkina Faso.

The cool leaves of these plants have been purchased in three markets of Ouagadougou and allow to air-dry in laboratory at 25 °C. The nutritional values have been analysed for following minerals (Calcium, Potassium, Magnesium, Phosphor, Sodium, Iron and Zinc). For minerals content analyses, the atomic absorption spectrophotometer and flam photometer methods have been used.

The results showed that the two leaves had high content in Calcium, Potassium, Phosphor and Magnesium. For *Allium cepa*, the leaves mean content in Calcium, Potassium, Phosphor and Magnesium were 881 mg/100 g; 2657 mg/100 g; 324 mg/100 g and 204 mg/100 g, respectively. Iron (81 mg/100 g) and Zinc (4 mg/100 g), which are trace elements were also high. For *Amaranthus hybridus* leaves, the Calcium, Potassium, Phosphor and Magnesium content were 606 mg/100 g; 3573 mg/100 g; 222 mg/100 g and 475 mg/100 g. The trace elements Iron and Zn were 5 mg/100 g and 2 mg/100 g, respectively. *Allium cepa* leaves had highest content in Calcium, Phosphor, Iron and Zinc compared to *Amaranthus hybridus* leaves.

This study showed that leaves of *Allium cepa* and *Amaranthus hibridus* have important nutritional values. Included these leaves in children diet will contribute to their nutritional balanced.

KEYWORDS: Vegetables leaves, nutritional values, children, diet, nutrition.

1 INTRODUCTION

The prevalences of moderate acute malnutrition and chronic malnutrition are 9.7% and 21.6% respectively for children aged under five years in Burkina Faso [1]. The low nutrient intake associated to a lack of health care contribute to malnutrition [2, 3]. Low intakes of minerals are associated with a disturb use of macronutrients which impairs tissues formation in the body. Improve children diet including vegetables leaves will contribute to fight against malnutrition [4, 5, 6]. Therefore, investigations to found different vegetables with high nutritional values are needed. *Allium cepa* and *Amaranthus hybridus* leaves are vegetables commonly consumed in Burkina Faso. But, there is a lack of information on their nutritional values [7]. Therefore, knowledge on their nutritional values will encourage their use and improve children diet quality.

Allium cepa is a herbaceous plant from Amaryllidaceae family. It measures about 60 cm in height. The leaves and bulbs are consumed as sauce. *Amaranthus hybridus*, is also a herbaceous plant from the Amaranthaceae family. It is approximately 2.5 m in height. The leaves are consumed mixed in sauce [8, 9].

The objective of this study was to assess the nutritional values of *Allium cepa* and *Amaranthus hybridus* leaves consumed in Burkina Faso.

2 MATERIALS AND METHODS

2.1 SAMPLES COLLECTION

The cool leaves of *Allium cepa* and *Amaranthus hybridus* have been purchased in three markets of Ouagadougou, Burkina Faso. The samples have been washed and dried to the laboratory at 25 °C during one month and reduced in powder with a grinder (mark NIMA, model NO: BL - 888A, Japan). The powder has been filtered by a filter with meshes of 0.5 millimeter of diameter and then, kept in plastic sachets at the laboratory temperature until analyses. With the samples, the minerals content have been analysed in triplicate.

2.2 MINERALS CONTENT ANALYSES

The following minerals: Calcium (Ca), Potassium (K), Magnesium (Mg), Phosphor (P) and Sodium (Na), from the dried leaves of *Allium cepa* and *Amaranthus hybridus* have been analysed after mineralization of samples according to Houba et al. methods [10]. In three tubes, 0.5 g of sample ground to 0.5 mm was weighed and 5 ml of the extraction solution (sulphuric acid - selenium - salicylic acid: 7.2%) was added in each tube. A blanc solution was prepared with 5 ml of the extracted solution. The samples have been let to rest during 2 h at least. After this time, they have been heated with temperatures between 100-340 °C. The mixture obtained after heating has been cooled to the ambient temperature during 24 h and then diluted to 2/3 of the tubes, stirred, cooled down again and completed to 75 ml with the distilled water. After stirring and emptying, a quantity of the solution has been used for:

- The dosage of the total phosphor with the autosensor (model SKALAR 1000) to 880 nm using the ammonium molybdate as indicator.
- The dosage of Mg and Ca after dilution in the Lanthane [(La (NO₃)₃ 6H₂O)] respectively to 285.2 nm and 422.7 nm with an atomic absorption spectrophotometer (model PERKIN ELMER A100).
- The dosage of Na and K with a flame photometer (model CORNING 400). Ranges of standards solutions were prepared for the dosage of minerals. These ranges are provided as follows:
- P: a solution (300 ppm) of K-hydrogenophosphate (K₂HPO₄) permitted to achieve a range of concentration between 3 and 15 ppm.
- K and Na: a standard solution of Na-K (100 ppm) permitted to prepare a range concentration between 0 and 10 ppm.
- Mg and Ca: standards solutions of Mg (1000 ppm) and Ca (1000 ppm) permitted to prepare concentration ranges between 5 and 30 ppm for the Ca, 0.5 and 3 ppm for Mg.

For Zn and Fe analyses, 0.5 g of sample ground to 0.5 mm has been weighed in three tubes. Then, 5 ml of the extraction solution with nitric acid (HNO₃; 65%), sulphuric acid (H₂SO₄; 96%) and perchloric acid (HClO₄; 70%) have been added in each tube. A blanc solution has been prepared with 5 ml of the extraction solution. The samples have been let to rest during 2 h at least. After this time, they have been heated with temperatures varying between 75-240 °C. The mixture obtained after heating has been cooled down to the ambient temperature during 24 h and subsequently, has been diluted to 2/3 of tubes, stirred, cooling down again and completed to 75 ml with the distilled water. After stirring and emptying, a quantity of the solution has been used to analyse Fe and Zn in atomic absorption, respectively to 219.9 nm and 248.3 nm. A concentration range of standard solution has been 6 to 36 ppm for Fe and 1 to 6 ppm for Zn.

2.3 STATISTICAL ANALYSIS

For data analysis, the software SPSS version 22.0 has been used. Data were expressed as mean (± standard deviation). The one-way analysis of variance has been used to test the differences between the mean content of minerals. The Significant difference between the mean was set to 5% level.

3 RESULTS

Minerals content of *Allium cepa* leaves showed high concentrations in K. These concentrations were 2652 mg/100 g; 2657 mg/100 g and 2661 mg/100 g respectively for market 1, market 2 and market 3 (Table 1).

Table 1. Content of minerals in dry leaves of *Allium cepa* (mg/100 g)

Minerals	Market 1 (Mean $\pm$ SD)	Market 2 (Mean $\pm$ SD)	Market 3 (Mean $\pm$ SD)	P-value for difference
Calcium	876 $\pm$ 4	883 $\pm$ 3	885 $\pm$ 5	<0.05
Potassium	2652 $\pm$ 6	2657 $\pm$ 4	2661 $\pm$ 5	<0.05
Phosphor	324 $\pm$ 2	327 $\pm$ 4	320 $\pm$ 3	<0.05
Magnesium	200 $\pm$ 2	208 $\pm$ 3	203 $\pm$ 3	<0.05
Sodium	34 $\pm$ 3	38 $\pm$ 2	32 $\pm$ 3	<0.05
Iron	83 $\pm$ 2	81 $\pm$ 1	79 $\pm$ 2	<0.05
Zinc	4 $\pm$ 1	6	3 $\pm$ 1	<0.05

SD: standard deviation

The Ca is the second mineral found with high concentrations as 876 mg/100 g; 883 mg/100 g and 885 mg/100 g, respectively for market 1, market 2 and market 3. P and Mg are also well concentrated. For trace elements, Fe is found more concentrated with 83 mg/100 g; 81 mg/100 g and 79 mg/100 g respectively for market 1, market 2 and market 3. Zn content is also significant as trace elements. Minerals content between the samples for the three markets showed significant differences (Table 2). For all the samples, the mean concentrations in Ca, K and P were 881 mg/100 g; 2657 mg/100 g and 324 mg/100 g. Trace elements Fe and Zn mean concentrations were respectively 81 mg/100 g and 4 mg/100 g (Table 2).

Table 2. Mean content of minerals in dry leaves of *Allium cepa* for the three markets (mg/100 g)

Minerals	Mean $\pm$ SD for three markets
Calcium	881 $\pm$ 5
Potassium	2657 $\pm$ 4
Phosphor	324 $\pm$ 3
Magnesium	204 $\pm$ 4
Sodium	35 $\pm$ 3
Iron	81 $\pm$ 2
Zinc	4 $\pm$ 1

SD: standard deviation

Amaranthus hybridus leaves minerals content also showed high concentration in K. These concentrations were 3549 mg/100 g; 3600 mg/100 g and 3571 mg/100 g, respectively for the leaves from market 1, market 2 and market 3 as shown in Table 3.

Table 3. Content of minerals in dry leaves of *Amaranthus hybridus* (mg/100 g)

Minerals	Market 1 (Mean $\pm$ SD)	Market 2 (Mean $\pm$ SD)	Market 3 (Mean $\pm$ SD)	P-value for difference
Calcium	633 $\pm$ 4	581 $\pm$ 2	604 $\pm$ 2	< 0.05
Potassium	3549 $\pm$ 2	3600 $\pm$ 1	3571 $\pm$ 3	< 0.05
Phosphor	201 $\pm$ 2	246 $\pm$ 2	218 $\pm$ 3	< 0.05
Magnesium	488 $\pm$ 1	467 $\pm$ 2	470 $\pm$ 1	< 0.05
Sodium	37 $\pm$ 1	42 $\pm$ 1	35 $\pm$ 2	<0.05
Iron	5 $\pm$ 1	5 $\pm$ 1	6	< 0.05
Zinc	2	2	4	< 0.05

SD: standard deviation

The Ca was found to be the second mineral in high concentration with 633 mg/100 g; 581 mg/100 g and 604 mg/100 g for market 1, market 2 and market 3, respectively. The Fe showed levels of 5 mg/100 g; 5 mg/100 g and 6 mg/100 g from market 1, market 2 and market 3, respectively. For Zn, concentrations were 2 mg/100 g; 2 mg/100 g and 4 mg/100 g for market 1,

market 2 and market 3, respectively. Comparison of minerals content between the samples for the three markets showed significant differences (Table 3). For all the samples, the mean concentrations in K, Mg and Ca were 3573 mg/100 g; 606 mg/100 g and 475 mg/100 g, respectively. Trace elements Fe and Zn mean concentrations for all the samples were 5 mg/100 g and 2 mg/100 g, respectively (table 4).

Table 4. Mean content of minerals in dry leaves of *Amaranthus hybridus* for the three markets (mg/100g)

Minerals	Mean $\pm$ SD for three markets
Calcium	606 $\pm$ 26
Potassium	3573 $\pm$ 25
Phosphor	222 $\pm$ 22
Magnesium	475 $\pm$ 11
Sodium	38 $\pm$ 4
Iron	5 $\pm$ 0.4
Zinc	2 $\pm$ 0.4

SD: standard deviation

Comparison of minerals content showed that leaves of *Allium cepa* had highest content in Ca, K, Fe and Zn compared to leaves of *Amaranthus hybridus*. However, K and Mg were more concentrated in *Amaranthus hybridus* (Table 5).

Table 5. Mean minerals content between *Allium cepa* and *Amaranthus hybridus* dry leaves (mg/100 g)

Minerals	<i>Allium cepa</i> (Mean $\pm$ SD)	<i>Amaranthus hybridus</i> (Mean $\pm$ SD)
Calcium	881 $\pm$ 5	606 $\pm$ 26
Potassium	2657 $\pm$ 4	3573 $\pm$ 25
Phosphor	324 $\pm$ 3	222 $\pm$ 22
Magnesium	204 $\pm$ 4	475 $\pm$ 11
Sodium	35 $\pm$ 3	38 $\pm$ 4
Iron	81 $\pm$ 2	5 $\pm$ 0.4
Zinc	4 $\pm$ 1	2 $\pm$ 0.4

SD: standard deviation

4 DISCUSSION

Comparison of minerals content showed that leaves of *Allium cepa* content in Ca, K, Fe and Zn were highest compared to leaves of *Amaranthus hybridus*. However, K and Mg were more concentrated in *Amaranthus hybridus* leaves. These concentrations differences are due to the ability of each leaves to draw the desired minerals from the soils.

From this study we found *Allium cepa* and *Amaranthus hybridus* leaves to be good sources of Ca, K, P, Mg, Na, Fe and Zn. Current food composition table from Burkina Faso was established since 2005 and had not data on Mg, Na and P content for *Allium cepa* leaves or Mg, Na and P content for *Amaranthus hybridus* leaves [7]. Therefore, this study allows to have new data available and improve the knowledge on the nutritional values of these two vegetables.

We compare the content of these leaves with other vegetables previously studied [11, 12]. The content in Ca, Mg, K and Zn of *Allium cepa* leaves were lower compared to *Solanum aethiopicum* leaves (Ca: 1048; Mg: 666; K: 3064 mg/100 g; Zn: 20 mg/100 g). Compared to *Allium cepa* leaves, *Moringa oleifera* leaves content are highest in Ca: 2098 mg/100 g; P: 351 mg/100 g, and Mg: 406 mg/100 g, but lower in K: 1922 mg/100 g and Fe: 28 mg/100 g. Compared to *Amaranthus hybridus* leaves, *Moringa oleifera* leaves had highest content in Ca: 2098 mg/100g, P: 351 mg/100 g, Fe: 28 mg/100 g and Zn: 5 mg/100 g, but lower content in K: 1922 mg/100 g and Mg: 406 mg/100 g. Our study compared with other from Nigeria, showed highest content in Ca, Mg and K from *Amaranthus hybridus* leaves which were 44.15 mg/100; 231.22 mg/100 g and 54. 2 mg/100 g, respectively [13].

The findings showed that these leaves are good sources in minerals which are important for children nutritional balanced [14]. These minerals are essential for body cells functions [15, 16]. Fe and Zn are minerals involved in immunity and fight against infectious diseases [16, 17]. Promote these leaves for children diet will have more benefit to improve their nutritional status.

5 CONCLUSION

The study showed important nutritional values of *Allium cepa* and *Amaranthus hybridus* leaves. Promote these leaves for children diet will contribute to their nutritional balance and fight against malnutrition.

ACKNOWLEDGMENTS

We thank Mr Ouédraogo Inoussa, head of laboratory in national office of soils for his help with the samples analysis.

COMPETING INTERESTS

Authors have declared that no competing interests exist.

REFERENCES

- [1] Ministry of Health/ Direction of the Nutrition. National nutritional survey. Final report. MS/DN, 2021.
- [2] WHO. Worldwide Prevalence of anaemia 1993-2005: WHO Global Database on anaemia. Geneva: World Health Organisation, 2008.
- [3] Annan R.A., Webb P., Brown R. Prise en charge de la malnutrition modérée (MAM): connaissances et pratiques en vigueur. UNICEF, 2014.
- [4] Kamga R.T., Kouame C., Atangana A.R., Chagomoka T., Ndango R. Nutritional Evaluation of Five Indigenous Vegetables. Journal of Horticultural Research, 21 (1): 99-106, 2013.
- [5] Yaméogo C. W., Garanet F. Assessment of micronutrients of *Solanum aethiopicum* and *Solanum melongena* fruits consumed in Burkina Faso. Asian Food Science Journal, 22 (4): 40-45, 2023.
- [6] Yaméogo C. W., Garanet F. Minerals composition of *Solanum aethiopicum* L. and *Amaranthus hybridus* L. leaves from Burkina Faso. European Journal of Nutrition and Food Safety, 15 (7): 35-41, 2023.
- [7] Ministry of Health/ Direction of the Nutrition. Edition and popularization of a table of composition of foods commonly consumed in Burkina Faso. MS/DN, 2005.
- [8] Oke O. L. Amaranthus. Handbook of tropical foods, Marcel Dekker, Inc., New York. 1983.
- [9] Mepha HD, Eboh L, Banigbo DEB. Effects of processing treatments on the nutritive.
- [10] composition and consumer acceptance of some Nigeria edible leafy vegetables. Afr. J. Food Agric. Nutr. Dev., 7 (1): 1-18, 2007.
- [11] Houba V.J.G, van Vark W., Walinga I, Vander Lee J.J. Plant analysis procedure (part 7, chapter 2. 3). Department of soils sciences and analysis, Wageningen, The Netherlands.
- [12] Yaméogo Charles W., Franck Garanet. Minerals Composition of *Solanum aethiopicum* L. and *Amaranthus hybridus* L. Leaves from Burkina Faso. European Journal of Nutrition and Food Safety, 5 (7): 35-41, 2023.
- [13] Yaméogo C.W., Bengaly M.D., Savadogo A., Nikiema P.A., Traoré A.S., Determination of Chemical Composition and Nutritional Value of *Moringa oleifera* Leaves. Pakistan Journal of Nutrition, 10 (3): 263-268, 2011.
- [14] Akubugwo IE, Obasi NA, Chinyere GC, Ugbogu AE. Nutritional and chemical value of *Amaranthus hybridus* L. leaves from Afikpo, Nigeria. African J. Biotechnol., 6 (24): 2833-2839, 2007.
- [15] FAO. Vitamins and minerals requirements in human nutrition: report of a joint FAO/WHO. Second edition, 1998.
- [16] Michael U., Banji A., Abimbola A., David J., Oluwatosin S., Aderiike A., Ayodele O., Adebayo O. Assessment of variation in mineral content of ripe and unripe African eggplant fruit (*Solanum aethiopicum* L.) Exocarps. J. Pharmacog. Phytochem., 6: 2548-2551, 2017.
- [17] Sunday E.K., Hartline O.O. Nutrient Composition of Common Fruits and Vegetables in Nigeria. Journal of Biotechnology, 15: 1336-1392, 2012.
- [18] UNICEF. The state of the world children. UNICEF house, New York, 1988.

Détermination des charges microbiologiques des eaux d'arrosage et légumes du domaine maraîcher de SAGBAYA, Commune Urbaine de Faranah

[Determination of the microbiological charges of water for irrigation and vegetables from the market garden of SAGBAYA, Urban Commune of Faranah]

Diallo Diariou¹, Diallo Boubacar², Alhassane Diallo³, Ibrahima Camara¹, Sayon Saran Conde¹, and Diawadou Diallo²

¹Département Génie Rural, Institut Supérieur Agronomique et Vétérinaire de Faranah, Guinée

²Département Agriculture, Institut Supérieur Agronomique et Vétérinaire de Faranah, Guinée

³Département Economie Rurale, Institut Supérieur Agronomique et Vétérinaire de Faranah, Guinée

Copyright © 2024 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 study focused on determining the microbiological load of watering water and vegetables grown in the market gardening area of SAGBAYA, Urban Commune of Faranah.

The microbial germs contained in water and vegetables were determined by the membrane filtration method. The results of microbiological analyzes of vegetables indicated variations depending on the locations of the wells and their sources of pollution. During the two vegetable production seasons, the results showed that except for the water from the borehole, that of the most exposed wells was highly contaminated.

The water used during the 2024 season, unlike the previous one, all contained total and fecal coliforms whose values oscillated respectively between 15 and 159 CFU/100ml and 9 to 126 CFU/100ml. Of the vegetables harvested, although some samples were free, carrots contained more pathogens than cabbage and lettuce in both well and borehole water. The microbiological charges in CFU/100 ml of cabbage organs varied from 2 to 85 in total coliforms and from 2 to 56 in fecal coliforms; 3 to 75 in total coliforms and 1 to 56 in fecal coliforms in carrots, finally 3 to 85 in total coliforms and 1 to 66 in fecal coliforms in lettuce.

Most water and vegetables have microbiological charges exceeding the required standards, hence the consumption of these vegetables without treatment constitutes health threats to consumers.

KEYWORDS: well; irrigation water; total and fecal coliforms; market gardening; Faranah-Guinea.

RESUME: La présente étude a porté sur la détermination de la charge microbiologique des eaux d'arrosage et légumes cultivés dans le domaine maraîcher de SAGBAYA, Commune Urbaine de Faranah.

Les germes de microbes contenus dans les eaux et légumes ont été déterminés par la méthode de filtration sur membrane. Les résultats des analyses microbiologiques des légumes ont indiqué des variations selon les emplacements des puits et de leurs sources de pollution. Durant les deux saisons de production maraîchère, les résultats ont montré qu'excepté les eaux du forage, celles des puits les plus exposées étaient fortement contaminées.

Les eaux utilisées pendant la saison 2024 contrairement à celle précédente contenaient toutes, des coliformes totaux et fécaux dont les valeurs oscillaient respectivement entre 15 et 159 UFC/100ml et 9 à 126 UFC/100ml. Des légumes récoltés, bien que certains échantillons étaient indemnes, les carottes renfermaient plus de pathogènes que le chou et la laitue aussi bien avec les eaux de puits qu'avec celles du forage. Les charges microbiologiques en UFC/100 ml, des organes du chou ont varié de 2 à 85 en coliformes totaux et de 2 à 56 en coliformes fécaux; 3 à 75 en coliformes totaux et 1 à 56 en coliformes fécaux au niveau des carottes, enfin 3 à 85 en coliformes totaux et 1 à 66 en coliformes fécaux dans la laitue.

La plupart des eaux et légumes ont des charges microbiologiques dépassant les normes requises d'où, la consommation de ces légumes sans traitements constitue des menaces sanitaires des consommateurs.

MOTS-CLEFS: puits; eaux d'arrosage; coliformes totaux et fécaux; cultures maraîchères; Faranah-Guinée.

1 INTRODUCTION

La rareté de l'eau a conduit à l'utilisation d'eau contaminée pour les cultures maraîchères, une pratique qui s'est généralisée à mesure que la population a augmenté [1]. Dans les pays en développement, l'utilisation d'eau contaminée pour l'irrigation dans l'agriculture urbaine est essentielle [2]. L'utilisation d'eau contaminée dans l'agriculture est une pratique ancienne, les technologies existantes de traitement des eaux usées sont coûteuses pour les pays en développement et les deux tiers des eaux usées générées dans le monde ne sont pas traitées; [3-4].

Les sources d'eau contaminées sans traitement préalable peuvent avoir des impacts négatifs sur la santé de la population et sur l'environnement [5]. En agriculture, l'utilisation d'eau non traitée est une source potentielle de contamination chimique et microbienne des eaux de surface et des eaux souterraines peu profondes [6-7-8-9]. La présence de bactéries pathogènes (coliformes, salmonelles) dans l'eau d'irrigation et les produits horticoles commerciaux peut entraîner de graves problèmes de santé pour les producteurs et les consommateurs causés par *Escherichia coli* entérotoxique (gastro-entérite), *Shigella* (dysenterie bacillaire) et *Salmonella typhi*, risque de maladie bactérienne. (Fièvre typhoïde) [10].

De plus, les fruits et légumes produits avec les eaux usées contiennent souvent des agents pathogènes et peuvent donc poser de graves problèmes de santé publique aux populations consommatrices [11-12].

La contamination microbienne des cultures est un problème complexe qui dépend de nombreux facteurs autres que la qualité de l'eau d'irrigation. Un nombre relativement important d'œufs de vers sur des cultures maraîchères commerciales irriguées avec des eaux usées non traitées immédiatement après la récolte. Cependant, cette étude a également révélé que 12 heures plus tard, ces mêmes légumes vendus sur le marché contenaient des œufs de vers [13]. Les taux de contamination des œufs étaient deux fois plus élevés. Une contamination bactérienne et parasitaire importante des légumes achetés sur les marchés d'Accra et de Ouagadougou, mais l'origine de la contamination n'était pas entièrement imputable à l'irrigation par eaux usées [14-15-16]. La probabilité d'infection alimentaire entre les produits analysés immédiatement après la récolte et les produits sur le marché et l'irrigation des légumes avec des eaux usées n'a pas augmenté de manière significative les risques pour la santé [17].

Le groupe des coliformes rassemble une grande diversité d'espèces bactériennes appartenant majoritairement à la famille des *Enterobacteriaceae*. Les principaux genres sont *Citrobacter*, *Enterobacter*, *Escherichia*, *Klebsiella* et *Serratia* [18]. La grande majorité des espèces bactériennes de cette famille vit dans le tractus intestinal des animaux à sang chaud d'où elles sont excrétées par les fèces, ce qui en fait des indicateurs de contamination fécale. Elles sont, pour la plupart non pathogènes, à l'exception de certaines souches d'*Escherichia coli* et de quelques espèces opportunistes.

Les coliformes fécaux (ou thermotolérants) possèdent les mêmes caractéristiques biochimiques et morphologiques que les coliformes totaux, avec la propriété supplémentaire de fermenter le lactose à une température de 44 °C [19]. L'espèce *E. coli* est sans conteste une espèce bactérienne d'origine fécale la plus commune et est donc de plus en plus utilisée à la place des coliformes totaux comme indicateur de référence de contamination fécale [20]. La contamination fécale des eaux d'irrigation peut être causée par l'insalubrité des sites maraîchers situés à proximité des décharges ménagères et des décharges municipales [21].

De plus, les eaux de ruissellement peuvent transporter des déchets ménagers, des agents pathogènes tels que des bactéries et des sédiments résiduels de produits phytosanitaires tels que des pesticides vers les basses terres, les cours d'eau et les puits mal protégés qui sont les seuls endroits qui fournissent de l'eau d'irrigation [22]. Ainsi, toute contamination de ces milieux peut affecter la qualité des légumes, notamment lorsqu'ils sont consommés à l'état frais, ce qui peut avoir des effets immédiats ou différés sur la santé des consommateurs, conduisant parfois à des infections graves comme celles causées principalement par *Salmonella typhoïde* et paratyphoïde, dysenterie bacillaire causée par *Shigella*, *Escherichia coli* pathogène qui provoque la diarrhée [23].

Malgré les effets bénéfiques de la consommation de fruits et légumes, de nombreuses études ont démontré que ces aliments crus peuvent être sujets à une contamination microbienne [24]. Des cas d'intoxications alimentaires liées à l'ingestion de légumes contaminés ont été recensés partout dans le monde [25-26-27]. L'un des facteurs couramment associés à la contamination des légumes est l'arrosage [28-29]. En Côte d'Ivoire, l'eau utilisée pour l'arrosage des produits maraîchers provient généralement des lagunes et des puits [30]. Les légumes désignent généralement les tiges, racines, tubercules, feuilles, bulbes, fleurs et fruits de plantes qui peuvent être consommés crus ou cuits [31]. Ainsi, les cultures maraîchères du périmètre maraîcher de SAGBAYA situé aux abords du fleuve Niger constituent notre objet d'étude est. Ces cultures sont arrosées principalement par les eaux de puits traditionnels exposés aux sources de pollution des eaux déversées dans ces points d'eau.

L'objectif général de cette recherche est de déterminer la charge microbiologique de l'eau et des cultures maraîchères produites dans le domaine maraîcher de l'union Kankèlen de SAGBAYA.

Ses objectifs spécifiques sont: (1) évaluer la charge microbiologique des eaux de puits et celle du forage utilisées en cultures maraîchères; (2) évaluer les charges microbiologiques des pommes de choux, des racines de carottes et des feuilles de laitue, arrosées par les eaux de puits et de forage.

2 MATERIEL ET METHODES

2.1 MATÉRIEL

2.1.1 DESCRIPTION DU SITE

La recherche a été effectuée dans le périmètre maraîcher de l'Union Kankélen de SAGBAYA. Ce domaine est situé sur la rive droite du fleuve Niger sur la Nationale Faranah- Mamou dans le quartier Sirikolony 2 de la Commune Urbaine de Faranah à environ 300 m du centre-ville. Il est limité au Nord par le quartier Faranah-Koura, au Sud par la Nationale Faranah-Mamou, à l'Est par le secteur SAGBAYA du quartier Sirikolony 2 et à l'Ouest par le Fleuve Niger qui le sépare du quartier Aviation (figure 1). Ledit domaine couvre une superficie de 8 hectares exploités saisonnièrement et majoritairement par les membres de l'Union Kankélen de SAGBAYA.

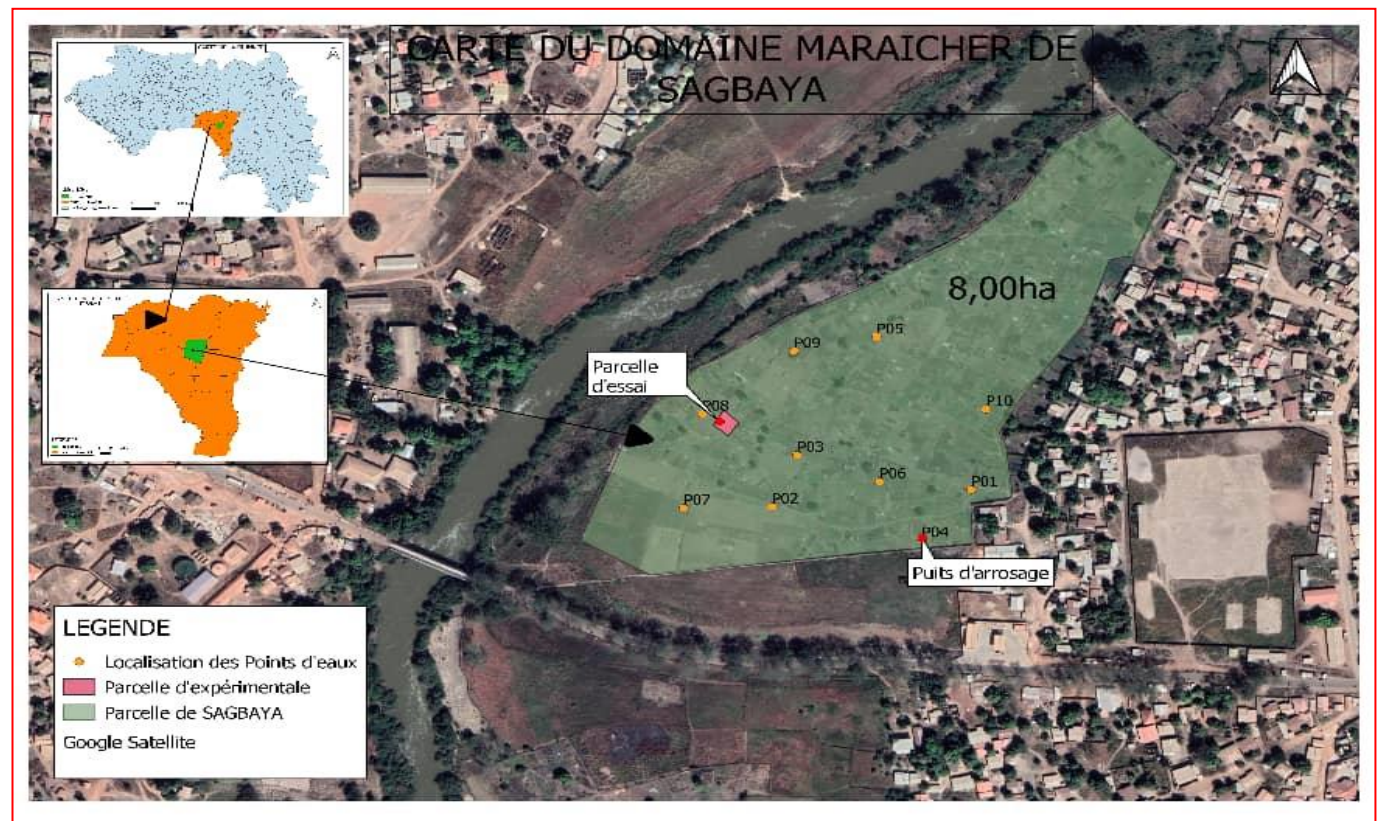


Fig. 1. Carte de la zone d'étude

Les eaux des dix puits maraîchers et celles du forage ont été choisies aléatoirement pour des fins d'arrosage des cultures. La distance moyenne des points d'eau était de 137 m.

Les variétés de légumes testées ont été: Marché de Copenhague (Chou pommé), New Kuroda (Carotte) et Battavia Milito (Laitue)

Les feuilles du chou pommé se forment sur une tige, à une hauteur relativement élevée supérieure à 22 cm du sol exposée aux rayonnements solaires. Les feuilles pommées se consomment à l'état cru ou cuit.

La carotte présente l'intérêt d'être un légume racinaire dont la partie comestible est souterraine donc totalement isolée des rayonnements solaires. Bien qu'elle puisse être cuite, la carotte est souvent consommée crue.

Enfin le choix de la laitue se justifie par la rugosité de la surface des feuilles comestibles et la densité foliaire de la culture. Ces caractéristiques assurent aux microorganismes une certaine protection contre le pouvoir désinfectant des rayonnements solaires, si bien que ce type de légume consommé cru est un vecteur de microorganismes pathogènes particulièrement dangereux pour l'homme.

2.2 MÉTHODES

Les trois cultures à tester ont été installées sur des parcelles d'observation sans répétitions disposées en trois blocs de onze (11) parcelles de 10 m² chacune (figure 2)). La préparation du sol de pépinière et des parcelles a été faite par un labour manuel léger.

Les graines de carotte ont été semées en lignes continues espacées de 20 cm. Les plants de laitue et de chou issus des pépinières installées à cet effet ont été transplantés à des écartements de 20 cm×20 cm (250 000 plants/ha) et 40 cm × 40 cm (62500 plants/ha) respectivement. L'arrosage a été fait avec les eaux de puits choisis dans le domaine et celle du forage (témoin) jusqu'à la récolte. La superficie totale réellement exploitée est de 330 m² dont 110 m² pour chaque culture.

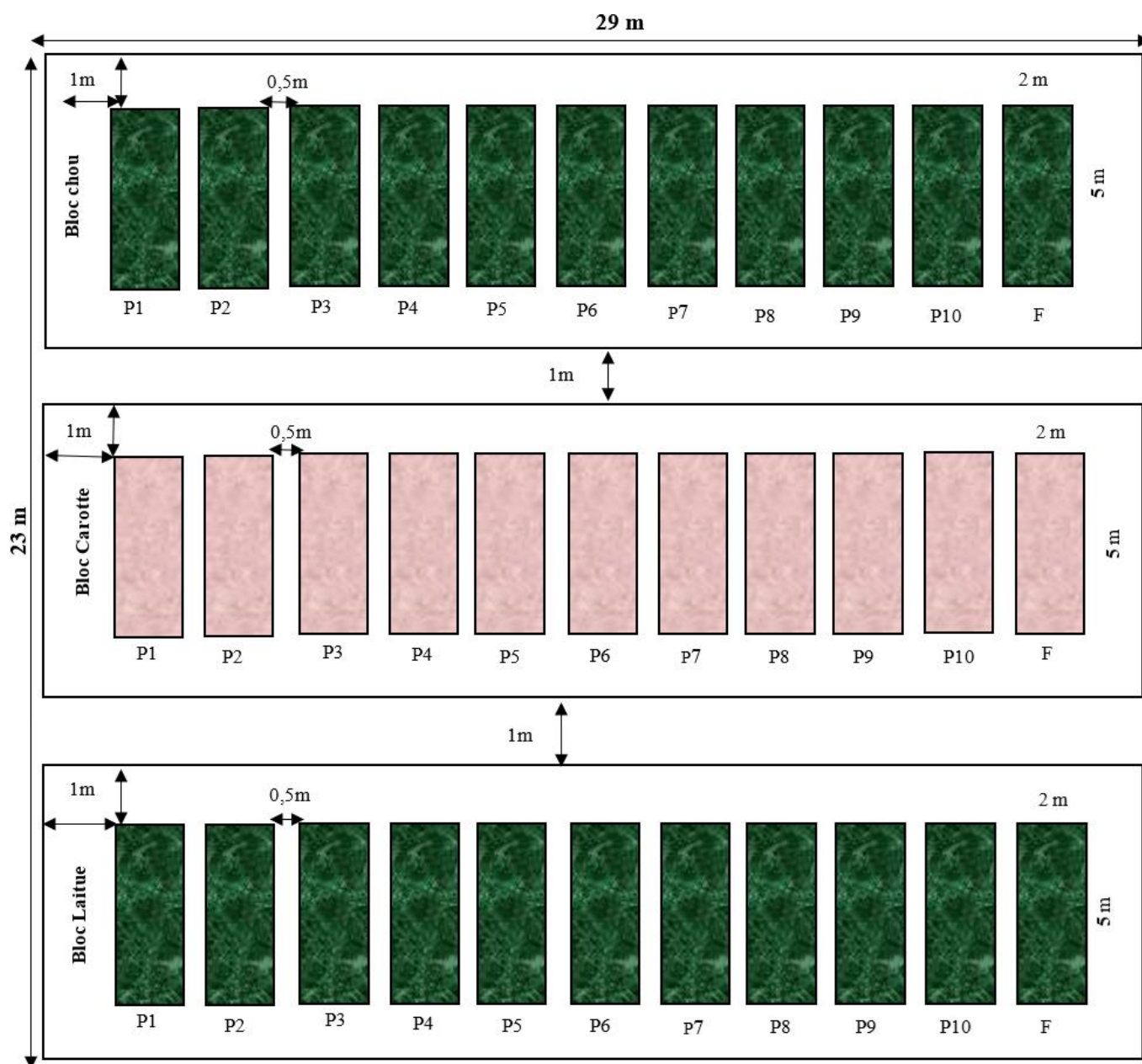


Fig. 2. Schéma du dispositif expérimental de l'essai (Parcelles d'observation sans répétition)

Légende: P1; P2; P3; P4; P5; P6; P7; P8, P9 et P10 = Puits
F = (Forage)

Les eaux de chaque puits ont servi à arroser trois (3) parcelles d'observation et celles du forage, les trois (3) parcelles témoins correspondant aux cultures expérimentées (chou, carotte et laitue).

Au cours de deux campagnes de production 2023 et 2024, les cultures à tester ont été arrosées avec les eaux des points d'eaux choisis.

Les analyses des échantillons ont porté sur la détermination des charges microbiologiques des eaux d'arrosage ainsi que celles des cultures expérimentées.

Les échantillons d'eau d'arrosage et feuilles de laitue prélevés, conditionnés ont été acheminés au laboratoire du Centre d'Etudes et de Recherche en Environnement à l'Université Gamal Abdel Nasser (CERE-UGAN) de Conakry alors que les racines de carotte et pomme de choux ont été acheminés pour analyses au laboratoire de chimie analytique à l'Université de N'zérékoré en Janvier 2023. En outre, des échantillons d'eau d'arrosage et les cultures de chou, carotte et laitue prélevées, conditionnés ont été acheminés au laboratoire de chimie analytique à l'Université de N'zérékoré au mois de février 2024.

2.2.1 DETERMINATION DES CHARGES MICROBIOLOGIQUES DES EAUX D'ARROSAGE

2.2.1.1 MÉTHODE DE PRÉLÈVEMENT DES EAUX

Pour la détermination des charges microbiologiques des eaux d'arrosage, nous nous sommes inspirés de la méthode de prélèvement décrite par [32] sur vingt-deux (22) échantillons d'eau dans dix puits maraîchers et l'eau de forage (témoin) au mois de Janvier 2023 et au mois de février 2024. Ensuite, ces échantillons ont été placés dans des flacons polyéthylène de 500 ml, étiquetés puis conservés dans une glacière à 4°C et acheminés pour analyses.

2.2.1.2 ANALYSES DES PARAMETRES MICROBIOLOGIQUES DES EAUX D'ARROSAGE

En suivant la méthode décrite par [32], les flacons ont été soigneusement nettoyés, rincés à l'eau distillée, puis stérilisés. Sur le site de prélèvement, ils ont été rincés avec l'eau du puits à analyser et celle du forage. Les échantillons ont été collectés dans des flacons en polyéthylène de 500 ml, étiquetés, puis conservés dans une glacière à une température de 4°C pour préserver leur intégrité.

Les coliformes totaux et les coliformes fécaux ont été les principaux germes microbiologiques recherchés. Ces germes ont été déterminés par la méthode de filtration sur membrane telle que décrite par [32].

Cette méthode est largement utilisée pour le dénombrement des germes de micro-organismes dans l'eau destinée à l'arrosage pour l'agriculture.

2.2.2 DETERMINATION DES CHARGES MICROBIOLOGIQUES DES LEGUMES

L'échantillonnage a consisté à prélever 1000 g de matière végétale fraîche au stade de maturité, sur chaque parcelle élémentaire, ce qui a représenté 11 échantillons pour chaque type de culture soit 33 échantillons au total par saison de production.

Les carottes ont été lavées avec de l'eau d'arrosage, comme les légumes vendus sur les marchés.

Les prélèvements ont été réalisés dans le respect des conditions d'hygiène et de stérilité requises et les échantillons conservés à 4°C jusqu'au moment des analyses qui ont eu lieu dans les 24 heures suivant le prélèvement.

Pour la détermination des charges microbiologiques contenues dans chaque échantillon de légume, la méthode de [32] a été utilisée

3 RESULTATS

A l'issue de cette étude, les résultats obtenus sur les caractéristiques des puits utilisés ainsi que la détermination des charges microbiologiques des eaux d'arrosage et des cultures maraîchères expérimentées sont consignés dans les tableaux 1 à 5.

3.1 CARACTÉRISTIQUES DES PUIITS

Les caractéristiques des puits ciblés dans cette étude sont consignées dans le tableau 1.

Tableau 1. *Caractéristiques des puits d'arrosage du site expérimental*

Saison de Production 2023				
Puits	Heure de Prélèvement	Niveau d'Eau (m)	Profondeur (m)	Diamètre (m)
P1	7h 55'	0,60	4,40	1,10
P2	8h 02'	0,37	4,00	0,80
P3	8h 10'	0,65	4,65	1,00
P4	8h 12'	1,30	4,65	0,90
P5	8h 22'	1,10	4,15	0,85
P6	8h 30'	0,57	4,28	0,80
P7	8h 36'	0,75	4,42	0,80
P8	8h 41'	0,73	4,63	0,85
P9	8h 48'	0,80	4,40	0,85
P10	8h 58'	1,25	4,43	1,10
Forage	9h 20'	42,00	60,00	0.018
Moyenne	8h 21'	0,81	4,40	0,90
Saison de Production 2024				
Puits	Heure de Prélèvement	Niveau d'Eau (m)	Profondeur (m)	Diamètre (m)
P1	6h 55'	0,90	4,80	1,15
P2	7h 02'	0,67	4,50	0,80
P3	7h 10'	0,88	5,00	1,00
P4	7h 12'	1,60	5,05	1,00
P5	7h 22'	1,40	4,35	0,85
P6	7h 30'	0,60	4,58	0,80
P7	7h 36'	0,80	4,80	0,80
P8	7h 41'	0,81	4,90	0,85
P9	7h 48'	1,10	4,81	0,85
P10	7h 58'	1,40	4,79	1,16
Forage	8h 20'	45,00	60,00	0.018
Moyenne	7h 21'	1,01	4,75	0,92

Les caractéristiques des puits mentionnées dans le tableau 1 ont indiqué que tous les puits utilisés sont traditionnels et très exposés aux agents contaminants par des eaux usées. Ainsi, le diamètre moyen des puits a été de 0,90 m avec une profondeur moyenne de 4.40 m et le niveau moyen d'eau des puits a été de 0.81m en 2023 alors que les valeurs enregistrées en 2024 ont été de 0.92 m pour le diamètre moyen des puits avec une profondeur moyenne de 4.75 m et un niveau moyen d'eau de 1.01m.

Cette légère variation des caractéristiques des puits lors des deux campagnes de production 2023 et 2024 serait probablement due au curage régulier des puits par les exploitants maraichers et des fortes pluies enregistrées en 2024.

3.2 CONTAMINATION DES EAUX D'ARROSAGE

Tableau 2. *Coliformes totaux et fécaux dans les échantillons des eaux d'arrosage de puits et forage*

Puits	Années			
	2023		2024	
	CT (UFC/100ml)	CF (UFC/100ml)	CT (UFC/100ml)	CF (UFC/100ml)
P1	25	22	159	126
P2	0	0	57	48
P3	0	0	89	56
P4	15	14	98	89
P5	0	0	18	9
P6	19	15	55	40
P7	0	0	101	96
P8	0	0	45	19
P9	0	0	75	52
P10	0	0	36	31
Forage	0	0	0	0

Les résultats d'analyse des eaux d'arrosage qui apparaissent dans le tableau 2 ont prouvé que lors de la campagne de production maraîchère de 2023 les eaux d'arrosage des puits et du forage utilisées pour la production du chou ne contenaient pas de germes

microbiens excepté celles des puits P4; P6 et P1 avec des valeurs moyennes respectives de 15; 19 et 25 UFC/100ml de coliformes totaux puis 14; 15 et 22 UFC/100ml de coliformes fécaux.

Par contre en 2024 toutes les eaux d'arrosage de plants de chou de tous les puits contenaient des germes excepté celles du forage dont les valeurs ont oscillé entre 18 et 159 UFC/100ml de coliformes totaux puis 9 à 126 UFC/100ml de coliformes fécaux des puits P5 et P1 respectivement. Les eaux utilisées pour l'arrosage en 2023 étaient moins contaminées à cause de non inondation du domaine contrairement aux crues du fleuve Niger qui se sont produites dans le périmètre en 2024. Cette grande fluctuation de la quantité de germes microbiens dans les eaux de puits serait probablement due à l'inondation du domaine maraîcher et à la proximité de certains puits des dépotoirs d'ordures déversés aux alentours du périmètre maraîcher.

3.3 CONTAMINATION DES PRODUITS MARAÎCHERS

Tableau 3. *Coliformes totaux et fécaux des échantillons de pomme de chou*

Puits	Années			
	2023		2024	
	CT (UFC/100ml)	CF (UFC/100ml)	CT (UFC/100ml)	CF (UFC/100ml)
P1	85	60	78	56
P2	0	0	23	18
P3	0	0	2	0
P4	63	46	63	46
P5	0	0	13	0
P6	70	50	63	46
P7	0	0	0	0
P8	0	0	0	0
P9	0	0	15	9
P10	0	0	63	46
Forage	4	2	6	5

Dans le tableau 3 les résultats ont prouvé qu'au cours de la campagne maraîchère de 2023, les pommes de chou arrosées avec les eaux des puits et du forage ne contenaient pas de germes microbiens excepté celles des puits P1; P4; P6 et le forage avec des valeurs moyennes comprises entre 4 et 85 UFC/100ml de coliformes totaux puis 2 et 60 UFC/100ml de coliformes fécaux.

Par contre les pommes de choux récoltées en 2024 ont été plus contaminées que celles de la campagne précédente. Toutes ces pommes contenaient des germes excepté celles des eaux des puits P7 et P8 dont les valeurs ont oscillé entre 2 et 78 UFC/100ml de coliformes totaux puis 5 à 56 UFC/100ml de coliformes fécaux. Les pommes de chou récoltées en 2023 étaient moins contaminées à cause de la qualité microbiologique des eaux d'arrosage contrairement aux eaux des crues du fleuve Niger qui se sont produites dans le périmètre en 2024. Cette grande fluctuation de la quantité de germes microbiens dans les organes récoltés du chou est probablement due aux eaux souillées utilisées pour l'arrosage des cultures du domaine maraîcher et à la proximité de certains puits des dépotoirs d'ordures déversés aux alentours du périmètre maraîcher.

Tableau 4. *Coliformes totaux et fécaux des échantillons de racines de carotte*

Puits	Années			
	2023		2024	
	CT (UFC/100ml)	CF (UFC/100ml)	CT (UFC/100ml)	CF (UFC/100ml)
P1	75	55	58	36
P2	0	0	33	17
P3	0	0	5	0
P4	55	40	33	26
P5	0	0	6	0
P6	70	45	73	56
P7	0	0	3	1
P8	0	0	5	2
P9	0	0	19	11
P10	0	0	8	3
Forage	4	3	5	2

De ce tableau 4 nous constatons que durant les deux années d'essai, toutes les racines de carotte récoltées en 2024 arrosées avec les eaux de puits et forage contiennent des germes microbiens (Coliformes Totaux). Les plus grands nombres des Coliformes Totaux ont été retrouvés dans les racines de carotte des puits P1 et P6 avec 75 et 70 UFC/100ml en 2023 contre 58 et 73 UFC/100ml en 2024. Bien

qu'il y ait une fluctuation des valeurs obtenues, les plus grands nombres de Coliformes Fécaux ont été retrouvés dans les racines de carotte arrosées avec les eaux des puits P1 et P6 avec 55 et 45 UFC/100ml en 2023 contre 36 et 56 UFC/100ml. La variation de la teneur en CT pourrait être due à la submersion du domaine maraîcher provoquée par des crues du fleuve ainsi des eaux de ruissellement en saison pluvieuse. Par ailleurs, bien que faiblement contaminées, même les racines de carotte des eaux de forage renferment des germes microbiens. Ce qui est probablement dû à la contamination des parois des arrosoirs, des inondations du domaine pendant la saison pluvieuse par des eaux contaminées et la nature des engrais organiques utilisés par des maraîchers situés au voisinage.

Tableau 5. Coliformes totaux et fécaux des échantillons de feuilles de laitue

Puits	Années			
	2023		2024	
	CT (UFC/100ml)	CF (UFC/100ml)	CT (UFC/100ml)	CF (UFC/100ml)
P1	50	30	85	66
P2	0	0	26	21
P3	0	0	6	0
P4	80	60	42	35
P5	0	0	14	5
P6	80	50	53	40
P7	0	0	0	0
P8	0	0	0	0
P9	0	0	15	9
P10	0	0	51	38
Forage	3	1	4	2

Les résultats qui figurent dans le tableau 5 ont prouvé que les échantillons de feuilles de laitue analysés en 2023 ont montré que seules les feuilles arrosées avec les eaux des puits P1; P4 et P6 ont été contaminées par des coliformes totaux et fécaux avec des valeurs respectives de 50 et 30 UFC/100ml; 80 et 60 UFC/100ml UFC/100ml; 80 et 50 UFC/100ml et de celles du forage moins contaminé avec 3 et 1 UFC/100ml. Par contre en 2024 la plupart des eaux des puits ont contaminé les feuilles de laitue après analyse avec une grande fluctuation qui a varié entre 4 et 85 UFC/100ml de coliformes totaux puis 2 et 66 UFC/100ml de coliformes fécaux excepté celles arrosées avec les eaux des puits P7 et P8 qui ne sont pas contaminées. Cette variation est probablement due à la proximité des dépotoirs d'ordures ménagères, fossés d'assainissements orientés vers le domaine maraîcher bordant le fleuve Niger et la position topographique des puits qui aurait favorisé la forte exposition de leurs eaux aux sources de contamination.

4 DISCUSSION

4.1 CARACTÉRISTIQUES DES PUIITS

Tous les puits maraîchers exploités excepté le forage sont situés à une profondeur moyenne de 4,57 m. Ces puits traditionnels étaient très exposés au ruissellement des eaux usées lors des pluies, des déchets des dépotoirs d'ordures, des égouts et eaux des latrines. Cette faible profondeur a probablement contribué d'une part à la contamination des eaux d'arrosage et d'autre part celle des produits maraîchers récoltés. Ces résultats confirment ceux trouvés par [33]. qui stipulent que la forte pollution des eaux d'arrosage est la résultante d'un manque de système de collecte et d'épuration des eaux usées, de la non mise en place d'un système d'évacuation et de traitement des ordures ménagères issues du grand marché. De même, l'infiltration des matières organiques d'origine fécale dans le sol et la faible profondeur de la nappe phréatique favorisent la pollution des eaux souterraines par les microorganismes pathogènes. [34] indiquent également que la pluie et les eaux de ruissellement sont responsables de la dissémination des polluants dans l'environnement.

4.2 CONTAMINATION DES EAUX D'ARROSAGE

Durant les deux saisons de production, il a été remarqué que les eaux des puits du périmètre maraîcher ont été toutes contaminées par les germes microbiologiques excepté les eaux du forage en 2024. Les plus grandes valeurs ont été trouvées au niveau des puits P1; P4 et P7 qui étaient les plus exposées aux contaminants. Les charges microbiologiques étaient comprises entre 18 et 159 UFC/100 ml de coliformes totaux puis 9 et 126 UFC/100 ml de coliformes fécaux. En revanche, en 2023, seules les eaux des puits P1; P4 et P6 les plus exposées renfermaient des germes pathogènes dont les valeurs étaient comprises entre 15 et 25 UFC/100ml de coliformes totaux et 14 et 22 UFC/100ml de coliformes fécaux. Cette forte contamination s'expliquerait également par l'utilisation saisonnière des produits phytosanitaires et des matières organiques et minérales (cendres, sciures de bois, son de riz...) mal décomposés et insecticides de toute nature aurait aussi contribué à la contamination des eaux d'arrosage et des produits maraîchers récoltés. Ces constats corroborent les résultats selon lesquels l'utilisation des fumiers comme fertilisants peut être également une source de pollution des eaux souterraines [35]. Par ailleurs, des résultats similaires ont été observés par plusieurs autres auteurs, notamment [36] sur la qualité des eaux de

robinets, de sources et de puits dans la ville de Dschang au Cameroun, [33] sur les puits de Grand-Popo au Bénin, ainsi que [37] sur la qualité bactériologique de l'eau à Abomey-Calavi au Bénin.

Le risque lié à l'emploi non rationnel de ces produits de synthèse est l'accumulation de micropolluants dans le sol voire dans les plantes, conduisant ainsi à l'intoxication de l'homme à travers la chaîne alimentaire. Les plantes les plus exposées aux contaminants des sols seraient celles à tubercules et les cultures maraîchères [38]. Par ailleurs, l'utilisation des eaux d'irrigation généralement infectées par des matières fécales, des urines (humaine et animale), des composts non mûrs ainsi que par des produits phytosanitaires, fait naître le soupçon que la contamination des cultures maraîchères peut être critique. Le risque lié à l'emploi non rationnel de ces produits de synthèse est l'accumulation de micropolluants dans le sol voire dans les plantes, conduisant ainsi à l'intoxication de l'homme à travers la chaîne alimentaire. Les plantes les plus exposées aux contaminants des sols seraient celles à tubercules et les cultures maraîchères [38].

Ils constituent à cet effet des sources de contamination des eaux par la matière fécale humaine [39]. Comme le souligne [40], des eaux de mauvaise qualité physico-chimique et surtout bactériologique peuvent effectivement favoriser la contamination des cultures maraîchères. Dans ces conditions, la consommation de tels produits pourrait constituer un risque élevé de santé publique. Il est donc impérieux de mettre en place un cadre adéquat de suivi-évaluation des processus éventuels de bioaccumulation des cultures maraîchères [41].

4.3 CONTAMINATION DES PRODUITS MARAÎCHERS

Durant les deux saisons de production il a été constaté une large contamination des produits maraîchers en 2024 contrairement à la saison précédente.

En 2023, des pommes de chou récoltées ont été contaminées uniquement par les eaux des puits P1; P4 et P6 et celle du forage dont les valeurs ont oscillé entre 4 et 85 UFC/100 ml de coliformes totaux puis 2 et 60 UFC/100 ml de coliformes fécaux.

Par contre en 2024, les pommes de chou ont été contaminées par les eaux des puits et celle du forage excepté celles des puits P7 et P8 dont les valeurs étaient situées entre 2 et 78 UFC/100 ml de coliformes totaux puis 5 et 56 UFC/100 ml de coliformes fécaux excepté les pommes de chou ayant reçues les eaux des puits P3; P5; P7 et P8.

Pour la carotte, en 2023, les racines ont été contaminées par les eaux des trois puits (P1, P4 et P6) et celle du forage dont les valeurs étaient comprises entre 4 et 75 UFC/100 ml de coliformes totaux puis 3 et 55UFC/100 ml de coliformes fécaux.

Par contre en 2024, les racines de carotte ont été contaminées par les eaux des puits et celle du forage dont les valeurs étaient comprises entre 3 et 73 UFC/100 ml de coliformes totaux puis 1 et 56 UFC/100 ml de coliformes fécaux excepté les racines de carotte ayant été arrosées avec les eaux de puits P3 et P5.

Par ailleurs, en 2023, les feuilles de laitue ont été contaminées par les eaux des trois puits P1; P4 et P6 et celle du forage dont les valeurs étaient comprises entre 3 et 80 UFC/100 ml de coliformes totaux puis 1 et 60 UFC/100 ml de coliformes fécaux.

Par contre en 2024, les feuilles de laitue ont été contaminées par les eaux des puits excepté celles des puits P7 et P8 dont les valeurs étaient comprises entre 4 et 85 UFC/100 ml de coliformes totaux puis 1 et 60UFC/100 ml de coliformes fécaux hors mis les feuilles de laitue ayant été arrosées avec les eaux des puits P3; P7 et P8. La tendance générale des résultats obtenus du chou, de la laitue et de la carotte a montré une augmentation progressive du degré de contamination en fonction des saisons contrairement à ceux obtenus par [37] qui a remarqué que pendant les deux saisons d'échantillonnage, les résultats ont montré la présence d'une forte concentration en coliformes fécaux et en coliformes totaux dans la laitue et la carotte. Il a noté également que la présence de bactéries pathogènes dans les légumes prouve que ces derniers en reçoivent de l'eau et du sol. La contamination de ces cultures est sans doute intimement liée à la pollution des eaux d'arrosage (eaux usées et eaux de puits) et du sol [37].

Par ailleurs, l'utilisation des eaux d'irrigation généralement infectées par des matières fécales, des urines (humaine et animale), des composts non mûrs ainsi que par des produits phytosanitaires, fait naître le soupçon que la contamination des cultures maraîchères peut être critique. Le risque lié à l'emploi non rationnel de ces produits de synthèse est l'accumulation de micropolluants dans le sol voire dans les plantes, conduisant ainsi à l'intoxication de l'homme à travers la chaîne alimentaire. Les plantes les plus exposées aux contaminants des sols seraient celles à tubercules et les cultures maraîchères [38]. En outre, l'utilisation des eaux d'irrigation généralement infectées par des matières fécales, des urines (humaine et animale), des composts non mûrs ainsi que par des produits phytosanitaires, fait naître le soupçon que la contamination des cultures maraîchères peut être critique.

La contamination des fruits et des légumes constitue un des risques potentiel d'infection par des bactéries enteropathogènes telle que les *Salmonella* et les *Escherichia coli* O157: H7 [42]. Cette contamination se fait à partir d'une source environnementale, animale ou humaine au moment de la culture, de la récolte ou de la manipulation des végétaux avant leur consommation [43]. Très souvent, il s'agit d'une contamination de surface. Cependant, des travaux récents montrent que les salmonelles sont capables d'infecter et de se multiplier dans le mésophile de certains végétaux comme la laitue [44-45].

Des travaux de [46] ont montré que des bactéries pathogènes conservaient leur viabilité dans le sol durant des périodes variables selon les caractéristiques et le système cultural [47] ces périodes peuvent s'étendre à plus de deux ans dans le cas des salmonelles [48]. Par ailleurs, la contamination des fruits de concombre, radis frais et laitue est une voie fréquente de transmission des pathogènes à l'homme [49-50-51].

4.4 CONCLUSION

Cette étude visait à déterminer la charge microbiologique des eaux d'arrosage utilisées par les producteurs maraîchers et celles des cultures maraîchères cultivées dans le périmètre de SAGBAYA, Commune Urbaine de Faranah.

Les résultats d'analyse des eaux d'arrosage ont montré que seuls les eaux des puits P1; P4 et P6 renfermaient les coliformes totaux et fécaux en 2023 contrairement à la forte contamination en germes pathogènes des eaux d'arrosage en 2024, ce qui revient à dire qu'il y'a eu plus de pollution des eaux analysées en 2024 qu'en 2023 provoquée par les crues du fleuve Niger en saison pluvieuse avec une prolifération des sources de pollution des eaux de puits situées aux périphéries du domaine.

Au niveau des légumes analysés, il a été constaté que les racines de carottes étaient fortement contaminées par rapport aux autres ce qui s'expliquerait par la forte pollution des sols du domaine suite aux intrants agricoles inadaptés largement utilisés qui occasionneraient la prolifération des microbes pathogènes telluriques.

REMERCIEMENTS

Les auteurs expriment leur gratitude à l'Institut Supérieur Agronomique de Faranah, ainsi que le Ministère de l'Enseignement Supérieur de la Recherche Scientifique et de l'Innovation de la République de Guinée à travers le programme de formation des formateurs pour leurs appuis scientifique et financier.

REFERENCES

- [1] Koné, D. (2002). Epuration des eaux usées par lagunage à microphytes et à macrophytes (*Pistia Stratoites*) en Afrique de l'Ouest et du centre: État des lieux, performances épuratoires et critères de dimensionnement. Thèse n° 2653. Lausanne, EPFL, pp. 17-30-31.
- [2] IWMI, (2008). Drivers and characteristics of wastewater agriculture in developing countries – results from global assessment. International Water Management institute, 37 pp.
- [3] Al-Rehaili, A. M. (1997). Municipal Wastewater Treatment and Reuse in Saudi Arabia. *Arabian J. Sci. Eng.* 22 (1C), 143–152.
- [4] Mario, M., Boland, J. (1999). An integrated approach to wastewater treatment, the World Bank, Washington.
- [5] El Addouli, J., Abdelkader Ch., Ali B., Abdelhafid, Ch., Abdeslam E., Lahcen, K. (2021). Influence de rejets d'eaux usées sur les qualités physicochimique et bactériologique d'eaux utilisées en irrigation. HAL Id: Hal 03173602.
- [6] Personné, J. C., Poty, F. (1998). Survival, Transport and Dissémination of *Escherichia Coli* and Entérocoque in a Fissured Environnent. Study of a Flood in a Karstic Aquifer. *Journal of Applied Microbiology* 84: 431-438.
- [7] Howard, G., Stephen, P. (2003). Risk Factors Contributing to Microbiological Contamination of Shallow Groundwater in Kampala, Uganda. *Water Research*. 37: 3421-3429.
- [8] Taylor, R., Aidan, C. (2004). The Implications of Groundwater Velocity Variations on Microbial Transport and Wellhead Protection Review of Field Evidence. *FEMS Microbiology Ecology* 49: 17-26.
- [9] Oren, O., Yechieli, Y. (2004). Contamination of Groundwater under Cultivated Fields in an Arid Environment, Central Arava Valley, Israel. *Journal of Hydrology* 290: 312-328.
- [10] Nanfack, N. A. C, Fonteh F. A, Vincent, K. P, Katte B., Fogoh, J., Muafor (2014). Eaux non conventionnelles: un risque ou une solution aux problèmes d'eau pour les classes pauvres. *Larhyss Journal.*, 17: 47- 64.
- [11] Habbari, K. H (1992). Impact de l'utilisation des eaux usées sur l'épidémiologie des helminthiases et de la croissance chez l'enfant d'El Azouzia. « Thèse de 3ème cycle, Faculté des Sciences de Marrakech.
- [12] FAO, (2007). L'agriculture biologique peut contribuer à la lutte contre la faim. FAO, Relation media. Rome: FAO,. www.fao.org/newsroom/fr/news/2007.
- [13] Ensink, J. H. J., Mahmood, T. et Dalsgaard, A., (2007). Wastewater-irrigated vegetables: market handling versus irrigation water quality. *Tropical Medicine & International Health*, 12 (s2): 2-7.
- [14] Cissé, G. (1997). Impact sanitaire de l'utilisation d'eau polluée en agriculture urbaine. Cas de maraîchage d'Ouagadougou (Burkina Faso). Thèse N°1639. École polytechnique fédérale Lausanne, Suisse, 446 pp.
- [15] Amoah, P., Drechsel, P. et Abaidoo, R.C., (2005). Irrigated urban vegetable production in Ghana: sources of pathogen contamination and health risk elimination. *Irrigation and Drainage*, 54 (S1): S49-S61.
- [16] El Guamri, Y., Belghyti, D. (2007). Charge parasitaire des eaux uses brutes de la ville de Kénitra (Maroc). *Afrique Science*; 3: 123-45.
- [17] Jackson, S., Rodda, N. et Salakazana, L., (2006). Microbiological assessment of food crops irrigated with domestic greywater. Water Institute of South Africa (WISA) biennial conference, 21 – 25 may, South Africa, 700-7005 pp.

- [18] Institut National de Santé Publique du Québec, (2003b). Coliformes totaux. Fiches synthèses sur l'eau potable et la santé humaine, Groupe scientifique sur l'eau, 3 pp.
- [19] Institut National de Santé Publique du Québec, (2003a). Coliformes fécaux. Fiches synthèses sur l'eau potable et la santé humaine, Groupe scientifique sur l'eau, 3 pp.
- [20] Institut National de Santé Publique du Québec, (2003c). *Escherichia coli*. Fiches synthèses sur l'eau potable et la santé humaine, Groupe scientifique sur l'eau, 4 pp.
- [21] Mattys, B., Adiko, A., Cissé, G., Tschannen, A. B., Tanner, M., Wyss, K., Utzinger, J., (2006). Le réseau social des maraichers à Abidjan agit sur la perception préoccupations et des risques sanitaires liés à l'eau. Magazine agriculture 2-7.
- [22] Petterson, S. R, Ashbolt, N. J., Sharma, A. (2010). Microbial risks from wastewater irrigation of salad crops: a screening-level risk assessment. *J Food Sci* 75 (5): 283-290.
- [23] Kholtei, S. (2002). Caractérisation physico-chimique des eaux usées de la ville de Settat et de Berrechid et évaluation de leur impact sur la qualité des eaux souterraines. Thèse de Doctorat d'État, Université Hassan 1^{er}, Settat, Maroc, 162 p.
- [24] FSA, Callejon, R. M., Rodriguez-Naranjo M. I., Ubeda, C., Hornedo-ortega R., Garciaparrilla, M. C., Troncoso, M. (2015). Reported foodborne outbreaks due to fresh produce in the United States and European Union: Trends and causes. *Foodborne Pathogens and Disease*.
- [25] Ackers, M. L., Mahon, B. E., Leahy, E., Goode, B., Damrow, T., Hayes, P. S. (1998). An outbreak of *Escherichia coli* O157: H7 infections associated with leaf lettuce consumption. *J Infect Dis* 177: 1588-1593.
- [26] Wendel, A. M., Johnson, D. H., Sharapov, U., Grant, J., Archer, J. R., Monson, T. (2009). Multistate outbreak of *Escherichia coli* O157: H7 infection associated with consumption of packaged spinach, August-September 2006: the Wisconsin investigation. *Clin. Infect. Dis.* 48: 1079-1086.
- [27] Berger, C. N., Shaw, R. K., Brown, D. J., Mather, H., Clare, S., Dougan, G., Pallen, M. J., Frankel, G. (2009). Interaction of *Salmonella enterica* with basil and other salad leaves. *Multidisciplinary Journal of Microbial Ecology* 3 (2): 261-265.
- [28] Mootian, G., Wu, W. H., Matthews, K. R. (1997). Transfer of *Escherichia coli* O157: H7 from soil, water, and manure contaminated with low numbers of the pathogen to lettuce plants. *Dairy Sci* 80 (10): 2673-81.
- [29] Koffi-Nevry, R., Manizan, N. P., Wognin, A. S., Koussemon, M., Koffi O. S., Kablan, T., Kakou, C. (2008). Caractérisation de la Répartition SpatioTemporelle des Bactéries à l'interface EauSédiment D'une Lagune Tropicale: Cas de la Baie du Banco, Abidjan, Côte d'Ivoire. *European Journal of Scientific Research* 21: 164-174.
- [30] Koffi-Nevry, R., Assi-Clair, B. J., Koussemon, M., Wognin, A. S., Coulibaly, N. (2011). Potential Enterobacteria risk factors associated with contamination of lettuce (*Lactuca sativa*) grown in the peri urban area of Abidjan (Côte d'Ivoire). *International Journal of Biological and Chemical Sciences* 5 (1): 279-90.
- [31] Amoah, D. S. (2014). Microbial risk assessment of mixed vegetable salads from selected canteens in the Kumasi metropolis Kwame Nkrumah University of science and technology, Kumasi, Ghana [En ligne]. (PhD thesis.) University of science and technology, Kumasi, Ghana. 93p.
- [32] Rodier, J., Bernard, L., Nicole, M. & Régis, B. (2009). L'analyse de l'eau (9^e éd.) Dunod, Paris, France, 2009, 1600 p.
- [33] Hounsounou, E. O., Tchibozo, M. A. D., Kelome, N. C., Vissin, E. W., Mensah, G. A., Agbossou, E. (2016). Pollution des eaux à usages domestiques dans les milieux urbains défavorisés des pays en développement: Synthèse bibliographique. *Int. J. Biol. Chem. Sci.*, 10 (5): 2392-2412.
- [34] Atidegla, S. C., Agbossou, E. K. (2010). Pollutions chimique et bactériologique des eaux souterraines des exploitations maraîchères irriguées de la commune de Grand-Popo: cas des nitrates et bactéries fécales. *Int. J. Biol. Chem. Sci.*, 4 (2): 327-337.
- [35] Djégbé, I., Sarah, T. T., Nikita, T., Murielle, F. S., Armand, P., Rousseau, D. et Nelly, C. K. (2018). Variation saisonnière de la qualité physicochimique et microbiologique des eaux d'irrigation et des légumes du site maraîcher de Bawéra et risques sanitaires associés. Available online at <http://www.ifgdg.org>. *Int. J. Biol. Chem. Sci.* 12 (2): 781-795, April 2018. ISSN 1997-342X (Online), ISSN 1991-8631 (Print). *International Formulae Group. All rights reserved. 5021-IJBCS*. DOI: <https://dx.doi.org/10.4314/ijbcs.v12i2.13>. <http://ajol.info/index.php/ijbcs>. <http://indexmedicus.afro.who.int>.
- [36] Ndounla, J. (2007). Caractéristiques biologiques et physico-chimiques de l'eau de consommation et influence du mode d'approvisionnement sur la santé des populations à Dschang. Master thesis, Université de Dschang, Dschang, p. 105.
- [37] Nguendo, Y., HB. (2010). Suffering for water: Access to drinking water and associated health risks in Cameroon. *J Health Popul Nutr.*, 28: 424-435.
- [38] Pazh, (2000). (Programme d'Aménagement des Zones Humides). La pollution dans les zones humides du sud-Bénin: état actuel, impacts, stratégies de suivi et de lutte. Rapport de consultation, Bénin. 57 p.
- [39] Korajkic, A., Brownell M. J., Harwood V. J. (2011). Investigation of human sewage pollution and pathogen analysis at Florida Gulf coast beaches. *J Appl Microbiol*, 110: 174-183.
- [40] Agbossou, K. E., Sanny M. S., Zokpodo B., Ahamide B. et Guedegbe H. J. (2003). Evaluation qualitative de quelques légumes sur le périmètre maraîcher de Houéyiho, à Cotonou au sud-Bénin. *Bulletin de la Recherche Agronomique du Bénin* N° 42 – Décembre 2003. 12 p.
- [41] McQuaig, S., Griffith J. F., Harwood V. J. (2012). The association of fecal indicator bacteria with human viruses and microbial source tracking markers at coastal beaches impacted by nonpoint source pollution. *Appl Environ Microbiol*.

- [42] Alio, S. A., Inoussa M. M., Samna S. O., Bakasso Y. (2017). Diversité et dynamique des Salmonella isolées de la laitue (*Lactuca sativa* L.) dans les cultures maraîchères au Niger (Afrique de l'ouest). *Journal of Applied Biosciences* 119: 11917-11928 ISSN 1997-5902.
- [43] Beuchat, L. R., (2002). Ecological factors influencing survival and growth of human pathogens on raw fruits and vegetables. *Microbes Infect.*, 4 (4): 413-423.
- [44] Kroupitski, Y., Golberg D., Belasov E., Pinto R., Swartzberg D., David Granot D., Sela S. (2009). Internalization of *Salmonella enterica* in leaves is induced by light and involves chemotaxis and penetration through open stomata. *Appl Environ Microbiol* 75: 6076–6086.
- [45] Schikora, A., Virlogeux-Payant I., Bueso E., Garcia A. V., Nilau T., Garcia A. V., Nilau T., Charrier A., Pelletier S., Menanteau P., Velge P., Hirt H. (2011). Conservation of *Salmonella* Infection Mechanisms in Plants and Animals. *PLoS ONE* 6 (9): e 24112. DOI: 10.1371/journal.pone.0024112.
- [46] Monia, T., Raïs M., Naceur K., Nidhal M., Sonia S. (2016). Impact de L'épandage Agricole des Boues Résiduelles Urbaines sur la Qualité Microbiologique de Trois Légumes. *European Journal of Scientific Research* ISSN 1450-216X / 1450-202X Vol. 137 No 1 January, 2016, pp.26-36 <http://www.europeanjournalofscientificresearch.com>.
- [47] Gagliardi, J.V., Karns J. S. (2002). Persistence of *Escherichia coli* O157: H7 in soil and on plant roots. *Env.Microbiol.*4, 89-96.
- [48] Nicholson, F. A., Groves S. J., Chambers B. J. (2005). Pathogen survival during livestock manure storage and following land application. *Bioresour. Technol.*, 2005, 96, 135-143.
- [49] Hillborn, E. D., Mermin J. H., Mshar P. A., Hadler J. L., Voetsch A., Wojtkunski C., Swartz M., Mshar R., Lambet-Fair M. A., Farrar J.A., Glynn M.K., and Slutsker L. (1999). A multistate outbreak of *Escherichia coli* O157: H7 infections associated with consumption of mesclun lettuce. *Arch. Intern. Med.* 159: 1758-1764.
- [50] Solomon, E. B., Yaron S. & Matthews K.R. (2002). Transmission of *Escherichia coli* O157: H7 from contaminated manure and irrigation water to lettuce plant tissue and its subsequent internalization. *Appl. Environ. Microbiol.*68, (1), 397-400.
- [51] Ledet, M. L., Hjertqvist M., Payne L., Pettersson H., Olsson A., Plym-Forsell L., Andersson Y. (2007). Cluster of *Salmonella* Enteritidis in Sweden 2005-2006 – Suspected source: Almonds. *Euro Surveill.*, 2007; 12 (6), E 9-10.

Research in Humanities and Social Sciences: Inventory amidst a shipwreck

Ayoub LAWANI

Faculty of Letters, Arts and Human Sciences, University of Parakou, Benin

Copyright © 2024 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: Research in the Humanities and Social Sciences often faces complex ethical and methodological challenges. This article focuses on exploring questionable practices in this field through a rigorous methodology combining real case analysis, anonymous testimonies, and triangulation with public documents and case studies. This approach has allowed distinguishing genuine researchers from impostors and uncovering often concealed aspects of academic research, thereby providing a deeper understanding of the mechanisms and motivations behind fraudulent research practices. These findings underscore the importance of upholding scientific integrity, researcher credibility, and public trust in academic research. They also highlight pathways to address opportunistic practices and scientific fraud, which persist as challenges in Humanities and Social Sciences research. Solutions involve promoting a culture of integrity and accountability through comprehensive measures such as researcher education and awareness, regulation by independent and transparent ethics committees, transparency in publishing research findings, and fostering appreciation for ethical research.

KEYWORDS: éthique, fraude, intégrité, recherche, humanités.

1 INTRODUCTION

Research in Humanities and Social Sciences (HSS) plays a crucial role in understanding society, culture, and human behavior. In its mission, it faces not only traditional challenges related to methodology and data interpretation but also questionable practices that compromise the integrity of this research. Despite training programs and other instruments promoting researchers' honesty and objectivity, and the fact that the very functioning of science acts as an "anti-fraud shelter,"¹ there is an explosion of scientific misconduct and fraud. This persistence of questionable practices in research is problematic and forces us to hypothesize that questionable research practices yield results in HSS due to a research culture that insufficiently values integrity and responsibility in research. Thus, how can we preserve scientific integrity from pure fraud, minor academic misdemeanors, or a mix of both? To properly address this question, we will first inventory questionable research practices² in HSS, preceded by a distinction between genuine and false researchers, emphasizing opportunistic practices that devalue research integrity and undermine the ethical foundations of the scientific community. Then, we will propose a multidimensional approach to addressing the issue of poor research quality in HSS in Africa. To explore this phenomenon in depth, a specific methodology has been developed, centered on analyzing real cases and anonymous testimonies of teaching researchers and researchers in these fields.

2 RESEARCH METHODOLOGY

The methodology adopted for this study combines qualitative approaches to gather and analyze detailed, contextualized data on questionable practices in social and human sciences.

Semi-structured interviews: Semi-structured interviews were conducted with researchers and academics across various subfields of social and human sciences. The aim was to collect personal narratives and direct experiences regarding questionable practices such as plagiarism, data falsification, and uncredited appropriation of ideas. Participants were strategically chosen to ensure diverse perspectives and experiences. Anonymity was rigorously preserved to facilitate candid

discussions on sensitive topics. Interviews were structured around key themes identified in relevant literature, yet remained flexible to allow emergence of new aspects and unexpected details.

Real case analysis: Concurrently with interviews, real case studies were examined to illustrate concrete examples of questionable practices identified in academic literature. Each case was deeply analyzed to understand motivations, consequences, and underlying dynamics involved. Case selection focused on relevance and representativeness concerning trends observed in interviews and academic literature on research ethics.

Triangulation with public documents: To complement and enrich data from interviews and case studies, triangulation with public documents was conducted. This included reviewing institutional reports, ethical guidelines, ethics committee decisions, and other relevant documents providing additional context on questionable practices and institutional responses. This triangulation approach validated information obtained from interviews and case studies, offering complementary insights into challenges and dilemmas faced by researchers in their daily practices.

Additionally, to better understand instances of scientific integrity breaches in HSS, two typologies were combined: one from Sgard and Michalowski³ categorizing fraud and misconduct into six domains, and another from 2016 categorizing offenses based on intentionality and severity. It's noted that there's no official national typology of scientific integrity breaches, and terms like fraud, misconduct, breaches of integrity, and questionable research practices would benefit from rigorous and consistent definitions by stakeholders, as highlighted in Corvol's report⁴. Here is the summary table of these breaches of scientific integrity:

«Fraude scientifique» générique Fabrication de données Falsification de données Plagiat FFP comprend normalement : • L'exclusion sélective de données d'une analyse • L'interprétation frauduleuse de données pour obtenir le résultat souhaité (par exemple en utilisant de façon incorrecte des méthodes statistiques) • La retouche d'images dans les publications • La production de fausses données ou résultats sous la pression de sponsors	Pratique de recherche inappropriée • Pratiquer des recherches dangereuses • Mauvaise conception des expériences • Erreurs expérimentales ou informatiques • Violation des protocoles liés à l'expérimentation sur des sujets humains • Abus sur des animaux de laboratoire
Fraudes relatives aux données • Ne pas conserver des données primaires • De mauvaises pratiques de conservation ou de gestion des données • La rétention de données vis-à-vis de la communauté scientifique NB : Cela s'applique aussi aux échantillons physiques.	Fraudes liées aux publications • Obtenir une position d'auteur de façon abusive • Refuser une position d'auteur à des contributeurs • Multiplier artificiellement ses publications («salami-slicing»)
Conduite personnelle inappropriée • Attitude inappropriée, harcèlement • Supervision ou conseil insuffisant ou inadapté aux étudiants • Inadaptation aux normes sociales ou culturelles	Fraudes financières ou autres • Abus de sa position d'examineur (ne pas révéler un conflit d'intérêt, retarder de façon abusive des travaux/publications de concurrents) • Représenter de façon abusive ses travaux ou sa biographie • Utiliser de façon abusive des fonds de recherche pour des achats non autorisés ou par gain personnel • Porter des accusations de fraude sans preuves ou de façon malveillante

Sgard and Michalowski³

Each of these misconducts will be studied or identified in research in Humanities and Social Sciences, enabling us to determine the appropriate remedy. The three categories of the second typology, arranged along a severity scale and an Intentional - Non-intentional axis, will be infused into six domains of breaches of scientific integrity to provide a panoramic view of all that constitutes "bad science" in HSS. Here is the second report:

Fraude	Pratiques discutables en recherche	Méconnaissance méthodologique
- Fabrication - Falsification - Plagiat	« Torture » ou « massage » des données - Changement du critère de jugement - Choix sélectif / omission de données - Références erronées - Changement de tests statistiques - P-Hacking (Hypothesizing After Results are Known) - Manipulation d'images - Paternité des articles : conflits d'auteurs - Études animales trompeuses - Non-publication de recherches financées - Résumés, communiqués de presse embellis ...	- Méthodes « faibles » - Méthodes inappropriées - Échantillon trop faible - Erreurs statistiques - Pas de recherche documentaire avant la recherche - Non respect de réglementations
Intentionnel		Non intentionnel

Adapted by Maisonneuve⁵, cited by Serres⁶.

These two typologies will in turn be combined with detailed and contextualized data on questionable practices in HSS. This mixed methodology aims to provide a more comprehensive view of the surge in misconducts in HSS, aiming to raise the torch of science we dream of across the sky of scientific research in Africa. In doing so, science can serve society, which in turn will take pride in its true researchers.

3 GENUINE AND FALSE RESEARCHERS

Academic research is meant to embark on the path to solving the world's mysteries. Therefore, it cannot be obscured by schemes of objective perception or intellect, and must refrain from delving into the realm of conceptualization, even though it acknowledges its affirmation as the foundation and determination, in its true site, of all scientific exploration. This means that even though research is conducted within and through concepts, it should not rely solely on concepts; for the principle that guides it cannot reside within concepts, as research cannot be an exploration through concepts. Its starting point and constant reference are the world immediately present to consciousness, everyday experience. It is true that for our intuition to be received as scientific knowledge, its content must be conceptualizable, but it is not because it is formed in concepts that it is scientific. The condition for attaining scientific status is not its principle. Conceptual research is conducted within a horizon constituted by concepts, far from the original vocation of research itself, distant from life and the world. Such demarcation is all the more interesting as it allows differentiation between the genuine researcher and the one who is not.

In light of this consideration, what distinguishes the genuine researcher from the false one is that for the former, questioning arises in the presence of reality itself; for the latter, it arises simply in preparation for the next CAMES (African and Malagasy Council for Higher Education), upcoming conference, next budget to capture, or a system, in the presence of which all renouncement is capitulatory. What is striking about the false researcher is the extreme variety of their manners and degrees. These practices are not immediately apparent; they are recognized in reference, betrayed in similarity, confirmed by precedence, and demonstrated through the intersection of clues. In the context of this reflection, the essential distinction between an authentic researcher and an impostor lies in the source of their questioning. For the authentic researcher, curiosity arises spontaneously in reaction to the concrete reality surrounding them. Each discovery, each observation stimulates a deep desire to understand and contribute to collective knowledge. Their commitment to research is a natural response to the quest for truth and a passion for their field of study. In contrast, for the impostor researcher, questioning is shaped by utilitarian goals and opportunities to seize. Their attitude is conditioned by external incentives such as academic recognition, promotions, or simply professional survival within a system where success is often measured by quantitative rather than qualitative criteria.

Another troubling manifestation of this opportunistic mentality is the use of publication for personal or political purposes. As the imminent opening of the CAMES platform approaches, some researchers are known to seek advantageous positions in scientific articles or among their colleagues. This practice, often disguised under the pretext of collaboration or co-authorship,

aims to maximize individual benefits rather than promoting genuine knowledge and research. The problem lies not only in the legitimate desire for academic recognition but also in the unfair and manipulative methods used to achieve it. By seeking positions in publications or co-opting colleagues to artificially increase citation counts or publications, these researchers undermine the integrity of the scientific process. This distorts perceptions of real advances and truly significant contributions to their field of study.

The behavior of some researchers who use scientific publication as a means to secure academic promotions, without a genuine commitment to quality research, is a growing concern in academia. This opportunistic practice not only devalues the integrity of research but also undermines the ethical foundations upon which the scientific community relies. The race for publications to accumulate points for academic advancement has become a ubiquitous reality in many university evaluation systems. This heightened pressure leads some researchers to prioritize quantity over quality, often at the expense of innovation and scientific rigor. Quick, superficial, or even dishonest studies may be produced to fulfill the necessary quotas for career advancement, seriously compromising the credibility and relevance of research.

The authentic researcher distinguishes themselves by their ability to remain true to their intellectual and ethical principles, even in the face of institutional pressures and external expectations. They are driven by intrinsic curiosity and a deep desire to generate meaningful knowledge that transcends the immediate demands of the academic world. Their research is guided by a sincere commitment to truth and a willingness to positively contribute to their field of study. In contrast, the impostor researcher may be tempted to compromise the integrity of their research to meet publication imperatives or personal gains. Their motivation is often oriented toward short-term goals such as promotions, securing funding, or simply complying with pre-established norms within the academic system. This compromise can lead to questionable practices such as data manipulation, plagiarism, or selective interpretation of results to fit preconceived expectations.

The true value of scientific research lies in its integrity and commitment to authentic and impartial discovery. Genuine researchers uphold this ethic, defending methodological rigor and transparency in their work. Their contributions enrich the corpus of human knowledge and inspire public trust in research findings. The distinction between a genuine researcher and an impostor lies in their underlying motivation and approach to scientific inquiry. While the former is guided by intrinsic curiosity and a commitment to truth, the latter is often influenced by external incentives and short-term opportunities.

The consequences of such practices are damaging on several levels. On one hand, they harm the reputation and credibility of academic institutions, which may be perceived as tolerating or even encouraging such behavior. On the other hand, they erode public trust in science and research, crucial for guiding public policies and investments in education. To counter this worrying trend, significant measures must be taken at various levels. First and foremost, academic institutions must promote a research culture based on ethics and quality rather than the quantity of publications. This requires a more balanced assessment of academic performance, focusing on the real impact of research on society and methodological rigor. It is essential to recognize and promote an academic culture that values integrity, rigor, and ethical commitment to preserve the credibility and relevance of scientific research in our society. In the upcoming section, we will highlight questionable practices among researchers, starting with generic scientific fraud.

4 GENERIC SCIENTIFIC FRAUD

Scientific fraud is defined as "a serious and intentional violation in the conduct of research and in the dissemination of results," excluding "errors made in good faith or honest differences of opinion,"⁷ and includes falsification, fabrication, plagiarism, and misappropriation of another researcher's work. Our investigation led us to observe this misconduct in the HSS research. The researcher behaves like a plundering soldier, constantly on the lookout for the best students, whose work he adopts after their defense, claiming it as his own. He borrows entire lines of thought from the student, carefully omitting their name. He appropriates the core ideas from his student and taints everything else. It's akin to a Don Juan fluttering from one student to another, picking ideas he fancies and claiming them as his own. He behaves like bees "plundering here and there the flowers... afterwards making a honey that is all theirs"⁸. He reshapes the borrowed pieces from his students and merges them to create a work entirely his own. The strength of his research lies in the refined remodeling of goods taken from various places, transporting a whole of thought elsewhere to build his theoretical edifice without archetype. From the pillaging of an isolated element of another's thought, he manages to write articles that neither the knowledge of the other's work nor his "well-being" could have foreseen: a perilous endeavor that aligns with the effort of another. His "inheritance is not preceded by any will"⁹. This researcher is mediocre because his work is a pitiful plunder of the work of others.

The researcher fully copies, in all its avatars, the work of his student, without skipping a single paragraph, with the student's consent made possible through subtle influence. The researcher literally takes on the ideas and text of his learner without citing him even once. He settles cheaply with his student by taking back his work. The student's thoughts, lacking a notary to

ensure the legitimacy of the legacy, are used by his supervisor as he sees fit. We owe this idea to our colleague, Professor Gnelé José Edgar, who cleverly drew our attention to this practice, which operates by erasing the author, promoting a false semblance of originality. In the realm of science, we conceive no more urgent task than to connect these ungrateful works back to their authors, those who seek to erase them. Anything that can constitute the particular brilliance and dignity of the researcher is infinitely better assumed and honored when it is original. We can barely contain our smile when we see researchers who have climbed all the steps of CAMES through this sole procedure.

Research is no longer a response to direct experience, and science is done by proxy. Therefore, it is essential to recall that research must express facts because it maintains an organic correspondence with the totality of reality. This makes research an empirical reaction and its formulas immediately grounded in concrete knowledge of the world. The unity of formulas and the intuitive world realizes the harmony called Truth by the ancients. The truths found are through the immediate consideration of the real world, which allows us to say that the immediate foundation of research is more direct and secure than the mediate foundation by reproduction, by the letter of another researcher. This does not mean that we reject the unity and sequence of particular concepts, but it seems to us a notable superiority that these concepts are thus subsequent. Therefore, their truth no longer needs to be demonstrated but will support the truth without any researcher having to take care of it. Perfect knowledge of a thing can be exclusive when placed in the multiplicity of things in life, but it cannot be false. No objective conception of nature born from its immediate consideration and deduced with logic can be false because nature itself does not lie. Research by proxy makes both science and nature lie.

5 QUESTIONABLE PRACTICES CONCERNING DATA

Some HSS researchers do not stop at embellishing data in the sense that Seror and Ravaud say, "Data embellishment consists of reporting study results in a form that does not exactly correspond to reality to present them in a more favorable or attractive light."¹⁰ They also manipulate and invent them, a consequence of field research. The data that the researcher claims to collect in the field are the product of his own thoughts. The finished form of this cheating is verbatim. The immense texture of collected narratives materializes in an identity without negation in such a way that this actualization is not a creation of the new but a reproduction of what the researcher has in his head. Moreover, what credibility can we give to the imperium of narration and to representationalist logic if we know that we have no way of verifying the statements collected? Furthermore, we have no way to protect ourselves from the bad faith of the man. If the surveyed person had lied to us, we would probably have no way of knowing. A verbatim has certainly proven itself as a literal collection method, but the conditions of its production among most African researchers do not reflect a synchronized system of affects and percepts. What is common is that students are content to lend their own ideas to those surveyed. The fabricated verba thus lack their intimacy. Researchers take these verba and accelerate the process of altering scientific data. These researchers are false researchers because falsehood is not the object of science. Such an attitude is hardly of scientific interest because it ignores the original dimension of research, which focuses on life, the world in its concreteness. It participates in creative refusal and creative imitation.

Most of these researchers do not want to yield the least gift of self in the name of authentic knowledge. The most avid 'researchers' who boast of 'fieldwork' - there is an air of snobbery in this story - content themselves in the best case with giving their assistants, their students, or young people - without much knowledge of the data to be collected or having an approximate mastery of the collection tools - prebends to collect some perceptions/practices/data from such and such a people. In general, these 'collectors' camp for a few days in a village and haphazardly collect anecdotes, rituals, practices through mischievous and jocular informants, which they pour into the Researcher who takes care of them. publish them in their raw states without ever really questioning the authenticity of the elements, without ever understanding the profound meaning of life scenes, without placing them in the entirety of the existential universe of the peoples observed, without placing them in their historicity, without understanding the dynamics. These data sell very well to European donors in search of sensation and savagery. The recurrence of this practice does not mean that there has not been and that there are no researchers who have happily devoted themselves to research by doing fieldwork.

Other researchers take one or a few concepts from the vast field of ideas, then make them the starting point for their research. The principle behind this choice is entirely arbitrary - a begging the question -, its content is as empty as it is universal, so anything can be put there. Everything can logically follow there as well. At each articulation of his research, concepts are polysemic, and their choice is guided by the result he would like to achieve. The initial position of his inferences already contains, as a founding anticipation, the teleological postulation. This is why it is common to hear that the researcher only discovers what he wants to discover. What is to be reproached to these researchers is having privileged conceptual combinations over the content of sensory experience. The starting point of their research has its source outside empirical intuition and correspondingly the results of their research are generally pedantic deductions, their work abstract, their form extremely artificial. The basis of their research consists of a petition that hangs in the air its foundation. Their research simply

has no basis. This is also what makes it difficult for us to transpose what we have theoretically posed into practical fields: research is an enemy of practice because the rational is not verified in the whole empirical or because the researcher has started from what should be and is not when the true starting point is an experience, a fact.

Today we are witnessing the spectacular rise of a particular type of researcher who engages in research on indigenous knowledge. Most of these researchers often take pleasure in exhuming them and thus indulge in easy exoticism or a kind of lachrymose narcissism. The most serious are employed in dumping without discernment virulent and endemic scientific productions of Afro-centrism, with the promotion of stereotypes inseparable from endogenous knowledge, amplified by an ideological, mystifying, and mythogenic vision. In a word, indigenous knowledge is taken as a refuge value. One can even assert, without exaggeration, that it is especially the failure to extract oneself from the legacy of traditional knowledge, which no one can do without, which has, nowadays, essentially paralyzed all the efforts attempted, even by the best minds, to deal with issues of indigenous knowledge in a positive manner.

These postures, which are actually impostures common to most African researchers, are so intimate to them that none of them perceives them. Invisible, they go without saying like a good day for a well-educated child. These practices have yet to be properly thought out. We have chosen to describe them without complacency for an awareness of the lead that we attach to the wings of science and which prevents it from taking flight. Science is like a bird, it has two wings: attitude and data. If we choose to make only one beat, it will grope around by standing still. If we make both beat at the same time, it will fly over our life by instructing you through its panoramic view of the problems we have and the appropriate medication. It was therefore necessary to undermine these practices so that we could replace them with positive scientific practices.

6 QUESTIONABLE RESEARCH PRACTICES IN PUBLICATIONS

No one ignores the central role that publications play in researchers' careers. One wonders if the formula "publish or perish" does not primarily serve as an alibi for questionable research practices, disregarding the standards and requirements of scientific publication. These practices encompass several aspects. First, there is the issue of authorship of articles. Researchers often include names of established professors or those with global influence in their field, either to ensure the prestige of the latter precedes their text or to benefit from questionable article review practices. Secondly, there is the mention of a person as a co-author without their consent. A notable example: Professor Gnelé Edgard, then Editor-in-Chief of the LASH Review at the University of Parakou, received an article for publication. According to his statements, upon reviewing the article, he noticed among the authors a scientific personality. This piqued his curiosity, leading him to anonymize the article and send it for assessment to the mentioned personality, who returned with severe comments indicating serious intellectual deficiencies of the original author. This example is representative of textbook cases of publication fraud.

Sometimes, researchers feign forgetfulness of a co-author, dishonestly promising to rectify the error by placing them in another publication. When researchers are lenient, they relegate the author to a non-significant position, creating conflicts over authorship¹¹. This unethical practice distorts the original purpose of publication and deprives researchers of the fruits of their labor. It often accompanies a more insidious practice: willingly publishing their work in so-called predatory journals. This is inevitable because reputable journals tend to demand justified contributions from each co-author to the research results they wish to publish. Generally, anyone who:

- played a substantial role in the project and experimental protocol design, results development, and/or analysis and interpretation of results;
- participated in article writing or made significant content contributions during review; and
- explicitly approves the final manuscript version, including both scientific content and the list of signatories, thereby directly assuming responsibility; a requirement also by editors¹¹.

The INSERM Scientific Integrity Delegation adds that: "These signature rules apply regardless of status considerations and remain valid if you have changed laboratories in the meantime. Those who contributed to the work without meeting all three criteria should be acknowledged at the end of the article, with their consent¹¹."

Finally, it is pertinent to explore undue pressures on authors and collaborators, including coercion to include undeserving authors in publications to enhance an article's visibility or impact. In humanities and social sciences, status considerations often outweigh the real contributions of co-authors, especially concerning doctoral students. Sometimes, a doctoral student signs as a non-significant co-author, or sometimes not at all. To compound these unethical practices, their work is submitted to multiple scientific journals simultaneously, reminding them that their student work lacks the weight of a master's. It also happens that researchers, concerned about the quality of their work, submit their articles to several journals at the same time or resubmit

rejected articles to journals without addressing the previous observations. These practices cause misery in publication in the humanities and social sciences in Africa.

Certainly, these types of practices have prompted Web of Science to track published scientific articles, assess their potential for retractions, and compile statistics confirming an increase in publication fraud, even accelerating the retraction rate in publications. Thus, from 1977 to 2013, the number of retractions increased from just over one to more than 50. A study conducted by Ferric, Steen, and Arturo¹² in 2012 showed that 67.4% of article retraction requests were motivated by suspicions of fraud. During our survey, 0% of researchers were never retracted after their article's publication. However, 5% admitted to using practices that cast serious doubt on the truthfulness of their research and consequently on the seriousness of the journals that published them. Beau, already noted this practice in scientific publications: "Sentences without meaning, copy-pasting, images, and graphs manipulated. According to a study conducted by the specialized firm Clear Skies and revealed by the scientific journal Nature, approximately 70,000 articles resembling false content aimed at disinformation or career boosting were published in 2022 in scientific journals, about 2% of the total scientific production that year.¹³" These fake scientific articles turn scientific journals into veritable "article mills".

7 DATA-RELATED FRAUDS

Data fraud in Letters and Human Sciences research is a serious practice that compromises the integrity of academic research and its contribution to understanding and addressing social problems. This form of scientific fraud can take various forms, all with profound implications for the credibility of scientific results and public trust in researchers and institutions. Leduc and Letellier remind us that: "There is a continuum between proven fraud and manipulated results. Data are cooked to fit only the points that stick; manipulation of photos with Photoshop; premature publication of results that couldn't be reproduced; evasiveness about experimental protocols to avoid verification or copying; hiding results; slicing data into multiple articles risking each to be incomprehensible in isolation, etc.¹⁴" During our investigation, we found that what these two authors describe was evidenced by the deliberate manipulation of information collected during studies. This includes altering figures, selectively excluding data that do not support the research hypothesis, or even fabricating results outright. These practices often aim to achieve conclusions that align with researchers' or sponsors' expectations, compromising the validity of the drawn conclusions.

Similarly, in the humanities, falsification can involve sociological studies or anthropological research where details are altered to support specific theories or narratives. Motivations for data falsification vary and include pressure to publish positive results to secure funding, enhance academic reputation, or participate in the next CAMES. In some cases, researchers are tempted to falsify data out of desire for recognition, fear of negative results, or delays in obtaining a degree, which could jeopardize their careers. Institutional pressures and increased competition for research resources also play a significant role in these fraudulent practices. The consequences of data falsification are profound and widespread. Academically, it undermines the knowledge base on which future advances rely, introducing false or biased information into the body of scientific literature. Ethically, it breaches the trust of fellow researchers, students, and the general public in the scientific community. Moreover, practically, it can lead to ill-informed public policies or ineffective social interventions based on unreliable data.

Data-related frauds also include plagiarism in all its forms. In this case, the author rewrites the ideas from a source without using the same words but without providing proper citation. It is still considered plagiarism because the original idea comes from the source. Here are the different forms of plagiarism that our exploration has led us to discover:

Conceptual plagiarism: Conceptual plagiarism occurs when someone borrows the ideas or general concept of a work without citing the source. Even if the words are different, the essence of the original work is used without permission. Idea theft is certainly intellectual dishonesty but does not constitute plagiarism if only ideas and not the form expressing them are borrowed. "It must be understood that the plagiarist commits no offense or crime as long as he borrows only ideas and not the form that expresses them.¹⁵" "Ideas are free to travel," it is said.

Data plagiarism: This type of plagiarism involves direct copying of data, graphs, tables, or other information without citing the original source. This practice compromises academic integrity by distorting results and violating research ethics standards. Consequences include loss of trust in research and potential impacts on political and social decisions based on non-original data.

Self-plagiarism: Self-plagiarism occurs when an author reuses their own previous work without clearly indicating that it is an earlier work. Although the author owns the rights to their own work, it is necessary to disclose all previous reuses.

Online plagiarism: With the advent of the Internet, online plagiarism has become more common. This can involve direct copying of content available online without permission or even recycling existing work to submit as original. There is also AI

plagiarism, which manifests in the use of algorithms to generate content similar or identical to that of other sources without properly citing the originals. This practice automates data manipulation, often circumventing traditional plagiarism detectors. Challenges posed include preserving academic integrity and the need for more advanced detection tools to prevent this emerging form of intellectual fraud.

Style plagiarism: Style plagiarism occurs when someone deliberately imitates another author's writing style without citing the source. Even if the words are different, the structure and tone can be so similar that they constitute a copyright violation.

Credit plagiarism: This type of plagiarism occurs when someone takes credit for another's work. This can occur in work environments where collaboration is common but not all contributors receive the recognition they deserve. The Emeritus Professor is seen as a Nobel Prize winner when he was part of a research group whose results were awarded. Others are never cited, and it is never said that it was a collective work.

Translation plagiarism: Translating a work without permission and presenting it as your own is also considered plagiarism. Even if you change the language of the text, the ideas still belong to the original author.

Reference plagiarism: In some cases, people may falsify or invent references to give the impression of having conducted thorough research. This is a form of plagiarism that harms academic and professional integrity.

The consequences of plagiarism can be serious, ranging from loss of credibility and trust to severe academic or professional sanctions, including expulsion from school or loss of employment. It is essential to recognize and respect the copyrights of others and to provide proper attribution whenever using someone's work or ideas.

To counter these cases of data-related fraud, academic institutions in the Humanities and Social Sciences must implement stringent measures for control and verification. This includes fostering a culture of integrity and ethical research, training researchers in best research practices, and establishing rigorous processes for supervision and verification of collected data. Ethics committees also play a crucial role in reviewing research protocols and ensuring adherence to high ethical standards. Data falsification in HSS poses a serious threat to scientific integrity. While progress has been made in detecting and preventing such fraud, it remains essential to maintain constant vigilance and encourage a culture of transparency and accountability within the academic community. This will ensure that research continues to serve its primary purpose: to credibly and meaningfully contribute to advancing knowledge and improving society.

8 IMPROPER PERSONAL CONDUCT

Research in HSS relies on strict ethical standards to ensure integrity, reliability, and fairness in research and communication of findings. However, inappropriate or unethical practices occasionally occur, compromising the validity and credibility of research. Various forms of improper personal conduct were identified during our investigation. We present them here along with their implications.

Data fabrication: Data fabrication involves the deliberate creation of experimental results or data without legitimate means. This occurs to enhance statistical significance or support a preconceived hypothesis. Data fabrication constitutes a serious violation of research ethics and can lead to publication retractions, loss of trust, and professional sanctions.

Data falsification: Data falsification occurs when researchers modify, manipulate, or delete data to fit their expectations or hypotheses. This includes selectively excluding data points or manipulating graphical representations of results. Data falsification compromises scientific integrity and can lead to erroneous conclusions.

Plagiarism: As mentioned earlier, plagiarism is inappropriate conduct identified in HSS research. This includes literal, paraphrased, or conceptual plagiarism of others' work, as well as failure to adhere to proper citation standards. Plagiarism undermines research credibility and violates the copyright of original authors.

Lack of informed consent: In some sociological, anthropological, geographical, philosophical, and literary studies, especially involving oral literature, informed consent of participants is often not required. This fails to ensure that participants understand the research objectives, potential risks, and benefits, and give informed consent. Lack of informed consent violates fundamental ethical principles and can have serious legal and ethical repercussions.

Selective or biased publication: Selective or biased publication occurs when researchers choose to publish only results that support their hypotheses or interests, while ignoring or minimizing contradictory results. This can distort data perception and lead to misleading conclusions.

Undisclosed conflicts of interest: Conflicts of interest may arise when researchers have financial, professional, or personal relationships that could influence their research decisions or conclusions. It is essential to disclose all potential conflicts of interest to ensure transparency and research credibility.

Harassment or discrimination: Harassment or discrimination based on age, gender, or other characteristics was also identified in our investigation. Young researchers are often denied the floor. It is common to hear that say, "it is the tenured professor who is speaking, be quiet." Such personal behaviors are unacceptable in all aspects of HSS research. These behaviors create a hostile environment and can hinder participation and collaboration in research.

Lack of transparency in methodology: Transparent research methodology is essential for enabling verification and replication of results by other researchers. Lack of transparency in methodology, including failure to report important details or study limitations, compromises research integrity.

9 FINANCIAL FRAUD IN RESEARCH

In scientific research in the Humanities and Social Sciences, unscrupulous researchers sometimes resort to fraudulent practices to advance their careers or obtain funding. Forms of financial fraud in this field are varied and subtle. They range from deliberate data manipulation to result falsification, concealing crucial information, or writing ghost articles funded by obscure sources. This latter practice often involves the use of consulting firms or disreputable publishers offering writing and publication services for a fee, thereby clouding any subsequent investigation trails. Another common strategy is inflating research-related costs. Unscrupulous researchers sometimes inflate project budgets by manipulating quotations, overcharging for services, or claiming fictitious expenses. These practices not only secure additional funds but also justify prefabricated results or non-existent conclusions.

Researchers also stand out for false projects. The researcher subtly hatches his strategy so that the results of the same project are sold to several funders. This assumes that in the meantime a fake project has been set up to capture funding and consequently there is data manipulation. Our investigation has revealed that some researchers are scared when funders come to see the results of the research they funded. What could justify such a state of mind? What about the results regularly sent to the same funders? Our exploration led us to determine three possible answers. First, the hypotheses are cleverly adjusted to ensure that the theories inevitably match their premeditated results – this result had been delivered to another funder -. The researcher meticulously twists the data by readjusting them to the results that were actually achieved. The poorly disqualified practical references make the science of the already said and the already known. Next, the fake trainings that were declared because they do not exist, raise the heart and disturb the researchers since they do not exist.

The extent of these financial frauds is difficult to quantify, mainly due to academic institutions' reluctance to acknowledge their existence and the complexity of investigations needed to uncover them. Moreover, the perpetrators of such frauds often rely on networks of complicity within their institution or among their peers, making reports rare and risky for those who dare to make them. The consequences of these frauds are detrimental on several levels. Ethically, they undermine the integrity of scientific research and compromise public trust in academic institutions. Financially, they divert precious resources that could be allocated to legitimate and innovative research projects. Furthermore, they distort the general perception of scientific progress and discoveries, potentially directing public policies and investments towards inappropriate paths.

To counter these practices, a multidimensional approach is necessary. This should include rigorous financial audits of research projects, increased transparency in fund management, and strengthened ethics policies with deterrent sanctions for proven fraud. Furthermore, fostering a culture of ethical and responsible research within academic institutions is essential for effectively preventing and detecting financial frauds.

10 CONCLUSION

Using a methodology combining semi-structured interviews, case studies, and triangulation with public documents, we have been able to explore deeply and nuancedly the questionable research practices in Letters and Humanities and Human Sciences. It has revealed aspects of academic research that are often hidden, offering a better understanding of the mechanisms and motivations behind fraudulent research practices. These results underline the importance of preserving scientific integrity in Letters and Human Sciences, which demands a systematic and rigorous approach. Opportunistic practices and scientific fraud can only be eradicated through increased vigilance and strengthened culture of accountability. It is imperative that academic institutions and researchers themselves adopt strict codes of conduct and adhere to them scrupulously. First and foremost, the establishment of independent and transparent ethics committees is crucial. These committees must be empowered to monitor, evaluate, and sanction deviant behaviors. Their role extends beyond repression

to education and awareness-raising among researchers about the importance of integrity in their work. Furthermore, ongoing training of researchers on ethical issues and best research practices must be systematized. This includes workshops, seminars, and training modules integrated into university curricula. Young researchers, in particular, must be equipped to recognize and avoid questionable practices from the outset of their careers. Transparency in publishing research findings is also crucial. Academic journals must strengthen their peer review procedures and adopt open publication policies. This not only ensures the quality and truthfulness of published work but also fosters a culture of honest sharing and collaboration among researchers. Moreover, promoting a culture of recognizing and valuing ethical research is necessary. This can be achieved by establishing rewards and distinctions for exemplary work in terms of ethics and innovation. Researchers should be encouraged to view integrity not as a constraint but as an added value to their work. In summary, combating questionable practices in HSS requires a comprehensive approach that combines education, regulation, transparency, and valorization. Only through collective and concerted efforts can we guarantee the integrity and credibility of research in this vital field for understanding and advancing our societies.

CONFLICTS OF INTEREST

I certify that I have NO affiliations with or involvement in any organization or entity with any financial interest (such as honoraria; educational grants; participation in speakers' bureaus; membership, employment, consultancies, stock ownership, or other equity interest; and expert testimony or patent licensing arrangements), or non-financial interest (such as personal or professional relationships, affiliations, knowledge or beliefs) in the subject matter or materials discussed in this manuscript.

REFERENCES

- [1] Larivée S. et Baruffaldi M. Les Fraudes scientifiques. Rapport préliminaire. Univ. de Montréal/Conseil de recherche en sciences humaines du Canada: Montréal; 1992.
- [2] John L, K. Loewenstein G. and Prelec D. Measuring the Prevalence of Questionable Research Practices With Incentives for Truth Telling. *Psychological Science*, May 2012; n° 5: 524-532.
- [3] Sgard F. Michalowski S. Intégrité scientifique : vers l'élaboration de politiques cohérentes. *Sciences*, 3ème trimestre 2007; 3: 20-28.
- [4] Corvol P. Gicquel R. Bilan et propositions de mise en œuvre de la charte nationale d'intégrité scientifique. *Académie des sciences*, 2016; 1: 1-62.
- [5] Maisonneuve H. Peut-on croire les publications scientifiques ? Biais et embellissements polluent la science. *La revue Science & Pseudo-Sciences*, 2016; 318: 27-34.
- [6] Serres A. L'intégrité scientifique et la « malscience ». *Palimpseste. Sciences, humanités, sociétés*, 2019; 1: 33-35.
- [7] Letellier L. Sur l'intégrité de la recherche: quelques considérations éthiques sur l'organisation et les pratiques de recherche. *Revue Prétentaine*, 2011; n° 27-28.
- [8] Montaigne. *Essais*. Édition de Bernard Combeaud: Paris; 2019.
- [9] Char R. *Feuillets d'Hypnos*. Gallimard: Paris; 1946.
- [10] Seror R. Ravaut P. Embellissement des données: fraude a minima, incompétence ou un mélange des deux. *La Presse Médicale*, septembre 2012; tome 41, no 9: 835-840.
- [11] INSERM. *Signature des publications scientifiques : les bonnes pratiques*. 2018; 1-5.
- [12] Ferric C, F. Grant S, R. and Arturo C. Misconduct Accounts for the Majority of Retracted Scientific Publications. *PNAS*, 2012; 109 (42): 17028-17033.
- [13] Beau A. Faux articles scientifiques: l'ampleur du phénomène révélée. *L'Express*, 2023.
- [14] Leduc, M. et Letellier, L. Sommes-nous toujours honnêtes dans nos pratiques de recherche ? *Reflets de la physique*, 2014; n° 37: 44-45.
- [15] La politique de l'excellence. *COMETS*, 2014; avis-29: 1-10.

Constraints related to agropastoral practices in the face of the challenges of climate change in the municipality of Grand-Popo in Benin

Ayédèguè Biaou Philippe CHABI^{1,2,3}, Pyalo Atina BADAMELI⁴, C. Gérard ZOUNDJI^{2,5}, Soumanou MAWUNIN⁶, and Ibouraïma YABI^{3,6}

¹School of Agribusiness and Agricultural Policies (EAPA), National University of Agriculture (UNA), Benin

²Laboratory of Rural Economy and Social Sciences for Sustainable Development (LERSSoDD), National University of Agriculture, Benin

³Pierre PAGNEY Laboratory «Climate, Water, Ecosystem, and Development» (LACEEDE), University of Abomey-Calavi, Benin

⁴Department of Geography, Faculty of Arts and Humanities, University of Kara, Benin

⁵School of Rural Sociology and Agricultural Extension (ESRVA), Benin

⁶Department of Geography and Regional Planning, Benin

Copyright © 2024 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 many regions of the world, and specifically in the municipality of Grand-Popo in Benin, agropastoral practices are essential for the local economy and the livelihoods of communities. However, these activities are increasingly threatened by the impacts of climate change. Variations in precipitation, prolonged droughts, sudden floods, and other extreme weather phenomena disrupt the natural cycles of crop growth, as well as the availability of pasturelands. Additionally, overexploitation of natural resources leads to soil degradation and damage to fragile ecosystems.

This research aims to analyze the constraints faced by agropastoralists in the municipality of Grand-Popo.

To this end, qualitative and quantitative data were collected using interview guides and questionnaires from a random sample of 120 individuals, including farmers, herders, and agropastoralists. The data were analyzed using descriptive statistics.

The results indicate that agropastoralists are facing several constraints. These include health issues, conflicts related to space management, mainly due to animal wandering, overgrazing, and destructive farming practices leading to the disappearance of certain species. Additionally, droughts have a significant impact, with a lack of water infrastructure in the municipality and limited water resources in grazing areas. Floods also result in significant losses, with a high concentration of herds in certain areas of the municipality, causing damage to crops and the death of many animals.

KEYWORDS: Grand-Popo municipality, agropastoralism, constraints, practices, climate change.

1 INTRODUCTION

Rural activities, particularly agriculture and livestock farming, are the main sources of human food products worldwide (Chaffa, 2009). Indeed, their contribution to economic development is very significant. In Africa, the implementation of these activities is based on the exploitation of natural resources (soil, vegetation, watercourses, and water bodies...) with rudimentary practices (Sogbohossou, 2000).

In sub-Saharan Africa, agricultural and pastoral activities are the main concerns of the populations benefiting from them. As a result, competitions and even conflicts arise over access to cultivable land (Houinato, 2001).

Also, faced with difficulties in accessing land and inputs, the elimination of fallow periods or the reduction of their duration, the use of organic fertilizers remains an alternative. This is why organic fertilization, whose application provides nutrients to plants while improving soil structure, is increasingly promoted (Ullah et al, 2008).

In Benin, agriculture forms the backbone of the economy and constitutes the primary source of employment for the active population, providing 70% of jobs (MCPD, 2018). Livestock farming is the second agricultural activity in the country after crop production. The livestock includes various domestic animal species (cattle, sheep, goats, pigs, poultry...) as well as non-conventional species such as the grasscutter (MAEP, 2017).

In Benin, the economy relies on the rural sector, with agriculture and livestock contributing 38% and 25% respectively to the agricultural GDP (FAO, 2011).

In integrated agriculture and livestock management, agriculture and livestock interact to create synergies, optimizing resource utilization: waste from one component serves as resources for the other. Thus, livestock manure improves agricultural production, while crop residues and by-products serve as feed supplements for animals (FAO, 2011).

Livestock farming in general, and cattle farming in particular, produces valuable nutrients in the form of livestock effluents and dung used for soil amendment, as well as raw materials for biogas production (Copa-Cogeca, 2011).

Farmers, herders, and agropastoralists face enormous challenges related to their livelihood activities in the municipality of Grand-Popo. The objective of this research is to analyze the constraints related to agropastoral practices in the face of the challenges of climate change.

The research area is located between 9°00' and 37°00' East longitude and 7°00' and 51°00' North latitude, covering an area of 289 km², representing 7.2% of the entire Mono department with an average population density of about 230 inhabitants/km² (Figure 1).

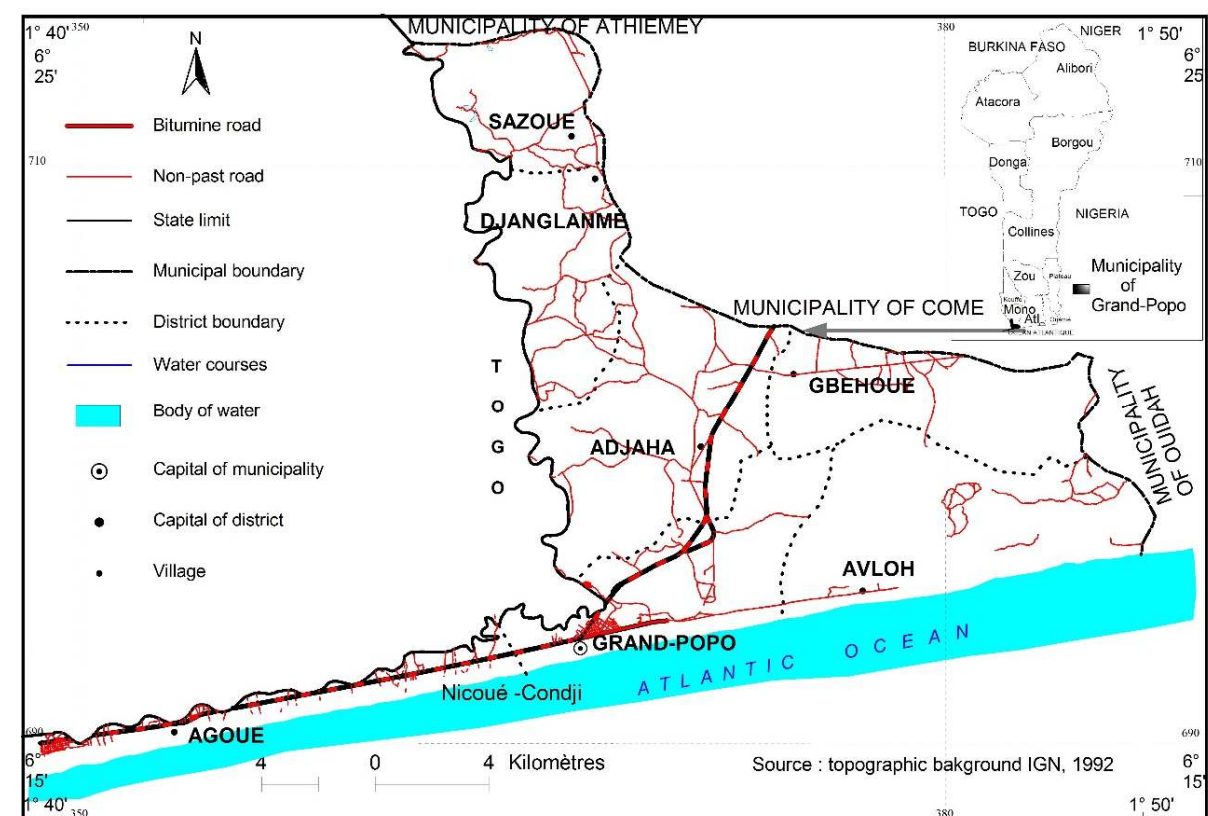


Fig. 1. Geographic location of the research area

2 RESEARCH METHODOLOGY

2.1 SAMPLING

Sampling is defined randomly by district taking into account the extent of agropastoral activities. The statistical unit is the household engaged in agricultural activities (farming, livestock rearing, or both) for at least 10 years. These 10 years have been chosen for reasons such as the youthfulness of the population, reasons for good memory, and a thorough understanding of the techniques and constraints related to agropastoral activities.

To this end, the sample size was determined using the formula:

$$Y = E * X \text{ (Gounou, 2014)}$$

Where

Y: sample size;

E: number of agropastoral households; and

X: sampling rate set at 2%.

Furthermore, the study focused on 6 districts, namely: Adjaha, Agoué, Djanglanmey, Gbéhoué, Sazoué, and Grand-Popo out of the 7 in the municipality of Grand-Popo. The selection of villages is based on the presence of both farmers and herders in the village, the extent of agropastoral activities, and the more flood-prone areas in the municipality.

Table one shows the number of households surveyed by district in the municipality of Grand-Popo.

Table 1. Number of households surveyed

DISTRICTS	FARMERS	HERDERS	AGROPASTORALISTS	TOTAL
ADJAH	10	8	0	18
AGOUÉ	20	0	3	23
DJANGLANMEY	9	16	0	25
GBÉHOUE	7	5	3	15
GRAND-POPO	17	0	4	21
SAZUE	8	10	0	18
TOTAL	71	39	10	120

Source: Survey Results, June 2023

The analysis of Table I reveals that the number of households surveyed per district is proportional to the household 6 of each district in the municipality. According to this table, 18 individuals were surveyed in the Adjaha district, including 10 farmers and eight herders; 23 individuals in the Agoué district, including 20 farmers and 3 agropastoralists; 25 individuals in the Djanglanmey district, including nine farmers and 16 herders; 15 individuals in the Gbéhoué district, including seven farmers, 5 herders, and three agropastoralists; 21 individuals in the central district of Grand-Popo, including 17 farmers and four agropastoralists; and finally, 18 individuals in the Sazué district, including 8 farmers and 10 agropastoralists. Thus, a total of 120 individuals engaged in agricultural, pastoral, and/or agropastoral activities were surveyed in 6 districts of the study area (Adjaha, Agoué, Djanglanmey, Gbéhoué, Grand-Popo, and Sazué). Table II presents a summary of the sample size.

Table 2. Summary of the Sample Size

Resource persons surveyed	Veterinarian	Locally competent agents	Agro-breeders	Officials of farmer organizations	Total
Staff	1	3	120	2	126

Source: Survey Results, July 2023.

Beyond the 120 individuals surveyed in the field, resource persons were also surveyed, including 1 veterinarian, 3 locally competent agents (municipal and ATDA agents), and two officials of farmer organizations in the municipality.

In total, 126 individuals were surveyed during our study.

2.2 DATA COLLECTION TECHNIQUES, TOOLS, AND MATERIALS

To gather maximum information and data, certain data collection techniques were adopted. Direct observations in fields and herds of Fulani herders helped analyze agropastoral constraints in the municipality.

Direct observation enabled us to observe the hydrographic network, agropastoral farms, and passages, although they are not defined. Interviews were conducted with agro-breeders, health agents, and farmer organizations.

Several tools and materials are used during data collection in the field. These include:

- a topographic map for the study area location
- mobile phone
- camera for taking photographs
- administrative map of the municipality
- household survey questionnaire
- interview guide for conducting investigations with officials of farmer organizations, agricultural sector agents, and the veterinarian of the municipality of Grand-Popo.
- GPS (Global Positioning System)

2.3 FIELDWORK

Regarding the fieldwork, it allowed us to obtain a database of quantitative and qualitative data related to agropastoral activities from agropastoralists, farmer organizations, and resource persons in our study area. Additionally, it helped identify the difficulties hindering the development of agropastoral activities in the municipality of Grand-Popo.

FIELD SURVEY

The field survey was conducted through periodic visits to the target population. This part was carried out in two phases:

- The first phase, the pre-survey, was conducted as a prelude to the main survey phase. It allowed us to assess the situation to obtain a brief overview of agropastoral systems. It took place in May 2023 through contacting stakeholders and visiting documentation centers.
- The second phase is the actual survey, which systematically collected data to understand the reality on the ground compared to the information gathered from documents. Surveys were conducted among farmers, herders, or those practicing both, and finally, authorities responsible for agriculture (veterinarians, municipal agents, and other relevant services).

2.4 DATA PROCESSING AND ANALYSIS

During this phase, the questionnaires were processed, data were analyzed, and the results obtained during our investigations were analyzed to establish correlations between documentary information and the reality examined in the field. To accomplish this, several software programs were used, including:

- Excel 2013 for processing quantitative data, calculating averages, and creating tables and diagrams relevant to the work.
- Word 2013 for text processing.
- ArcView for creating maps.

Percentages were calculated based on the total number of respondents.

3 RESULTS AND DISCUSSION

3.1 ADVANTAGES OF LANDSCAPE COMPOSITION FOR AGROPASTORALISM

The vegetation exhibits a diverse composition including *Elaeis guineensis* (oil palm), *Borassus aethiopium* (ronier palm), *Mitragyna inermis*, *Adansonia digitata* (baobab), *Ceiba pentandra* (kapok tree), and *Milicia excelsa* (iroko). It is noteworthy that the ronier palm is endangered due to its use in basketry.

In the inland areas of the mangrove, characterized by alluvial and hydromorphic soils, as well as low valley soils and coastal lagoons, the vegetation is mainly herbaceous. Variable densities of species such as mangroves (*Avicennia* and *Rhizophora*), rushes, and grasses, among others, are found in the research area (Figure 2).

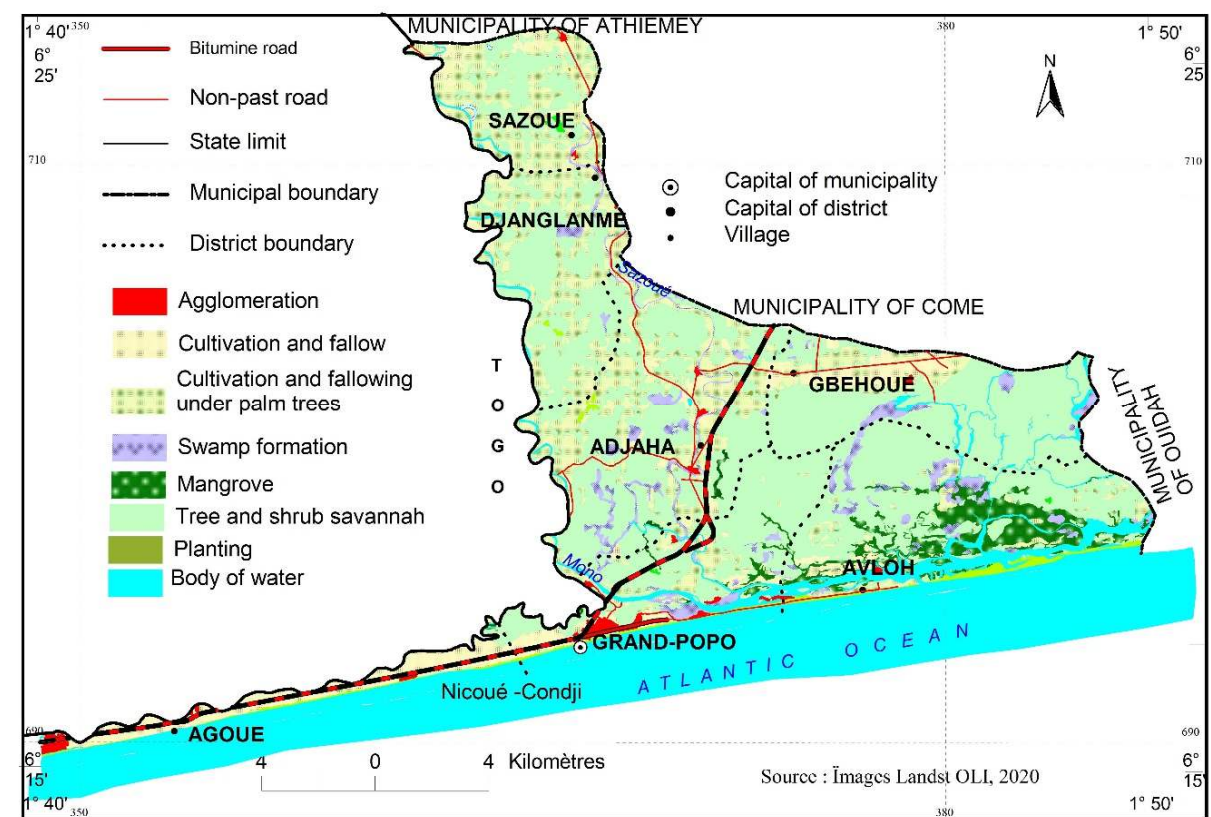


Fig. 2. Vegetation Map of the Municipality of Grand-Popo

Figure 2 reveals a composition dominated by several types of vegetation formations. It is noteworthy primarily for the presence of open forests, gallery forests, marshy forests, forest plantations, savannas, and finally wooded savannas.

Savanna and wooded savanna are the most predominant types of vegetation. These vegetation formations are characteristic of hot regions facing long dry seasons and are mainly composed of herbaceous plants of the Poaceae family (grasses), interspersed with trees and shrubs.

These characteristics allow herders to graze their animals year-round without resorting to transhumance.

3.2 HYDROGRAPHIC NETWORK, A GREAT ASSET FOR AGROPASTORALISTS

The Municipality of Grand-Popo is endowed with a significant hydrographic network, including the Mono River as well as several tributaries and outlets such as the Sazoué (the most important), Agogo, Adanwadonmè, etc. The navigability of these watercourses depends in part on the flow regime of the Mono River.

The municipality also hosts the Grand-Popo lagoon, stretching over a length of 15 km and opening into the Aho channel. This lagoon receives waters from both the ocean and the Mono River, and also communicates with that of Ouidah.

Figure 3 provides detailed information on the hydrographic network of the municipality of Grand-Popo.

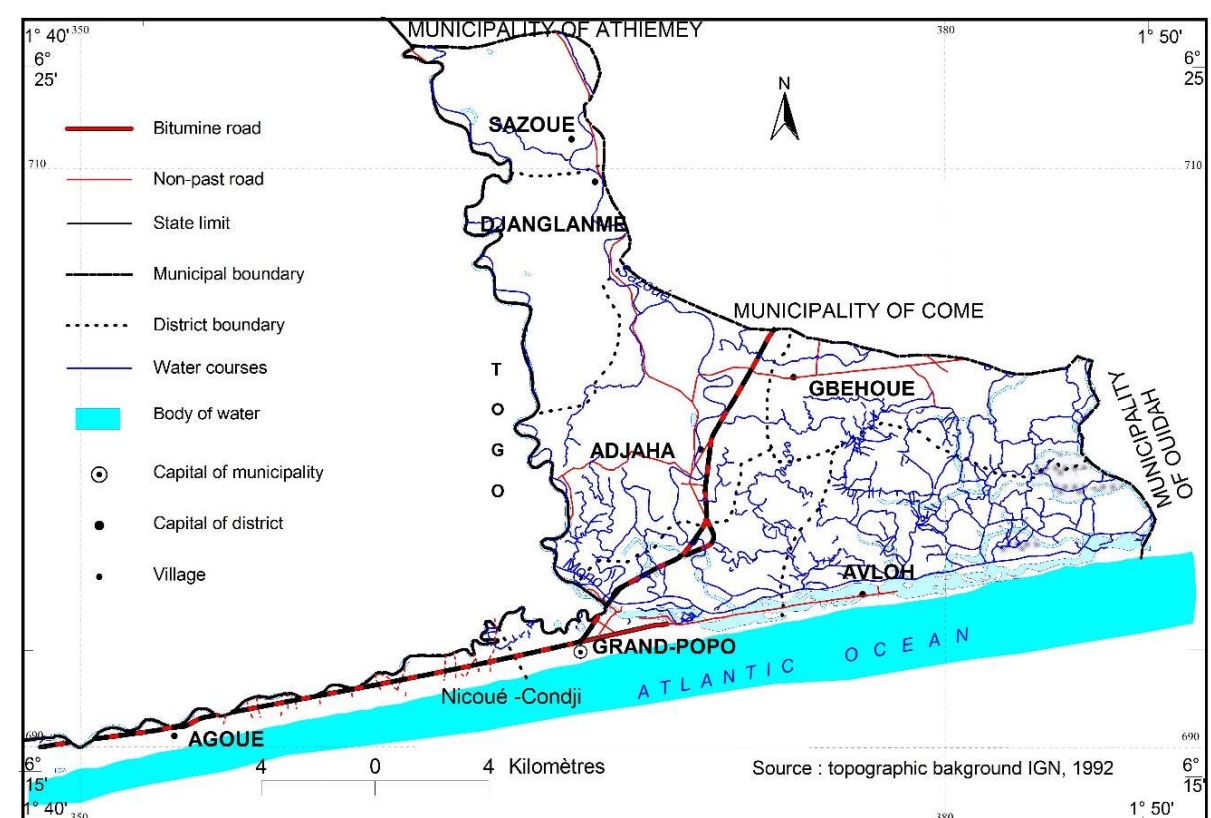


Fig. 3. Hydrographic Network of the Municipality of Grand-Popo in Benin

Analysis of Figure 3 highlights the presence of temporary watercourses such as Hèssouvé and Démlin, as well as permanent watercourses such as Sazué, crossing the districts of Sazué, Djanglanmey, Adjaha, and Grand-Popo, Doyimé in the Gbéhoué district, and Egbin in the Adjaha district.

The Mono River runs along the entire western part of the municipality, and these various watercourses are conducive not only to agriculture but also to pastoral livestock farming. This extensive hydrographic network promotes off-season agriculture, market gardening, and especially pastoral livestock farming during the dry season, thanks to the presence of permanent watercourses where animals can drink even in times of drought.

It is important to analyze the constraints related to agropastoral practices in the face of the challenges of climate change.

3.3 SEARCH FOR FORAGE FOR LIVESTOCK FEEDING

The search for forage for livestock feeding in the municipality of Grand-Popo is a vital necessity for herds, and this need remains constant throughout the year, regardless of the season. Grazing mainly takes place on the territories where the herds reside, meaning they do not need to travel long distances to access water, according to 10% of the surveyed individuals.

However, due to the high concentration of herds in the municipality, cases of overgrazing are observed. It is also noteworthy that the practice of transhumance is not common in the research area, meaning that 80% of herds are sedentary.

3.4 WATER AND ITS IMPORTANCE IN THE AGROPASTORAL SYSTEM IN THE MUNICIPALITY OF GRAND-POPO

In an agropastoral system, water is the primary and indispensable element in production, according to 90% of the surveyed individuals. Water is used by agricultural producers in general and agro-breeders in particular for watering herds. The geographical location of the municipality is favorable to pastoralism due to the presence of the Mono River and watercourses, as well as rainfall; this facilitates access to watering herds throughout the year.

3.5 PATHOLOGICAL CONSTRAINTS

The increasing prevalence of animal diseases in the sub-region, and more specifically in Benin, represents a major challenge for Fulani herders in general, and those in the municipality of Grand-Popo in particular. Animals, in search of pasture, are exposed to various diseases, often through direct contact in the same grazing or resting areas, as well as through the humid and cool conditions characteristic of the rainy season. Furthermore, contact with new cattle purchased at markets is another vector of disease transmission, according to 80% of the surveyed individuals. Table three provides an overview of the different common pathologies in the municipality.

Table 3. Different Pathologies with Their Symptoms

Pathologies	Local name	Symptoms
Pasteurellosis	HEENYERE	-tearing and depression -breathing difficulties -incessant coughing
Scabies	N'YANYAANRE	-the animal scratches -hairs fall out -appearance of scabs and pimples
Coccidiosis	TCHARI BODEEDJI	-diarrhea with red blood
Foot-and-mouth disease	THAABOU	-mouth ulcers and salivation in the mouth -fever, abortion, lack of milk in the udder and many cattle die

Source: Field Surveys, June 2023.

According to Table three, the most common diseases reported by the respondents are Pasteurellosis, Scabies, Coccidiosis, and Foot-and-mouth disease. These diseases result from various factors, including animal contact in grazing areas, moisture present in these areas during the rainy season, irregularity in cattle vaccination campaigns, and contact of newly purchased animals in local markets (such as the livestock markets of Comé, Bohicon, and occasionally Zè) with sedentary animals without prior quarantine.

According to information gathered from the interviewed veterinarian, two vaccination campaigns are organized each year against the main deadly diseases of cattle, namely Contagious Bovine Pleuropneumonia (CBPP) and Pest. Before the start of these campaigns, the veterinarian holds awareness sessions with the farmers, in collaboration with farmer organizations such as the Association for the Promotion of Livestock in the Sahel and Savannah (APESS) and the Communal Union of Professional Livestock Organizations of Ruminants (UCOPER). Subsequently, vaccination of the herds is carried out. For other diseases, farmers do not consult veterinarians but treat the animals themselves using veterinary products and traditional practices.

3.6 CONSTRAINTS RELATED TO CONFLICT MANAGEMENT AND SPACE

Managing the agropastoral system is a major concern in the Republic of Benin, particularly in the commune of Grand-Popo, due to its potential. Since agriculture and pastoralism coexist in the same space, several conflicts emerge. In this context, conflict often results from divergences between farmers, herders, and other actors directly or indirectly involved in the agropastoral system.

Field investigations have identified two main sources of conflicts: conflicts related to animal trespassing in fields and conflicts related to land management. Among these two types of conflicts, animal trespassing-related conflicts are more common in the commune of Grand-Popo, involving 60% of farmers and herders. Moreover, conflicts related to land management pose major constraints on the practice of agropastoral activities. The absence of passage corridors and the anarchic establishment of agricultural farms on cattle passage routes are significant obstacles for herders, often leading to conflicts with farmers.

It is also important to note that misunderstanding of the regulations governing pastoralism in the Republic of Benin is another factor contributing to conflicts. Figure 4 illustrates a herd of cattle trespassing in a field, thus illustrating one of the conflict situations encountered in the region.



Fig. 4. Herd of cattle trespassing in a field in Adjaha

Photographer: Soumanou, June 2023

Figure 4 depicts a herd of cattle grazing in a maize field that has not yet been harvested. This situation constitutes the main source of conflict between farmers and herders in the commune. It is worth noting that when a herd owner is identified, they may choose to settle the dispute amicably by offering financial compensation based on the size and area of the damaged field, which represents 60% of cases. In the remaining 40%, if the owner refuses to acknowledge responsibility or offers compensation lower than that demanded by the farmer, the dispute may be brought before the appropriate authorities, such as the police station.

3.7 CONSTRAINTS RELATED TO OVERGRAZING AND FARMING PRACTICES

Overgrazing is a form of pasture degradation resulting from an excessive number of domestic animals. Mainly associated with extensive pastoralism, it leads to a reduction or disappearance of vegetation cover, compaction of the topsoil layer, and the formation of rills and erosive gullies, thus causing physical soil degradation. This phenomenon results in the total disappearance of certain plant species, while the emergence of new species, often not favored by animals, becomes a source of food scarcity for them during the dry season.

On the other hand, in agriculture, deforestation represents one of the main environmental aggressions. It contributes to the exposure of the soil, which conditions the initiation of various soil degradation processes and consequently leads to the disappearance of certain plant species. Indeed, the cultivation of rice, as well as the cultivation of banana trees, oil palms, and coconut trees, leads to massive vegetation destruction.

3.8 CONSTRAINTS RELATED TO DROUGHT IN THE COMMUNE OF GRAND-POPO

In the commune of Grand-Popo, the dry season extends from November to March and is characterized by minimal rainfall, excessive temperatures, and the onset of harmattan, a dry, cold, and harsh wind. Every year since 2017, the waters of the Mono River rise, causing floods, except in 2020 when no flooding was recorded. After the waters recede, they stagnate in ponds and watercourses until February or March, reducing the impact of drought on agro-pastoralists. In the districts of Adjaha, Djanglanmey, and Sazué, farmers take advantage of this period to cultivate off-season crops such as crincrin, "gboma," and okra.

In the Gbéhoué district, for example, a non-floodable area, pastoralists cope with the effects of drought by using two water reservoirs to water their animals: an old sand dredging site where water remains permanently, and a direct pumping point. During the dry season of 2020, most pastoralists in Hanmlangny, a locality in Djanglanmey, had to travel more than 4 km to water their animals in Kpovidji, a locality in Adjaha with a permanent water source.

In the central part of the Grand-Popo district, farmers face the effects of drought by practicing irrigation for crops such as onions, tomatoes, lettuce, vegetables, and carrots.

The southern region of Benin faces recurrent floods every year, and the commune of Grand-Popo is no exception, significantly affecting farmers and pastoralists. These floods typically occur between September and November, during the minor rainy season, resulting in the complete loss of crops in most agricultural fields, except for vegetable farms located along the coast. Our surveys reveal that over 80% of farmers in the commune suffer crop losses.

For pastoralists, floods represent the worst time of the year. Among the interviewed pastoralists, almost all report sudden animal mortality, especially calves and lactating cows, animals under three years old, and old females due to their vulnerability to these conditions (see Plate three). During the flood period, nearly all herds from the Adjaha, Djanglanmey, Sazué, and Grand-Popo districts move towards the Gbéhoué district, accounting for 85%, while the remaining 15% head towards the Comé commune for refuge.



Fig. 5. Calves damaged by the flood (A) and an old female damaged by the flood in Gbéhoué (B)

Photograph taken by Soumanou, January 2023

Upon observing Plate 1, the damage caused by the flood to the cattle is evident. In Figure 5-A, two emaciated calves are visible, unable to keep up with the herd to the pastures due to the flood damage. Their owner is compelled to provide them with food at home. As for Figure 5-B, it depicts an old female, hungry and afflicted by a disease contracted from contact with other cattle in the same grazing area.

3.9 DISCUSSION

Les pratiques agropastorales sont essentielles pour la subsistance de nombreuses communautés rurales à travers le monde. Cependant, ces pratiques sont de plus en plus confrontées à des défis majeurs posés par le changement climatique. Ce phénomène global affecte à la fois les systèmes agricoles et pastoraux, entraînant des répercussions négatives sur la production alimentaire, les moyens de subsistance et la sécurité économique des populations dépendantes de ces systèmes.

Le changement climatique se manifeste par une augmentation de la variabilité climatique et la fréquence des événements extrêmes tels que les sécheresses, les inondations et les vagues de chaleur. Ces phénomènes altèrent la disponibilité des ressources en eau, un facteur crucial pour les pratiques agropastorales (IPCC, 2021). Les sécheresses prolongées, par exemple, réduisent la disponibilité des pâturages et des ressources hydriques, compromettant ainsi la productivité des animaux et des cultures. Des études montrent que les communautés pastorales en Afrique de l'Est ont subi des pertes importantes de bétail en raison de sécheresses récurrentes, affectant directement leur sécurité alimentaire et leurs revenus (Herrero et Thornton, 2013).

De plus, le changement climatique exacerbe la dégradation des terres et des ressources naturelles, déjà fragilisées par des pratiques agricoles intensives et non durables. L'érosion des sols, la salinisation et la désertification sont des problèmes croissants qui diminuent la fertilité des terres agricoles et la qualité des pâturages (FAO, 2017). Cette dégradation limite la

capacité des communautés agropastorales à maintenir et à augmenter leur production, les rendant plus vulnérables aux chocs climatiques. Il faut noter que l'élaboration de politiques appropriées et le soutien institutionnel sont indispensables pour aider les communautés agropastorales à faire face aux défis du changement climatique. Les gouvernements et les organisations internationales doivent fournir des ressources et des infrastructures nécessaires pour faciliter l'adoption de pratiques résilientes. Par exemple, les programmes de microfinance peuvent offrir un accès au crédit pour les investissements dans des technologies agricoles durables (Bryan et al., 2013).

4 CONCLUSION

In Southern Benin, particularly in the commune of Grand-Popo, research on agropastoral activities and the challenges they face has sparked considerable interest. The agricultural sector grapples with significant difficulties, especially in the agropastoral domain. These problems stem from demographic pressure and the limited capacity of the land to meet the needs for livestock fodder and arable land.

Agropastoralism in Southern Benin exhibits distinct characteristics compared to the northern regions of the country. Unlike other areas, livestock feed is not a major issue in Grand-Popo, thanks to the availability of fodder throughout the year and the proximity to water sources. However, despite being widespread in the commune, this practice is not without its challenges.

Through this research, it has been observed that agro-pastoralists in Grand-Popo face multiple constraints, including animal health issues, conflicts related to land management, overgrazing, agricultural practices, droughts, and floods. These challenges significantly impact the management of herds and agricultural lands, sometimes making it difficult to reconcile the two.

REFERENCES

- [1] Chaffa, I. 2009. Pratiques agropastorales et leurs impacts environnementaux dans la commune de N'Dali. Mémoire de maîtrise en géographie, FLASH, UAC, 73p.
- [2] Copa-Cogeca. 2011. Elevage et changement climatique. Fiche technique, BRUSSELS, 4p.
- [3] FAO. 2011. Gestion intégrée de l'élevage et de l'agriculture de type agropastoralisme. Article, p 01.
- [4] Houinato, M. 2001. Phytosociologie, écologie, production et capacité de charges des formations végétales pâturées dans la région des monts Kouffè (Benin). Thèse de doctorat, université libre de Bruxelles, 261p.
- [5] MAEP. 2017. Plan Stratégique de Développement du Secteur Agricole (PSDSA) 2025 et Plan National d'Investissements Agricoles et de Sécurité Alimentaire et Nutritionnelle PNIASAN 2017–2021. Ministère de l'Agriculture de l'Élevage et de la Pêche (MAEP), 139 p.
- [6] MCPD. 2018. Plan National de Développement 2018-2025. Ministère d'État Chargé du Plan et du Développement (MCPD), 296 p.
- [7] Sogbohossou, E. A. 2000. Elevage des bovins autour des aires protégées et son impact sur la faune sauvage et son habitat. Mémoire de maîtrise, CUP, UNB, 107p.
- [8] Ullah, S. T., Tamanna H., Islam H. 2008. Affects of organic manures and chemical fertilizers on the yield of brinjal and soil properties. J. Bangladesh Agric. Univ, 6, 271-276p.

Essai de fabrication du sel indigène à partir des végétaux: Cas de la banane plantain

[Test of manufacturing indigenous salt from plants: Case of plantain]

Jean-Pierre Kimbuya Lutonadio¹, Evariste Boetsa W'Etenda¹, and Mechack Nzembo Likongo²

¹Docteur en Didactique de la chimie & Evaluation, Département de chimie, Faculté des Sciences, Université Pédagogique Nationale, Kinshasa, RD Congo

²Licencié en Sciences chimiques, Département de chimie, Faculté des Sciences, Université Pédagogique Nationale, Kinshasa, RD Congo

Copyright © 2024 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 was carried out using 6 samples of banana peels from 6 municipalities of Kinshasa city in Democratic Republic of Congo, with a view to manufacturing indigenous salt.

These samples of determined masses, dried in the sun for a week, calcined in the open air gave more or less homogeneous ashes which, dissolved in hot distilled H_2O in beakers of variable volumes (500, 600 mL), then filtered made it possible to obtain filtrates. These, subjected to heating at 300° C and evaporation, made it possible to obtain finished products with masses varying between 5 to 9 g, for durations ranging from 1h30 to 3h.

The hygroscopic indigenous salt was kept suspended over a hearth until completely dry and was well stored for possible use.

KEYWORDS: test, manufacturing, indigenous salt, plantain.

RESUME: Cette recherche a été réalisée à partir de six échantillons de peaux de bananes provenant des six communes de la ville de Kinshasa en République Démocratique du Congo, en vue de fabriquer le sel indigène.

Ces échantillons de masses déterminées, séchés au soleil pendant une semaine, calcinés à l'air libre ont donné des cendres plus ou moins homogènes qui, dissoutes dans H_2O distillée chaude dans des béchers de volume variables (500, 600mL), puis filtrés ont permis d'obtenir des filtrats. Ceux-ci, soumis au chauffage à 300° C et à l'évaporation ont permis d'obtenir des produits finis de masses variant entre 5 à 9 g, pour des durées allant de 1h30 à 3h.

Le sel indigène hygroscopique, était maintenu suspendu au-dessus d'un foyer jusqu'à ce qu'il soit complètement sec et a été bien gardé pour l'utilisation éventuelle.

MOTS-CLEFS: essai, fabrication, sel indigène, banane plantain.

1 INTRODUCTION

1.1 PROBLÉMATIQUE

Depuis toujours, dans nos villages, nos ancêtres connaissaient l'usage des deux sels: l'un en forme de pierre solide plus au mois gris, de saveur douce servait à nourrir les animaux domestiques; c'est le sel gemme NaCl. L'autre sous forme de poudre blanche fine, de saveur très piquante, était destiné à la consommation pour assaisonner la nourriture [1].

Dans les communautés aussi bien rurales qu'urbaines, il y a une forte demande en sel de cuisine pour l'industrie culinaire. Malheureusement, la quantité disponible sur le marché ne peut en aucun cas satisfaire la forte demande des ménages [2].

Etant donné les ressources végétales disponibles dans les milieux ruraux, il est possible de proposer une méthode de fabrication du sel indigène à partir de ces végétaux en l'occurrence, le bananier [3].

Nous avons choisi le sel indigène, très soluble, pour sa fabrication locale afin de répondre à la demande sus-évoquée, et tenter d'en déterminer la structure chimique et par voie de conséquence, sa formule brute.

Tout ce qui dérive de cette plante tel que les peaux des bananes plantains servent à sa préparation.

Quant à la préparation de la lessive d'où dérive ce sel, elle sera obtenue à partir des peaux des bananes plantains adulées dans la ville province de Kinshasa et dans les provinces.

Ce sel est tout blanc lorsqu'il est bien préparé, tandis qu'il est plus au moins brun, si la préparation n'est pas bonne à cause peut être de la mauvaise calcination ou de la mauvaise cristallisation. Étant très hygroscopique, ce produit a sa teneur en humidité variable de 1 à 2%. [4], [5]

Au regard de la problématique soulevé ci-haut, la question principale suivante est posée: « le sel indigène peut-il être fabriqué à partir des peaux de bananes plantains ? »

Ce questionnement soulève la question secondaire ci-après: le rendement de fabrication de ce sel pourrait-il répondre aux besoins en sel des populations rurales ?

1.2 HYPOTHÈSES DE RECHERCHE

L'hypothèse répondant à la question principale postule que les peaux de bananes plantains pourraient permettre la fabrication du sel indigène.

S'agissant de la question secondaire, le rendement amélioré de l'opération pourrait répondre aux besoins en sel pour les populations rurales.

1.3 OBJECTIFS

1.3.1 OBJECTIF GÉNÉRAL

L'objectif général de cette recherche est d'essayer de fabriquer le sel indigène partant des peaux de bananes plantains.

1.3.2 OBJECTIFS SPÉCIFIQUES

Les objectifs spécifiques de cette étude sont les suivantes:

- Essayer de fabriquer le sel indigène à partir des peaux de bananes plantains;
- Améliorer le rendement de la fabrication du sel indigène afin de répondre aux besoins économiques des populations rurales.

1.4 CHOIX ET INTÉRÊT DU SUJET

La pénurie en sel indigène en milieu rural a motivé le choix de ce sujet de recherche. L'étude revêt un triple intérêt:

Sur le plan technologique: Contribuer à l'amélioration du rendement de fabrication du sel indigène afin de répondre aux besoins des populations rurales.

Sur le plan scientifique: Produire des connaissances sur le sel indigène indispensables pour la communauté scientifique.

Sur le plan économique: Contribuer à mettre sur le marché le sel indigène produit pour la consommation des ménages et d'autres usages habituels.

1.5 DOMAINE DE RECHERCHE

Ce travail de recherche s'inscrit dans le champ de la chimie inorganique industrielle.

1.6 DÉLIMITATION DE L'ÉTUDE

Sur le plan spatial, la recherche s'est déroulée dans la ville province de Kinshasa d'où ont été sélectionné les échantillons pour la fabrication et les analyses.

Sur le plan temporel, elle a couvert la période allant de juin 2023 à février 2024.

2 METHODOLOGIE

2.1 CONTEXTE DE L'ÉTUDE

Il s'agit d'une étude expérimentale quantitative qui consiste à fabriquer à partir du matériel végétal le sel indigène.

2.2 MÉTHODES

Le schéma pour l'obtention des cendres d'abord et de la lessive ensuite, est à quelques exceptions près, le même que celui de la préparation traditionnelle du sel indigène dans nos villages ou encore à Kinshasa.

L'analyse chimique quantitative a été réalisée pour déterminer la concentration en chlorures et des sulfates dans les échantillons en les comparant aux normes scientifiques de référence.

Des réactifs appropriés ont été utilisés avec des protocoles expérimentaux spécifiques. Une fois cette préparation de sel indigène terminée, tous les échantillons ont été rassemblés et apprêtés pour les analyses au laboratoire.

2.3 ÉCHANTILLONNAGE

Les échantillons des peaux de bananes ont été sélectionnés dans différents marchés de Kinshasa occasionnelle.

Ces échantillons ont été préparés en achetant les bananes plantains dans six marchés de la ville de Kinshasa.

L'échantillonnage a consisté à trouver les principales matières premières qui ne sont autres que les peaux des bananes plantains sélectionnées.

Les six échantillons préparés provenaient des bananes plantains achetées dans différents marchés (ou sites) de la ville de Kinshasa notamment les marchés de Pascal, Baramoto, Matadi-Kibala, UPN, Selembao et Pompage.

10 peaux de bananes plantains ont été pris avec une longueur variant de 18 à 21cm et une largeur de 5 à 6cm avec une masse variant de 578 à 724g pour chaque site avant séchage.

2.3.1 PRÉSENTATION DES ÉCHANTILLONS

Tableau 1. Présentation des échantillons

N° échantillon	Lieu d'obtention	Code
1	Echantillon du marché Pascal	ECH1
2	Echantillon du marché de Baramoto	ECH2
3	Echantillon du marché Matadi Kibala	ECH3
4	Echantillon du marché UPN	ECH4
5	Echantillon du marché Selembao	ECH5
6	Echantillon du marché Pompage	ECH6

Source: notre étude

2.3.2 MÉTHODES

2.3.2.1 METHODE DE FABRICATION DE SEL INDIGENE

A. Matériels

- Un Filtre
- Un flacon bouché
- 2 Bêchers de 500mL et 600 mL
- Une plaque chauffante
- Une balance analytique marque SARTORIUS
- Creuset en métal

B. Réactif

- Eau distillée

C. Protocole expérimental

- Prendre 10 peaux de bananes plantains qui mesurent 18 à 21cm de longueur et 5 à 6 cm de largeur avec une masse variant de 562 à 724 g avant séchage;

- Sécher pendant 4 à 7 Jours au moins en fonction du climat, peser après séchage;
- Calciner à l'air libre jusqu'à l'obtention des cendres plus au moins homogènes, peser après calcination;
- Dissoudre la quantité obtenue dans 300 à 500 mL d'eau distillée chaude dans un bécher de 500 à 600 mL;
- Filtrer avec un papier filtre ou avec une paille pour obtenir les filtrats, ensuite chauffer les filtrats à une température de 300°C dans un bécher de 500 ou 600ml pendant 1h30' à 3h;
- Après l'évaporation, quand la solution est presque sursaturée par concentration, retirer du feu ces concentrats, et les placer dans un creuset en métal en chauffant doucement à une température variant entre 30 à 70°C pendant 15 à 30 minutes. Le sel indigène ainsi obtenu est tout blanc;
- Le sel indigène étant hygroscopique, le maintenir suspendu au-dessus d'un foyer jusqu'à ce qu'il soit complètement sec et le garder pour l'utilisation éventuelle.

2.3.2.2 MÉTHODES D'ANALYSE

Les méthodes d'analyse quantitative sont utilisées pour mettre en évidence les ions chlorure dans notre sel indigène obtenu. Il est question des méthodes classiques d'analyse dont la volumétrie et la diffractométrie faisant intervenir le diffractomètre aux rayons X.

A. Volumétrie

PRINCIPE:

La volumétrie est une méthode basée sur la réaction de deux solutions dont l'une renferme le réactif à concentration connue et l'autre, la substance à doser. Elle consiste à déterminer le volume qu'il faut utiliser de la première solution pour réagir exactement avec un volume déterminé de la seconde solution [7].

Dans ce travail, les méthodes de Fajans et de Mohr ont été utilisées pour la mise en évidence des ions chlorures. En voici les principes: [8], [9].

MÉTHODE DE FAJANS:

Elle consiste à doser les chlorures par la lumière diffuse en présence de la fluorescéine comme indicateur.

MÉTHODE DE MOHR:

Elle consiste à doser les chlorures par $AgNO_3$ 0,1M en présence de chromate de potassium (K_2CrO_4) comme indicateur.

B. Gravimétrie

PRINCIPE:

La gravimétrie est une méthode d'analyse par pesée qui consiste à séparer l'élément à doser sous forme d'un composé aussi peu soluble que possible et de constitution chimique connue [7].

De la masse obtenue, on déduit facilement le titre du composé. Dans la présente étude, il a été fait recours à cette méthode pour le dosage des sulfates sous forme de $BaSO_4$ Bruns que ceux préparés à domicile.

Ce phénomène de la différence de coloration, peut être expliqué par le fait que la cristallisation était brutale alors que dans la méthode traditionnelle, le chauffage est généralement doux.

2.4 CONTROLE DE QUALITE SEL INDIGENE EXTRAIT

2.4.1 DÉTERMINATION DES CHLORURES,

A. Matériels

- Etuve marque HERAEUS à 110°C
- Balance analytique marque SARTORIUS
- 2 Ballons jaugés de 200 ml
- 2 Bêchers de 250 ml
- Erlenmeyers de 250 ml

- Pissette
- Pipette graduée de 25 ml
- Burette graduée de 50 ml
- Agitateur
- Statif
- Verre de montre

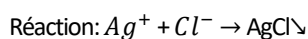
B. Réactifs

- Sel minéral indigène
- Solution de AgNO_3
- H_2O Distillée

Indicateurs: solutions de fluorescéine et de chromate de potassium.

La détermination de chlorures a été réalisée à l'aide des méthodes volumétriques de Fajans et de Mohr.

- Le nitrate d'argent (AgNO_3) précipite le chlorure d'argent blanc caillebotté insoluble dans l'acide nitrique (HNO_3) concentré mais facilement soluble dans l'ammoniaque (NH_4OH).



C. Protocole expérimental

- Sur un verre de montre, peser environ exactement 0,5g de sel que l'on dissout dans 100 mL d'eau contenue dans un bêcher de 250 mL, muni d'un agitateur;
- Transférer cette solution dans un ballon de 200 mL et remplir avec de l'eau distillée jusqu'au trait de jauge, puis agiter pendant quelques minutes;
- Pipeter 25 ml de cette solution et verser dans un erlenmeyer de 200 mL;
- Ajouter deux gouttes d'indicateur (fluorescéine dans le cas de la méthode de Fajans et chromate de potassium pour celle de Mohr);
- Titrer avec AgNO_3 0,1M Contenu dans une burette graduée. Au voisinage du point d'équivalence, le précipité commence à coaguler
- Continuer le titrage en agitant jusqu'à ce que le précipité devienne rose saumon

2.4.2 DÉTERMINATION DES SULFATES

A. Matériels

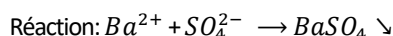
- Balance analytique
- 2 Ballons jaugés de 100 ml et de 200ml,
- Papier filtre
- Entonnoir
- Statif
- Spatule
- 4 Creusets en platine,
- Verre de montre
- Burette graduée de 50 mL
- Pipette graduée de 50 mL
- Pissette,
- Béchers de 250 mL et de 500 mL
- Chronomètre

B. Réactifs

- Sel minéral indigène
- Solution de BaCl_2 à 10 %
- Eau distillée
- Solution concentrée de HNO_3

La détermination des sulfates a été faite à l'aide de la gravimétrie.

- Le chlorure de Baryum ($BaCl_2$) donne par réaction avec les solutions contenant l'anion SO_4^{2-} , un précipité blanc de sulfate de baryum ($BaSO_4$) insoluble dans les acides, qui se prête bien au dosage gravimétrique.



C. Protocole expérimental

- Sur un verre de montre, peser environ exactement 1g de sel indigène que l'on dissout dans 100 mL d'eau distillée contenue dans le bécher de 400ml muni d'un agitateur et d'un verre de montre;
- Transférer cette solution dans un ballon de 200ml et remplir avec de l'eau distillée jusqu'au trait de jauge, puis agiter pendant quelques minutes;
- Pipeter 50ml de cette solution et verser dans un bécher de 250mL puis ajouter 3ml de HCl concentré;
- Chauffer la solution ainsi obtenue jusqu'à l'ébullition et ajouter ensuite, goutte à goutte, 10 mL de $BaCl_2$ à 10%, contenue dans une burette, tout en agitant constamment le contenu du bécher il se forme un précipité blanc;
- Laisser reposer la solution pendant quelques minutes puis agiter un peu de temps en temps, et enfin, laisser déposer;
- Contrôler si le précipité est complet, en ajoutant quelques gouttes de la solution de $BaCl_2$ à la solution claire surnageant;
- S'il y a encore formation de précipité, ajouter encore 3 ml de réactif, laisser de nouveau reposer et déposer et contrôler à nouveau si le précipité est complet;
- Répéter ce procédé jusqu'à ce qu'il ne se forme plus de précipité;
- Laisser déposer alors la solution pendant 1 heure, la laisser couverte avec son verre de montre et la maintenir chaude sur un bain de sable ou sur une petite flamme de bec bunsen, sans toutefois la laisser bouillir, ceci pour que le précipité soit complet;
- Ensuite la laisser déposer à froid pendant 5 minutes environ. En ôtant le verre de montre, rincer la partie inférieure au-dessus du bécher, avec un jet d'eau distillée de la pissette. Si on a travaillé soigneusement, le précipité se dépose facilement et on obtient une solution claire surnageant;
- Ajouter encore deux gouttes de la solution de $BaCl_2$ à 10 % pour contrôler si le précipité est complet;
- Et s'il ne se forme pas de précipité, filtrer la solution à travers le papier filtre sans cendres pour le $BaSO_4$;
- Recueillir le filtrat dans un bécher propre, rincer le récipient avec de l'eau distillée chaude et porter à nouveau sous l'entonnoir pour éviter de devoir refiltrer toute la solution au cas où il passerait un peu de précipité par le filtre;
- Ramasser les derniers restes de précipité sur la paroi du bécher et sur l'agitateur avec une baguette en verre munie d'un bout de caoutchouc qu'on rince ensuite au-dessus du filtre avec de l'eau distillée chaude de la pissette;
- Laver le précipité avec des petites quantités d'eau distillée chaude et laisser égoutter les eaux de lavage, avant d'ajouter une nouvelle quantité;
- Laver ainsi jusqu'à ce que 5 mL des eaux de lavage ne donnent plus d'opalescence avec deux gouttes de solution de $BaCl_2$;
- Plier le papier filtre avec le précipité et laisser sécher dans l'étuve à 100 °C pendant une demi-heure;
- Le mettre dans un creuset en platine préalablement taré et chauffer doucement pour charbonner le papier (sans le laisser s'enflammer) puis transférer au four à 100°C jusqu'à ce que la paroi du creuset soit blanche;
- Peser trois fois de suite pendant au moins 20 minutes et à chaque pesée, retirer le creuset du four et le laisser refroidir dans un dessiccateur pendant 3 minutes. Il faut peser jusqu'à poids constant;
- Calculer le poids du précipité par différence.

2.4.3 ETUDE PAR DIFFRACTOMÉTRIE

PRINCIPE:

La diffractométrie exploite les informations fournies par la diffusion cohérente du rayonnement incident dans les matériaux cristallisés dont les renseignements obtenus sont d'ordre géométrique:

- Structure de la matière, c'est-à-dire, paramètres du réseau cristallin et distribution des atomes dans la maille (diffraction des rayons X, électrons et neutrons).
- Propriétés morphologiques invisibles à l'œil et au microscope optique (microscope électroniques).

C'est l'aspect ondulatoire des rayonnements qui prévaut dans cette méthode.

Cette méthode est basée sur la relation de BRAGG: $2d \sin \theta = n\lambda$. Cette équation comporte 3 paramètres: d (h k l), θ = $n\lambda$, dont le premier est déterminé par la nature du cristal. Pour réaliser les conditions de diffraction sur une famille de plans (h k l), Un seul de deux paramètres restant θ et λ peut être arbitrairement fixé, l'autre étant nécessairement variable; le choix du paramètre variable déterminera deux groupes de méthodes de diffraction:

- θ fixe, λ variable, méthode de LAUE
- λ fixe, θ variable: méthode des poudres et méthode du cristal tournant [10]

A. Matériels

- Diffractomètre des rayons X type PW 1050
- Mortier
- Pilon
- Goniomètre
- Verre de montre
- Verre creux rectangulaire de 4,5cm de long et de 2cm de large

B. Réactifs

- Sel indigène
- KCl pur
- K_2SO_4 pur

C. Protocole expérimental

- Broyer le sel indigène dans un mortier à l'aide d'un pilon jusqu'à l'obtention d'une poudre très fine;
- Transférer une quantité convenable sur un verre creux de forme rectangulaire de 4,5cm de long et de 2 cm de large;
- A l'aide d'un autre verre plus grand que le premier, l'appliquer sur celui-là pour former une couche bien plane, de l'échantillon que l'on étudiera les caractéristiques;
- Mettre ce verre avec l'échantillon au goniomètre sur la fluorescence des rayons X.

CALCUL DU RENDEMENT D'UNE SYNTHÈSE

Le rendement permet d'évaluer le bon déroulement d'une synthèse. Son calcul permet également de vérifier si la réaction est totale ou équilibrée. Enfin, il peut être utile pour comparer deux voies de synthèse d'une espèce chimique [8].

$$R = \frac{m_{obt}}{m_{max}} \times 100$$

Où m_{obt} : masse du produit effectivement obtenu

m_{max} masse maximale (de la matière de départ)

3 PRESENTATION DES RESULTATS ET DISCUSSION

3.1 PRÉSENTATION DES RÉSULTATS

3.1.1 RENDEMENTS DE FABRICATION DU SEL INDIGÈNE

Tableau 2. Masses des échantillons à chaque étape

Echantillons	Masse avant séchage en g	Masse après séchage en g	Masse après calcination en g	Masse après fabrication en g
1	614	157	38,3	6
2	687	192,1	49,1	8,1
3	724	242,3	60,4	9
4	701	214	53,7	8,7
5	562	136,4	34,6	5
6	653	169,3	42	7
Total	3941	1111,1	278,1	43,8

Eu égard à nos rendements après la fabrication pour les six échantillons de 3941g avant séchage, 1111,1g après séchage, 278,1g après calcination, nous obtenons une masse de 43,8g après fabrication.

Tableau 3. Rendements de fabrication du sel indigène

Echantillons	Masse avant séchage en g	Masse après fabrication en g	Rendement
1	614	6	0,98 %
2	687	8,1	1,18%
3	724	9	1,24%
4	701	8,7	1,24 %
5	562	5	0,77 %
6	653	7	1,07 %
Total	3941	43,8	1,11 %

Au regard de ce tableau, il se dégage que le rendement global est faible car sur une masse de matière première de départ (peaux de bananes) de 3941 g, la quantité de sel indigène obtenu après fabrication est de 43,8 g. Ce qui donne un rendement de 1,11%.

Cependant les rendements supérieurs sont ceux des échantillons 3 et 4 des marchés Matadi Kibala et UPN.

3.1.2 DÉTERMINATION DES CHLORURES

Tableau 4. Résultats du dosage des ions Cl^- par $AgNO_3$ 0,1M par Fajans

Echantillons	Prise d'essai	Volume de la solution en mL	Méthode de Fajans Volume de $AgNO_3$ 0,1M en mL	Moyenne du volume de $AgNO_3$ 0,1M en mL
1	1	25	2,7	2,7
	2	25	2,8	
	3	25	2,6	
	4	25	2,7	
	5	25	2,7	
2	1	25	2,2	2,2
	2	25	2,1	
	3	25	2,2	
	4	25	2,2	
	5	25	2,3	
3	1	25	2,5	2,5
	2	25	2,7	
	3	25	2,5	
	4	25	2,6	
	5	25	2,4	
4	1	25	2,4	2,5
	2	25	2,4	
	3	25	2,6	
	4	25	2,4	
	5	25	2,5	
5	1	25	2,6	2,6
	2	25	2,5	
	3	25	2,7	
	4	25	2,6	
	5	25	2,6	
6	1	25	2,7	2,8
	2	25	2,7	
	3	25	2,9	
	4	25	2,8	
	5	25	2,7	

Tableau 5. Résultats du dosage des ions Cl^- par $AgNO_3$ 0,1M par Mohr

Echantillons	Prise d'essai	Volume de la solution en mL	Méthode de Mohr Volume de $AgNO_3$ 0,1M en mL	Moyenne du volume de $AgNO_3$ 0,1M en mL
1	1	25	2,10	2,3
	2	25	2,11	
	3	25	2,10	
	4	25	2,9	
	5	25	2,10	
2	1	25	3,2	3,2
	2	25	3,2	
	3	25	3,4	
	4	25	3,0	
	5	25	3,2	
3	1	25	2,9	2,7
	2	25	2,10	
	3	25	2,9	
	4	25	2,9	
	5	25	2,8	
4	1	25	3,0	3,0
	2	25	3,2	
	3	25	3,0	
	4	25	3,0	
	5	25	3,0	
5	1	25	2,9	2,6
	2	25	2,8	
	3	25	2,10	
	4	25	2,9	
	5	25	2,10	
6	1	25	3,1	3,1
	2	25	3,0	
	3	25	3,2	
	4	25	3,2	
	5	25	3,0	

3.1.3 ETUDE PAR DIFFRACTOMÉTRIE

Tableau 6. Résultats de la diffractométrie des pics

Echantillons Pics	I	II	III	IV	KCl Pur	K ₂ SO ₄ Pur	V	VII
1	28,5	28,6	28,5	28,8	28,6	17,8	17,8	17,8
2	31,8	31,7	28,5	28,8	28,6	21,5	21,4	21,4
3	40,8	40,8	40,7	40,9	40,7	28,6	28,6	28,6
4	50,3	50,3	50,4	50,7	50,4	29,9	30	29,9
5	58,8	58,8	58,8	59,1	58,7	30,9	30,9	30,9
6	66,4	66,6	66,5	66,7	66,4	31,2	31	31,8

3.2 DISCUSSION DES RÉSULTATS

3.2.1 DÉTERMINATION DES CHLORURES

CALCUL DU POURCENTAGE

Les Résultats obtenus dans le tableau sont présentés sous une formule.

La réaction chimique globale est: $Ag^+ + Cl^- \rightarrow AgCl \downarrow$

- 1mL de Ag^+ = 1ml de Cl^- parce que les deux sont des ions monoatomiques
- Donc, 1mL de Ag^+ = $M \times V = 0,1 \times 2.7 = 0,27$ mL
- 25mL de la solution contiennent 0,27mL de Cl^-
- 1mL de la solution contient: $0,27mL \times \frac{1mL}{25mL}$
- 200mL de la solution contiennent $\frac{0,27mL \times 1mL \times 200mL}{25mL} = 2,16$ mL de Cl^-
- Or, 1000ml de Cl^- correspondent à $\frac{35,457g \times 2,16mL}{1000mL} = 0,76g$ de Cl^-
- Les pourcentages de la quantité de Cl dans l'échantillon comme 0,5g ont été dissous dans 200mL est égal à $\frac{0,76 \times 100}{0,5ml} = 15,2\%$

N.B: Les pourcentages pour tous les autres échantillons obtenus de la même manière sont consignés dans le tableau.

Tableau 7. Résultats en pourcentage de la détermination de chlorure par la méthode de Fajans

Echantillons	Prise d'essai	Méthode de Fajans en pourcentage	Moyenne en pourcentage
1	1	15,2	15,4
	2	15,8	
	3	15,7	
	4	15,2	
	5	15,2	
2	1	12,4	12,4
	2	11,9	
	3	12,4	
	4	12,4	
	5	13,0	
3	1	16,4	16,4
	2	15,8	
	3	15,9	
	4	16,4	
	5	16,4	
4	1	13,6	13,9
	2	13,6	
	3	14,7	
	4	13,6	
	5	14,1	
5	1	14,7	14,7
	2	14,1	
	3	15,2	
	4	14,7	
	5	14,7	
6	1	14,7	15,4
	2	14,7	
	3	16,4	
	4	15,8	
	5	15,2	

Tableau 8. Tableau récapitulatif des résultats exprimés en pourcentages massiques de tous les éléments

Echantillons Eléments	I	II	III	IV	V	VI
K^+	28,5	28,6	28,5	28,8	17,8	17,8
Cl^-	48	54,0	54	54	55	58
SO_4^{2-}	13,7	15,2	15,8	15,4	15,4	16,3
TOTAL	90,2	97,8	98,3	98,2	88,2	92,1

Eu égard à ces résultats des analyses effectuées, au tableau récapitulatif, il est constaté que ce sel est essentiellement composé de potassium, de chlore et de sulfate. Ce produit contient également en quantité relativement très faible, de sodium, calcium et magnésium qui s'y trouvent sous forme de traces.

En faisant la somme de pourcentages de ces éléments analysés, les valeurs obtenues s'approchant 100%. Le % manquant pourrait-être attribué à l'humidité.

Ces écarts peuvent s'expliquer soit par la mauvaise calcination, soit par la pesée, soit au niveau de la cristallisation.

Il a également été constaté que les échantillons 2, 3, 4 et 6 donnent des résultats appréciables tandis que les échantillons 1 et 5, présentent des valeurs un peu faibles par rapport aux autres valeurs.

4 CONCLUSION

Le sel indigène extrait des végétaux, précisément la banane Plantain, qui est un produit minéral, est bien connue dans nos régions. La question de la détermination de ses constituantes qui se posait naguère, est néanmoins résolue.

Nos analyses confirment que ce sel est essentiellement constitué de potassium, du chlore et de sulfate. Cependant, les autres éléments ne s'y trouvent qu'en très faibles teneurs ou sous forme des traces.

Il ressort des résultats obtenus, que la structure chimique de ce sel indigène pourrait être de la forme d'un sel double de chlorure et de sulfate de potassium ($KCl K_2SO_4 H_2O$).

Des études antérieures similaires, menées sur le sel indigène [1], [2] ont démontré que la quantité de sodium est très faible et négligeable contrairement à celle du chlore et du potassium.

Ceci permet de conclure que ce sel est mieux indiqué pour les malades souffrant d'hypertension artérielle. (HTA)

Des contraintes temporelles et matérielles n'ont pas permis d'obtenir des quantités conséquentes de sel indigène. Ceci suggère des études sur la possibilité de fabrication à grande échelle de sel indigène qui a une importance physiologique non négligeable. La projection de l'intensification de la culture des bananes plantains est recommandée pour réussir le pari.

Enfin, nous il n'y a aucune prétention d'avoir réalisé un travail parfait compte tenu des contraintes évoquées ci-haut et du contexte de la recherche

Des observations et recommandations des lecteurs du présent article seront volontiers pris en compte pour une étude à large échelle.

REFERENCES

- [1] BOETSA, E., Détermination de la formule du sel minéral dit « Mukela Musunsuma » extrait des végétaux cas de palmier à huile, CRPA (centre de recherche de pédagogie appliquée), volume. XIII n-1-4, IPN, Kinshasa, 1997.
- [2] MUKENDI, M., *Contribution à l'étude des constituants du sel minéral dit « Mukela Musunsuma »*, centre de recherche de pédagogie Appliquée, Attestation de publication n-52, IPN, Kinshasa, 1990.
- [3] ABEELE, M et VAN DE PUT, R., *Principales cultures du Congo*, Édition Révisé, Bruxelles, 1985.
- [4] BOFETE, I., Préparation traditionnelle du sel indigène, source orale et information personnelle, TFE, IPN, Kinshasa, 1982.
- [5] MAFUTA, N., *Préparation de sel indigène*, TFE, IPN, Kinshasa, 1982.
- [6] DE AGUIRE; VAN WIEL, A-M., *Introduction à la chimie générale, Tome 2 Chimie minérale*, Bruxelles, De Boeck Université, 1988.
- [7] DESSART, A; JODOGNE, J; PAUL, J., *Chimie analytique*, Bruxelles, De Boeck édition, 10^{ème} édition, 1973.
- [8] BEAUNIVEAU, E; DORMIEUX, J-L; HONNORAT, C; RAMEL, E., *Chimie, Techniques expérimentales CPGE scientifiques et Concours, Travaux pratiques*, Paris, Vuibert, 2019.
- [9] BLETRY, M; PRESSET, M., *Chimie des solutions; De l'élémentaire aux calculs numériques*, Bruxelles, De Boeck Supérieur, 2019.
- [10] ATKINS. DE PAULA & KEELER, *Chimie physique*, Bruxelles, De BOECK supérieur, 2021.

L'exploration proportionnelle de l'anémie ferriprive chez les femmes en âge de procréer reçues en consultation à l'Open Clinic de Kinshasa

[Proportional exploration of iron deficiency anemia in women of childbearing age received in consultation at the Kinshasa Open Clinic]

Jean-Pierre Kimbuya Lutonadio¹ and Nadeane Yange²

¹Docteur en Didactique de la chimie & Evaluation, Département de chimie, Faculté des Sciences, Université Pédagogique Nationale, Kinshasa, RD Congo

²Licencié en Biologie médicale, Département de Biologie médicale, Faculté des sciences de la santé, Université Pédagogique Nationale, Kinshasa, RD Congo

Copyright © 2024 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 research is devoted to the proportional exploration of iron deficiency anemia in women of childbearing age consulted at the Open Clinic of Gombe in the city of Kinshasa in Democratic of Congo.

The study confirms high prevalence (20%) of iron deficiency anemia in female subjects who started gynecological activities, which knowledge makes it possible to establish adequate therapeutic care within our hospital structures. It also confirms that the biological analysis of markers of iron metabolism would allow the identification of iron deficiency in women of childbearing age.

The results concerning the analysis of blood samples, in particular ferritin, hemoglobin and the determination of the Mean Globular Volume (MCV) made it possible, in the context of the study, to identify iron deficiency in women of childbearing age from the selected sample.

KEYWORDS: exploration, proportion, anemia, iron deficiency anemia, women of childbearing age.

RESUME: La présente recherche est consacrée à l'exploration proportionnelle de l'anémie ferriprive chez les femmes en âge de procréer, consultées à l'Open Clinic de la Gombe dans la ville de Kinshasa en République démocratique du Congo.

L'étude confirme la prévalence importante (20%) de l'anémie ferriprive chez les sujets féminins ayant commencé les activités gynécologiques dont la connaissance permet d'établir une prise en charge thérapeutique adéquate au sein des structures hospitalières. Elle confirme aussi que l'analyse biologique des marqueurs du métabolisme du fer permettait l'identification de la carence martiale chez les femmes en âge de procréer.

Les résultats concernant l'analyse des échantillons de sang, notamment la ferritine, l'hémoglobine et la détermination du Volume Globulaire Moyen (VGM) ont permis dans le contexte de l'étude d'identifier la carence martiale chez les femmes de l'échantillon, en âge de procréer.

MOTS-CLEFS: exploration, proportion, anémie, anémie ferriprive, femmes en âge de procréer.

1 INTRODUCTION

1.1 PROBLÉMATIQUE

L'anémie ferriprive est la forme d'anémie la plus répandue. Selon l'organisation mondiale de la santé (OMS) plus de 30% de la population mondiale souffre d'anémie. La moitié de ces cas serait attribuable à une carence en fer notamment dans le pays en voie de développement.

En Amérique du nord et en Europe, on estime que 4 à 8% des femmes en âge de procréer ont une carence en fer [2].

En Afrique de l'Ouest et au sahel, quatorze pays y ont une prévalence, chez les femmes en âge de procréer supérieur à 40% [2].

En République Démocratique du Congo (RDC), près de 50% de femmes en âge de procréer souffrent de l'anémie ferriprive [6]. Les conséquences pour les femmes enceintes, particulièrement les adolescents, sont lourdes, car leurs besoins en fer sont plus importants, du fait de leur propre croissance, en plus de la croissance du fœtus.

Non seulement l'anémie a un impact sur la bonne forme générale de femmes mais elle augmente également le risque de fausses couches, des accouchements difficiles, de mortalité de la mère et de difficultés à l'allaitement. Elle a également un impact sur le développement du fœtus qui peut naître anémié, prématuré ou trop petit [2].

Au regard de l'ampleur du problème, il est important de redoubler d'efforts pour formuler et mettre en œuvre des programmes de prévention et de lutte contre l'anémie. Il est capital, lorsqu'on met sur pied de tels programmes pour bien comprendre les différences entre l'anémie, l'anémie ferriprive et de savoir que l'anémie peut avoir pour cause des carences ou problèmes nutritionnels ou des maladies inflammatoires/infectieuses ainsi que les hémorragies sang [3].

L'identification d'une carence martiale (carence en fer) est possible grâce à l'analyse biologique des marqueurs du métabolisme du fer.

La recherche d'une carence martiale constitue une des étapes essentielles dans l'exploration étiologique des anémies, en particulier les anémies microcytaires pour lesquelles une anémie ferriprive (anémie par carence martiale) et/ou inflammatoire est suspectée.

Au regard de tout ce qui précède nous nous sommes posés la question principale suivante: « Quelle serait la proportion de l'anémie ferriprive chez les femmes en âge de procréer ? ».

Cette interrogation soulève la question secondaire ci-après: « comment identifier une carence martiale (carence en fer) chez les femmes en âge de procréer ? ».

1.2 HYPOTHÈSES

L'hypothèse principale stipule que l'exploration proportionnelle de l'anémie ferriprive montrerait un seuil supérieur ou égal à 20% chez les femmes en âge de procréer.

La réponse à la question secondaire est la suivante: l'analyse biologique des marqueurs du métabolisme du fer permettrait l'identification de la carence martiale chez les femmes en âge de procréer.

1.3 OBJECTIFS

1.3.1 OBJECTIF GÉNÉRAL

L'objectif poursuivi dans cette étude consiste à explorer la proportion d'anémie ferriprive chez les femmes en âge de procréer.

1.3.2 OBJECTIF SPÉCIFIQUE

L'objectif spécifique de l'étude est d'analyser biologiquement les marqueurs du métabolisme du fer.

1.4 CHOIX ET INTÉRÊT DU SUJET

Le choix du sujet est motivé par le souci de contribuer à la prévention de l'anémie ferriprive qui se révèle un sérieux problème de santé publique.

La présente étude revêt un double intérêt :

Intérêt scientifique: contribuer à l'apport des connaissances sur la question de l'anémie en général et l'anémie ferriprive en particulier en vue d'aider la communauté scientifique des biologistes médicaux et des chimistes cliniciens dans l'étude des problèmes connexes.

Intérêt médical: contribuer à fournir des informations aux personnels de santé sur la prévention de l'anémie ferriprive en vue de protéger la santé maternelle et celle du nouveau-né afin d'une prise en charge efficiente des sujets affectés.

1.5 DOMAINE DE RECHERCHE

La présente étude s'inscrit dans le champ des sciences de la santé particulièrement en biologie médicale et dans la spécialité d'hématologie biologique.

1.6 DÉLIMITATION SPATIO-TEMPORELLE DE L'ÉTUDE

Dans l'espace, cette étude a été réalisée à l'Open Clinic dans la zone de santé de Gombe.

Sur le plan temporel, il s'est déroulé dans la période allant du mois d'avril au mois de septembre 2022.

2 METHODOLOGIE

2.1 CONTEXTE DE L'ÉTUDE

Il s'agit d'une étude rétrospective portant sur le dosage de ferritine, dosage de l'hémoglobine ainsi que le Volume Globulaire Moyen (VGM) des échantillons du sang en vue de mettre en évidence la quantité de la ferritine. Les observations analysées sont colligées au niveau service d'hématologie clinique à l'Open Clinic.

2.2 MÉTHODES

2.2.1 MÉTHODE DOCUMENTAIRE

Les données utiles à la conduite de cette étude ont imposé la constitution d'une bibliographie, d'une webographie ainsi que la consultation des registres de laboratoire disponibles à la clinique.

2.2.2 ÉCHANTILLONNAGE

2.2.2.1 POPULATION CIBLE

Elle est constituée des patients reçus en consultation à l'Open Clinic, au motif de symptôme d'une anémie.

2.2.2.2 PATIENTS INCLUS

Nous avons inclus dans cette étude des femmes ayant l'âge de procréer consentantes et dont la prescription mentionnait le dosage de ferritine.

2.2.2.3 PATIENTS NON INCLUS

Sont exclus tous les sujets femmes n'ayant pas répondu aux critères ci-dessus.

2.2.3 TAILLE DE L'ÉCHANTILLON

L'échantillon de l'étude était constitué de 50 sujets femmes en âge de procréer choisi de manière aléatoire systématique sur une liste de 105 personnes ayant été reçus pendant la période concernée par l'étude.

2.3 TECHNIQUES DE COLLECTE DES DONNÉES

Le laboratoire a fourni une liste comportant les informations cliniques et sociodémographiques de chaque femme en âge de procréer. Aucune liste nominative de patients n'a été transmise. Une information sur la méthodologie de l'étude ainsi qu'un engagement sur le respect de la confidentialité des données des sujets de l'échantillon a été envoyée à l'Open Clinic.

Les données socio-démographiques, le taux de l'hémoglobine, le VGM et le taux de la ferritine ont été recensés chez toutes les femmes incluses dans l'étude. Pour cette étude, une check-list comprenant les variables précitées a été utilisée.

Pour le prélèvement du sang des échantillons, il a été procédé à la ponction veineuse décrite ci-après:

2.3.1 PRINCIPE

Elle consiste à réaliser dans la veine à l'endroit choisi une piqûre franche afin de retirer une quantité désirée du sang total.

Les endroits de la prise du sang veineux sont:

- Les veines de l'avant- bras;
- Les veines du dos de la main;
- Les veines du pied;
- Les veines branchiales;
- Les veines céphaliques et du cou.

2.3.1.1 TECHNIQUE DE PRELEVEMENT DU SANG VEINEUX

- Laisser la patiente couchée sur le dos c'est-à-dire, en décubitus dorsale ou bien laisser le bras sur un support (table de prélèvement) et ne jamais prélever en position debout;
- Placer le garrot en le serrant sur le bras pour permettre d'accumuler le sang en amont du garrot;
- Imbiber une petite partie de l'ouate avec de l'alcool désinfecté l'endroit à piquer;
- A l'aide d'une aiguille ou une seringue, piquer sans hésitation (ne piquer que la veine visible la plus proche possible) en formant un angle de 20° entre l'endroit à piquer et la seringue avant d'atteindre la veine;
- Ne pas retirer le piston de la seringue très vite, une fois que le sang commence à pénétrer dans la seringue. En ce moment-là, desserrer légèrement le garrot pour recueillir le sang accumulé en amont;
- Enlever le garrot complètement avant de retirer l'aiguille.

2.4 TECHNIQUE D'ANALYSE DES DONNÉES

La saisie informatique des données était faite moyennant le logiciel Microsoft office Word version 2013.

Après la saisie des données recueillies, elles ont été analysées grâce à une feuille Excel 2013 série 5.0. Cette base de données était ensuite importée sur le logiciel d'analyse de données Epi-Info version 3.5.1, 2008 permettant d'effectuer ainsi les différentes analyses statistiques.

Le test utilisé est celui de khi-deux avec un niveau de signification de 0.05 (5%) et un intervalle de confiance de 95.

Les analyses biologiques des enquêtées étaient gratuites et gérées dans l'anonymat et les sujets étaient reçus et interrogés dans la confidentialité.

2.5 PARAMÈTRES ANALYTIQUES

2.5.1 DOSAGE DE LA FERRITINE

2.5.1.1 PRINCIPE

Le principe du dosage repose sur une immuno- détection par des anticorps spécifiques.

2.5.1.2 TECHNIQUE

- Transférer 30µL d'échantillon (sérum humain/ plasma, contrôle) à l'aide d'une pipette dans un tube contenant le tampon de détection;
- Fermer le couvercle du tube de tampon de détection et mélanger soigneusement l'échantillon en le secouant environ 10 minutes. (Le mélange de l'échantillon doit être utilisé immédiatement);
- Pipeter 75ul du mélange d'échantillon et le charger dans un puits d'échantillon sur la cartouche;
- Insérer la cartouche de test chargée d'échantillon dans la fente de l'i-chambre ou d'un incubateur (25°C);
- Laisser la cartouche chargée d'échantillon dans la chambre i ou un incubateur pendant 10 minutes; attention, numériser la cartouche chargée d'échantillon immédiatement, le temps d'incubation terminé, sinon cela entrainera un résultat de test inexact;
- Insérer la cartouche chargée de l'échantillon dans le porte-cartouche de l'instrument pour la numériser.

2.5.2 HÉMOGRAMME

Détermination des paramètres hématologiques sur l'automate Mindray.

2.5.2.1 PRINCIPE

Elle repose sur une cytolysé des leucocytes, le cytoplasme est libéré, la membrane plasmique se rétracte autour du noyau et les granulations. Le résultat final dépend de la taille du noyau, de lobularité et de granulations.

2.5.2.2 TECHNIQUE

- Aspirer l'échantillon de sang total sur la première sonde en appuyant sur le bouton d'aspiration;
- Introduire un bocal vide sur la deuxième sonde pour diluer en appuyant sur le même bouton;
- Appuyer ensuite sur le bouton "analyser", et le résultat apparait sur l'écran digital dans 2 minutes.

3 PRESENTATION DES RESULTATS ET DISCUSSION

Sous cette rubrique, sont présentés les résultats obtenus, leur analyse et la discussion s'y rapportant.

3.1 PRESENTATION DES RESULTATS

Durant la période d'étude, 50 femmes en âge de procréer ont été recensés. L'âge moyen est de 26,78±6,53 ans avec des extrêmes allant de 17 ans à 40 ans. Les résultats trouvés sont présentés dans les tableaux qui suivent.

Tableau 1. Répartition des enquêtées selon la tranche d'âge

Tranches d'âge (ans)	Fréquence	Pourcentage
17 – 24	21	42,0
25-32	19	38,0
33- 40	10	20,0
Total	50	100,0

Au regard de ce tableau, la tranche d'âge la plus représentative était celle de 17 à 24 ans avec 42,0% des cas. La moyenne d'âge était de 26,78±6,53 ans.

Tableau 2. Description selon le taux de la ferritine

Taux de ferritine (en mg/dL)	Fréquence	Pourcentage
Inférieur à 20	10	20,0
20 – 250	37	74,0
Supérieur à 250	3	6,0
Total	50	100,0

A la lecture de ce tableau, 74% de femmes ont un taux de la ferritine compris entre 20 et 250 mg/dL contre 20 %, inférieur à 20 mg/dL. Par ailleurs 6 % seulement ont un taux supérieur à 250.

Tableau 3. Répartition des enquêtées selon le taux de l'hémoglobine

Taux d'hémoglobine en (g/dL)	Fréquence	Pourcentage
11,5 – 13,0 (normal)	17	34,0
Inférieur à 11,5 (anémie)	33	66,0
Total	50	100,0

Ce tableau renseigne que la grande majorité de femmes incluses dans cette étude était anémique soit 66,0% de cas avec un taux moyen de l'hémoglobine de 10,6±1,46 g/dL

Tableau 4. Description des enquêtées selon le poids

Poids (en kg)	Fréquence	Pourcentage
42,8 – 52,2	14	28,0
52,3 - 61,7	21	42,0
61,8 -71,2	15	30,0
Total	50	100,0

A la lecture de ce tableau, 42 % des sujets ont un poids compris entre 52,3 et 61,7 kg. Le poids moyen des sujets était de 57,3±7,7 Kg.

Tableau 5. Répartition selon le volume globulaire moyen

Volume globulaire moyen en(fL)	Fréquence	Pourcentage
Microcytose	8	16,0
Normocytose	42	84,0
Total	50	100,0

D'après ce tableau, l'anémie microcytaire était observée chez 16 % des femmes en âge de procréer.

Tableau 6. Description du taux de la ferritine selon le taux de l'hémoglobine

Taux de l'hémoglobine (g/dL)			
Taux de la ferritine (mg/L)	11,5-13,0 (normal)	Anémie	TOTAL
Inférieur à 20	0 (0,0%)	10 (20,0%)	10 (20%)
2 à 20 (anémie)	14 (28,0%)	23 (46,0%)	37 (74,0%)
Supérieur à 25	3 (6,0%)	0 (0,0%)	3 (6,0%)
TOTAL	17 (34,0%)	33 (66,0%)	50 (100,0%)

Le taux de la ferritine était en dessous du seuil normal chez les patients anémiques avec 20,0% de cas. La différence statistique entre le taux de la ferritine et l'anémie était largement significative ($p=0,0037$).

Tableau 7. Taux de la ferritine selon le résultat du volume globulaire moyen en hémoglobine

Volume globulaire moyen en hémoglobine			
Taux de la ferritine (mg/L)	Microcytose	Normocytose	TOTAL
Inférieur à 20	8 (16,0%)	2 (4,0%)	10 (20,0%)
2 à 20 (anémie)	0 (0,0%)	37 (74,0%)	37 (74,0%)
Supérieur à 25	0 (0,0%)	3 (6,0%)	3 (6,0%)
TOTAL	8 (16,0%)	42 (84,0%)	50 (100,0%)

Ce tableau indique que la diminution pathologique de la ferritine a été observée chez la grande majorité des patients présentant une microcytose soit 16,0% des cas ($p<0,05$).

Tableau 8. Description du taux de la ferritine selon les tranches d'âge

Tranche d'âge (ans)				
Taux de la ferritine (mg/L)	17-24	25-32	33-40	TOTAL
Inférieur à 20	5 (10,0%)	3 (6,0%)	2 (4,0%)	10 (20,0%)
2 à 20 (anémie)	16 (32,0%)	13 (26,0%)	8 (16,0)	37 (74,0%)
Supérieur à 25	0 (0,0%)	3 (6,0%)	0 (0,0%)	3 (6,0%)
TOTAL	21 (42,0%)	19 (38,0%)	10 (20,0%)	50 (100,0%)

A la lecture de ce tableau, il se dégage que la tranche d'âge la plus observée dans l'abaissement anormal de la ferritine était celle de 17 à 24 ans.

3.2 DISCUSSION DES RESULTATS

Dans cette étude sur l'exploration proportionnelle de l'anémie ferriprive chez les femmes en âge de procréer, il a été question de répondre à la question principale suivante: « Quelle serait la proportion de l'anémie ferriprive chez les femmes en âge de procréer ? »

Cette question a soulevé la question secondaire ci-après: « Comment identifier une carence martiale (carence en fer) chez les femmes en âge de procréer ? »

L'hypothèse qui répond à la question principale stipule que l'exploration proportionnelle de l'anémie ferriprive montrerait un seuil supérieur ou égal à 20% chez les femmes en âge de procréer.

Des résultats attendus de cette hypothèse, l'étude sur l'échantillon de 50 femmes en âge de procréer enquêtées et dont les échantillons de sang ont été analysés, à l'Open Clinic de la Gombe révèle ce qui suit:

- L'étude montre qu'un bon nombre de femmes en âge de procréer était anémique soit 66,0% de cas avec un taux moyen de l'hémoglobine de $10,6 \pm 1,46$ g/dL alors que Ruivard [4] rapporte que près de 50% de femmes en âge de procréer sont anémiques. La diminution pathologique de la ferritine a été observée dans la grande majorité chez les patients présentant une microcytose soit 16,0% de cas ($p<0,05$)

En se référant au premier résultat de l'étude, qui postule que 66% de cas de l'échantillon sont anémiques, il confirme l'hypothèse principale. Ceci confirme aussi les résultats des études antérieures menées [1] qui a constaté que la carence martiale est prédominante dans 60% des cas

La réponse à la question secondaire est la suivante: l'analyse biologique des marqueurs du métabolisme du fer permettrait l'identification de la carence martiale chez les femmes en âge de procréer.

Des résultats en rapport avec cette hypothèse secondaires, il a été constaté ce qui suit:

- Le taux de la ferritine était en dessous du seuil normal chez les patients anémiques avec 20,0% de cas. La différence statistique entre le taux de la ferritine et l'anémie était largement significative ($p=0,0037$);
- La diminution pathologique de la ferritine a été observée chez la grande majorité des patients présentant une microcytose soit 16,0% de cas ($p<0,05$);
- La tranche d'âge la plus observée dans l'abaissement anormal de la ferritine était celle de 17 à 24 ans;
- Il a été observé une prévalence de 20,0% de femmes en âge de procréer avec une carence en fer. Le taux moyen était de $94,34\pm 85,17$ mg/L. ceci s'explique par le fait que chez les femmes surtout en activité génitale lié à la grossesse, l'allaitement et aux menstruations [5] en raison d'une augmentation des besoins en fer.

Ces résultats concernant l'analyse des échantillons de sang, notamment la ferritine, l'hémoglobine et la détermination du Volume Globulaire Moyen (VGM) ont permis dans le contexte de notre étude d'identifier la carence martiale chez femmes en âge de procréer de l'échantillon retenu.

Ceci confirme aussi l'hypothèse secondaire.

4 CONCLUSION

Dans cette étude, il a été question d'explorer proportionnellement l'anémie ferriprive chez les femmes en âge de procréer consultées à l'Open Clinic de la Gombe dans la ville de Kinshasa.

L'étude qui s'est déroulée pendant la période d'avril à septembre 2022 a répondu à la question principale suivante: « Quelle serait la proportion de l'anémie ferriprive chez les femmes en âge de procréer ? »

Cette question a soulevé la question secondaire ci-après: « Comment identifier une carence martiale (carence en fer) chez les femmes en âge de procréer ? »

L'hypothèse qui répond à cette question stipule que l'exploration proportionnelle de l'anémie ferriprive montrerait un seuil supérieur ou égal à 20% chez les femmes en âge de procréer.

L'étude confirme la prévalence importante (20%) de l'anémie ferriprive chez les sujets féminins ayant commencé les activités gynécologiques dont la connaissance permet d'établir une prise en charge thérapeutique adéquate au sein des structures hospitalières.

La réponse à la question secondaire est la suivante: l'analyse biologique des marqueurs du métabolisme du fer permettrait l'identification de la carence martiale chez les femmes en âge de procréer.

Les résultats concernant l'analyse des échantillons de sang, notamment la ferritine, l'hémoglobine et la détermination du Volume Globulaire Moyen (VGM) ont permis dans le contexte de la présente, étude d'identifier la carence martiale chez femmes en âge de procréer de l'échantillon retenu. Ceci confirme aussi l'hypothèse secondaire.

Au terme de cette étude, il est risqué de généraliser les résultats sur l'ensemble des femmes en âge de procréer de la commune de la Gombe ou de la ville de Kinshasa. Les contraintes aussi bien temporelles que matérielles et financières l'ont limité dans l'espace choisi.

En termes de perspectives, l'extension d'autres études sur la question est suggérée dans d'autres zones de santé de la ville de Kinshasa et pourquoi pas de la République pour plus d'objectivité et de fiabilité.

Les observations et suggestions des lecteur du présent article seront les bienvenues.

REFERENCES

- [1] Ben Ahmed I, Ben Dahmen F, Ben Amor A, Ben Brahim A, Azzabi S. *Diagnostic des anémies dans la région du Cap Bon tunisien: à propos de 40 cas. Diabetes & Metabolism*. 2011 Mar; 37 (1) Supplement 1: A56. [Google Scholar].
- [2] Organisation mondiale de la santé. (2020). Rapport sur la prévalence de l'anémie ferriprive, 54p.
- [3] Penelope, N & Lena, D. (2002). Problèmes des maladies nutritionnelles et inflammatoire, 120p.
- [4] Ruivard M, Pailles J-M, Pons B, Bommelear G, Philippe P, 2003. Etiologie des anémies ferriprives en médecine interne. Rev. Méd. Interne 2003: Supplement: 413S [Google scholar].
- [5] WHO. A guide to programme managers. 2015. *Iron deficiency anemia: assessment, prevention and control*. [Google Scholar].
- [6] Futura-sciences. (2022).fr.m.wikipedia, consulté le 25 avril 2022 à 13h00.

Modeling the analog control of a DC machine in a MATLAB environment: Case of a shunt machine

Bokovi Yao¹, Akoro Edjadessamam², and Tevi Kokou Sévérin³

¹CERME (Centre d'Excellence Régional pour la Maîtrise de l'Electricité, Laboratory of Research in Engineering Sciences (LARS), Université de Lomé, Lomé, Togo

²CERME (Centre d'Excellence Régional pour la Maîtrise de l'Electricité, Laboratory of Research in Engineering Sciences (LARS), Université de Lomé, Lomé, Togo

³EPL (Ecole Polytechnique de Lomé), Université de Lomé, Lomé, Togo

Copyright © 2024 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 studies the control of a DC machine in a Matlab/Simulink environment, more specifically the shunt machine. We first highlight the modeling of a shunt machine and then control it by acting on each parameter, first in open loop, then in closed loop, while studying the system's performance. Finally, introduce the appropriate correction to improve system performance. The second part consisted in simulating the operation of the shunt-excited DC machine in a Matlab/Simulink environment. The more the electric motors are loaded, the lower the rotational speed. In order to bring the motor speed back to its nominal value, two types of control were proposed in this work: control by variation of the armature voltage U_a and control by variation of the excitation current I_e . Simulation of these two types of control, in our case using Matlab/Simulink software, showed the strengths and weaknesses of each type of control, depending on whether a PI corrector is integrated or not.

KEYWORDS: Closed loop, Open loop, Closed loop transfer function, Open loop transfer function, DC machine, Proportional-Integral-Derivative.

1 INTRODUCTION

DC machines have a wide range of applications. Depending on their power, we distinguish: low-power machines (a few W) used in servomechanisms (washing machine programmers, dishwashers, etc.); motors for tool machines or lifting gear (1 to 300 kW) [1], [2]; high-power motors (up to 10 MW) equipping certain locomotives; universal motors that can operate in both DC and AC (series motor for small household appliances: vacuum cleaner, centrifuge, etc.). DC machines are practically no longer used for power generation. They have been replaced by alternators combined with rectifiers. However, the reversibility of DC motors enables them to operate transiently as generators during the braking phases of tool machine, hoist and traction motors. [2] The generator operation of a DC machine is used to measure angular speeds (tachometer). DC motors have a high starting current, which can lead to their destruction. In addition, the speed and torque of the motor vary in steady-state operation, leading to problems of stability and accuracy. At high loads, the motor comes to a standstill, and the current reaches a maximum, leading to the risk of destruction through overheating [3]. Existing solutions to limit the armature current at start-up are the use of starting rheostats and starting at a reduced supply voltage [3].

In order to solve this problem, it is necessary to propose a servo-control with a suitable corrector for greater precision. Modeling the control of DC machines will enable us to study the speed variation problems encountered on these machines and to provide appropriate solutions. It is within this framework that this paper deals with DC machine control modeling in a Matlab environment. The main objective, in a Matlab environment, is to define and model the control of a DC machine first by a

continuous speed control system ω_m , and then to implement this control in order to control the variable speed drive of said machine. The paper is organized as follow: In Section 2, state of the art is presented. Section 3 deals with the methods and materiel. Section 4 presents the methodology. Section 5 presents the results analysis and Section 6 concludes the paper.

2 STATE OF THE ART

DC machines are electromechanical energy converters, i.e., they are rotating machines that transform electrical energy into mechanical energy (motor); mechanical energy into electrical energy (generator). DC machines have two operating modes: generator operation and motor operation.

2.1 GENERATOR OPERATION

Fig. 1 shows a permanent magnet DC machine.

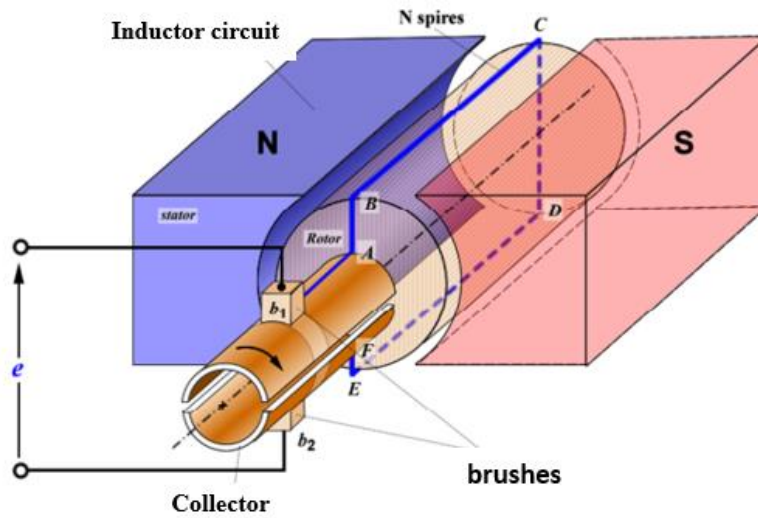


Fig. 1. Switching principle of a DC machine

The winding (ABCDEF) rotates between the N and S poles of a magnet (in conventional machines, the N and S poles are due to inductive circuits). The rotor attached to the spiral is driven by an external device (motor, wind, etc.). The rotational motion of the rotor is given by equation (1):

$$\theta = \omega t + \theta_0 \quad (1)$$

θ_0 being the initial position of the rotor with respect to the reference axis. The variation of the magnetic field in the air gap is given by equation (2):

$$B(\theta) = B_M \cos(\theta) \quad (2)$$

Fig. 2 shows the variation of the magnetic field in the air gap as a function of angular position [4].

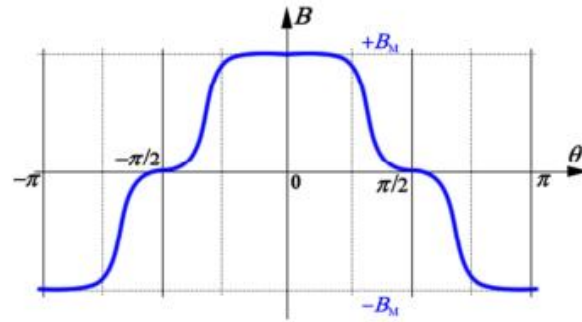


Fig. 2. Magnetic field variations in the air gap as a function of angular position

2.2 MOTOR OPERATION

as shown in Fig. 3, Since the DC machine is reversible, if a DC current flows through the coil (ABCDEF) placed in a magnetic field due to the magnets, Laplace's law states that, in the presence of the commutator, it will be subjected to a torque which drives the rotor in rotation and whose intensity is defined by relationship (3):

$$C_e = f_r R = F \cdot OH = BILR \cos(\omega t + \theta_0) \quad (3)$$

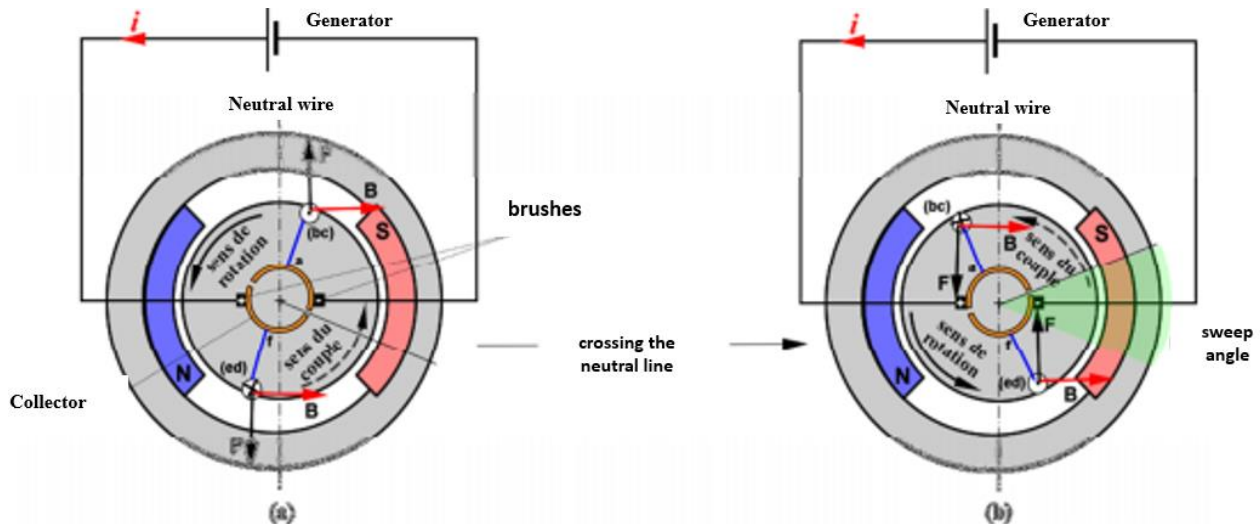


Fig. 3. Collector/brush assembly operation

Fig. 3 shows the pattern of torque vibrations as a function of time.

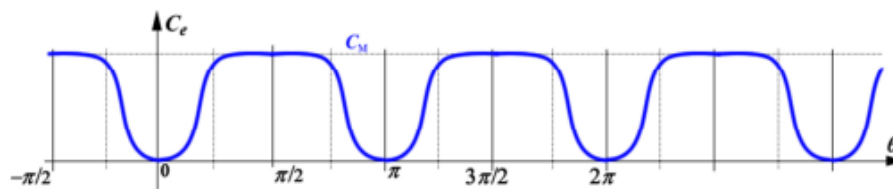


Fig. 4. Torque vibrations as a function of time

In a real machine, several conductors are distributed along the air gap, and the machine is multipolar. It is clear that the torque curve will be the same as that of the F.E.M in generator operation, so that we obtain a practically rectified torque. Fig. 5 shows the torque curve for a motor with two conductors offset by 90 degrees.

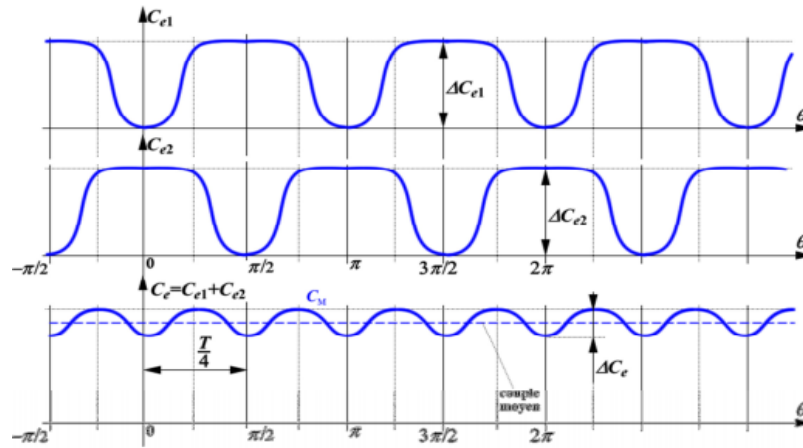


Fig. 5. Reduced torque ripple

3 METHODS AND MATERIALS

3.1 METHODS

To study the operation of the motor, each component must be modeled as an electrical component. The stator is modeled as a resistance R_e in series with an inductance L_e , while the rotor is modeled as a resistance R_a in series with an inductance L_a , both in series with a back electromotive force E . The motor's supply voltage is U_a . By applying the Laplace transform to the electrical equations of the rotor and the electromechanical equations, the block diagram of the DC motor is obtained.

3.2 MATERIALS

SIMULINK, a MATLAB software for modelling and simulation, is our tool for implementing and simulating the shunt-excited DC motor model.

4 METHODS AND MATERIALS

Fig. 6 illustrates the different stages of the control system for the shunt-excited DC motor.

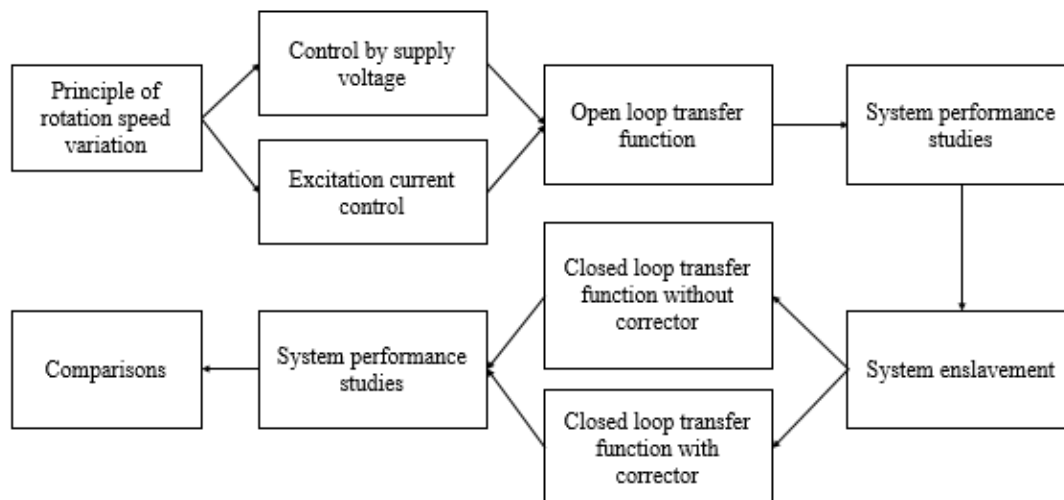


Fig. 6. The different stages of the speed control of the direct current motor with shunt excitation

4.1 PRINCIPLE OF SPEED VARIATION FOR A SHUNT-EXCITED DC MOTOR

To study the operation of the motor, each component needs to be modeled as an electrical component. Fig. 7 presents the electrical model of the shunt-excited DC motor [5].

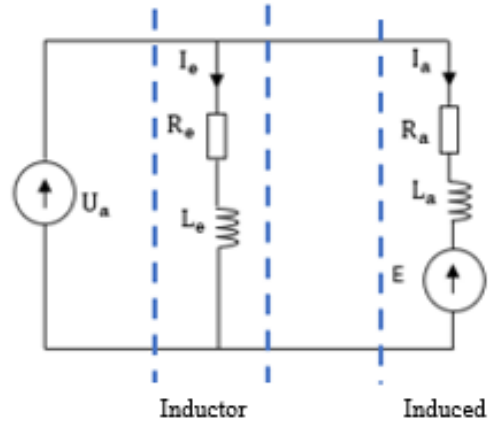


Fig. 7. Electrical model of the DC motor with shunt excitation

Electrical equation of the armature:

$$u_a(t) = e(t) + R_a i_a(t) + L_a \frac{di_a(t)}{dt} \quad (3)$$

The electrical equation of the field winding is:

$$u_a(t) = R_e i_e(t) + L_e \frac{di_e(t)}{dt} \quad (4)$$

Electromechanical Equation:

$$E(t) = k_e \Phi(I_e) \omega_m(t) \quad (5)$$

$$\Phi(I_e) = L_{ea} I_e(t) \quad (6)$$

$$C_e(t) = k_c \Phi(I_e) I_a(t) \quad (7)$$

Mechanical equation:

$$c_e(t) - c_r(t) = B \omega_m(t) + J \frac{d\omega_m(t)}{dt} \quad (8)$$

In steady state $\frac{di_a(t)}{dt} = 0$, and by substituting the back electromotive force (EMF) with its value into equation (5), we obtain:

$$\omega_m = \frac{U_a - R_a I_a}{k_e \Phi(I_e)} \quad (9)$$

According to equation (9), speed variation is possible by adjusting the following parameters:

- U_a : the supply voltage
- I_e : the excitation current

In this work, we will study the variation in the speed of the DC motor by changing the supply voltage.

4.2 MODELLING OF THE SHUNT-EXCITED DC MOTOR

By applying the Laplace transform to equations (3) and (8), we obtain equations (10), (11), and (12):

$$\frac{I_a(P)}{U_a(P) - K\omega_m(P)} = \frac{1}{R_a + L_a P} \quad (10)$$

$$C_e(P) = K I_a(P) \quad (11)$$

$$\frac{\omega_m(P)}{C_e(P) - C_r(P)} = \frac{1}{B + J P} \quad (12)$$

From equations (10), (11), and (12), we obtain the block diagram of the shunt-excited DC motor, as presented in Fig.8.

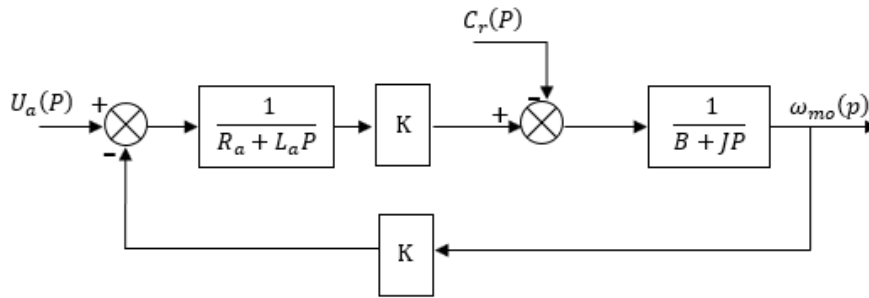


Fig. 8. Block diagram of MCC with shunt excitation

4.3 IMPLEMENTATION OF THE SHUNT-WOUND DC MOTOR MODEL IN MATLAB

Fig. 9 shows the model of the shunt-wound DC motor implemented in MATLAB/Simulink.

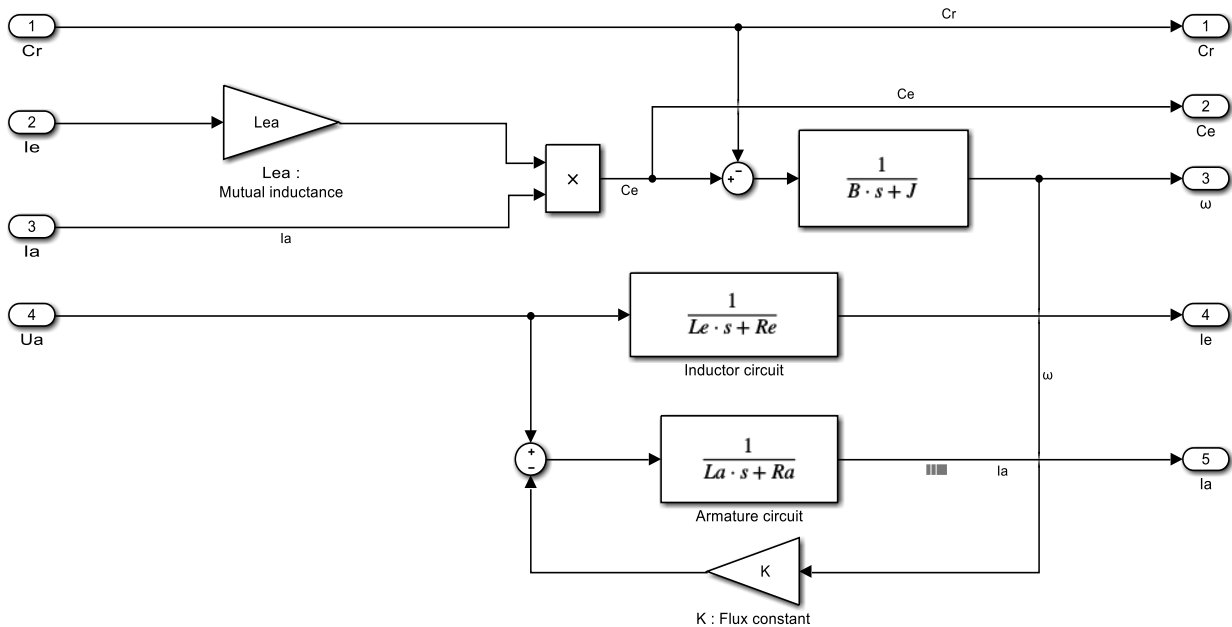


Fig. 9. Block diagram of MCC with shunt excitation under Simulink

5 RESULTS AND DISCUSSION

This section presents the modeling of a shunt-excited DC motor in a MATLAB/Simulink environment and the simulation results of the system both without a controller and with a PI controller.

The motor parameters are presented in Table 1.

Table 1. Shunt excitation current motor parameters

U_a	I_a	I_e	R_a	R_e	L_a	L_e	L_{ea}	ω_m	J_m	B_m	K	C_n	P
220 V	16 A	1,32 A	1,35 Ω	65,15 Ω	0,0059 H	8,35 H	1,07 H	1500 trs/min	0,036 kg.m ²	0,0045 Nm/rad/s	1,41 V/rad/s	19 N.m	3 kW

5.1 OPEN-LOOP OPERATION

In this section, we will perform an open-loop simulation of the shunt-excited DC motor. Fig. 10 illustrates the block diagram of the shunt-excited DC motor in open-loop configuration.

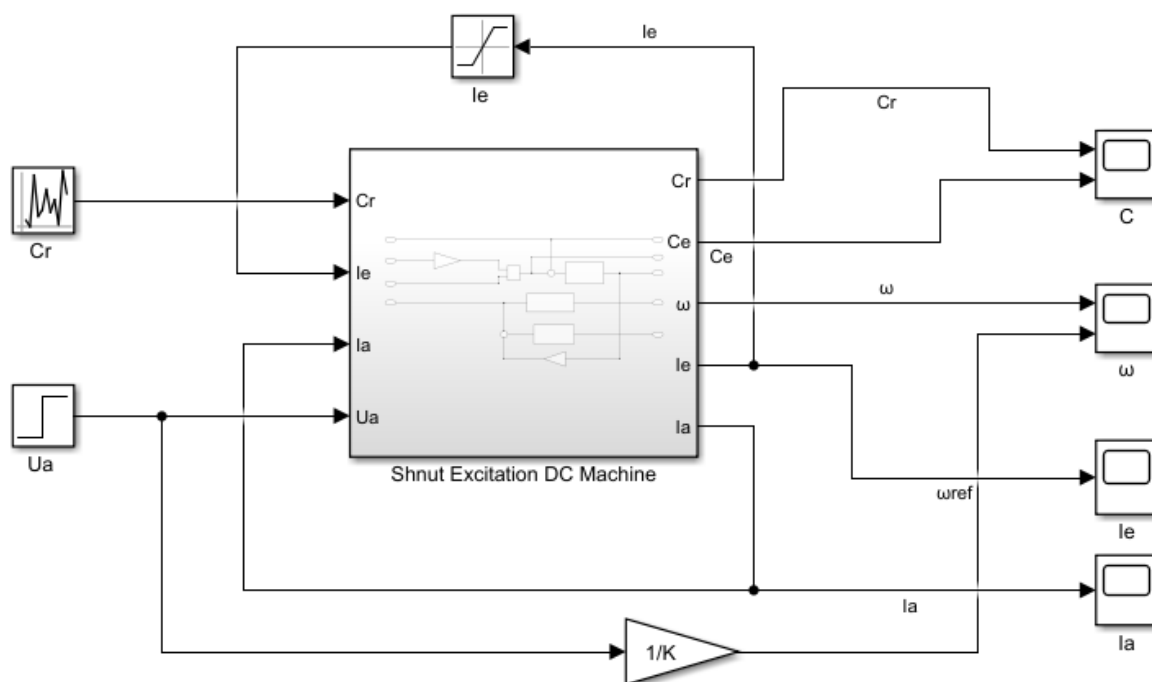


Fig. 10. Block diagram of the direct current machine with open loop shunt excitation

The simulation results show the behavior presented in Fig. 11, which depicts the rotational speed of the shunt-excited DC motor as a function of time in open-loop operation, controlled by the supply voltage and subjected to a variable load ranging from 0 to C_n during the simulation period.

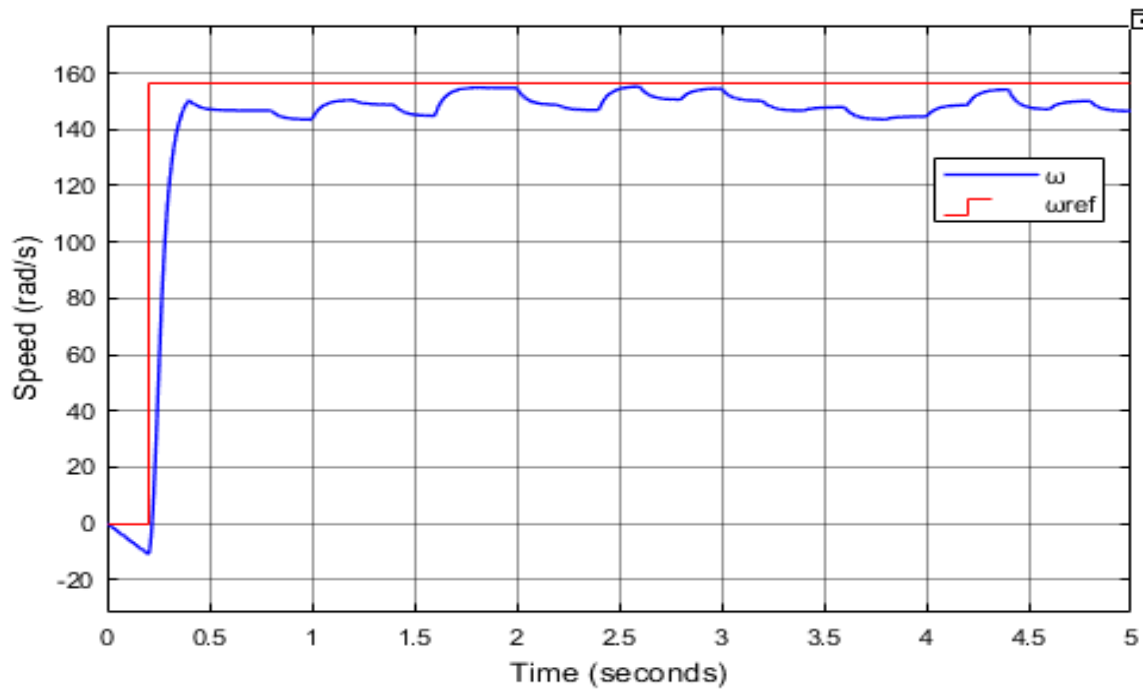


Fig. 11. Change in speed of the shunt excitation direct current machine subjected to a variable load in open loop

Fig.12 shows the variation of the armature current of the shunt-excited DC motor under supply voltage control and subjected to a variable load during the simulation period.

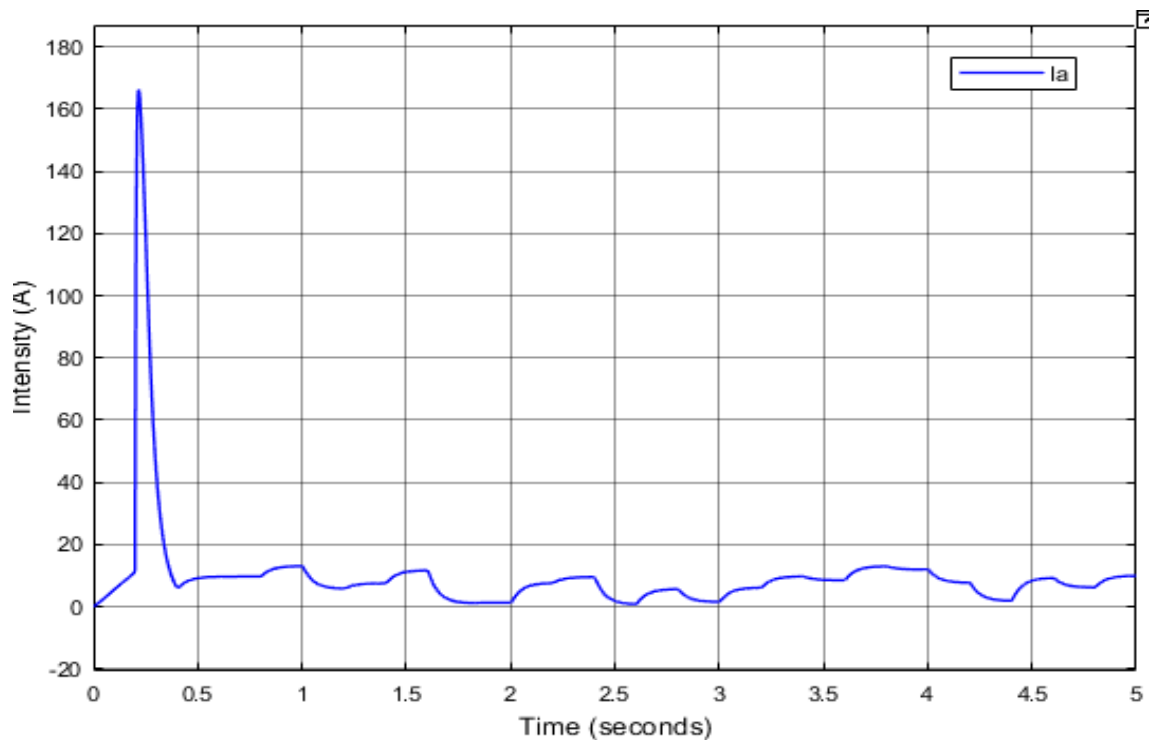


Fig. 12. Evolution of the armature current of the direct current machine with shunt excitation subjected to a variable load in open loop

Considering these results (Fig. 11 and Fig. 12), we observe that changes in load lead to variations in the rotational speed and armature current of the shunt-excited DC motor. An increase in load results in a higher armature current and a larger steady-state error. Consequently, the system's precision decreases [6], [7].

5.2 CLOSED-LOOP OPERATION WITHOUT CONTROLLER

In this subsection, we analyze the performance of the shunt-excited DC motor in a closed-loop configuration without any additional control elements.

Fig. 13 shows the block diagram of the DC motor in closed-loop operation with a variable load and an amplification gain K_A . With a supply voltage of 220V, the oscilloscopes allow visualization of the load torque, motor torque, reference signal, rotational speed, excitation current, and armature current.

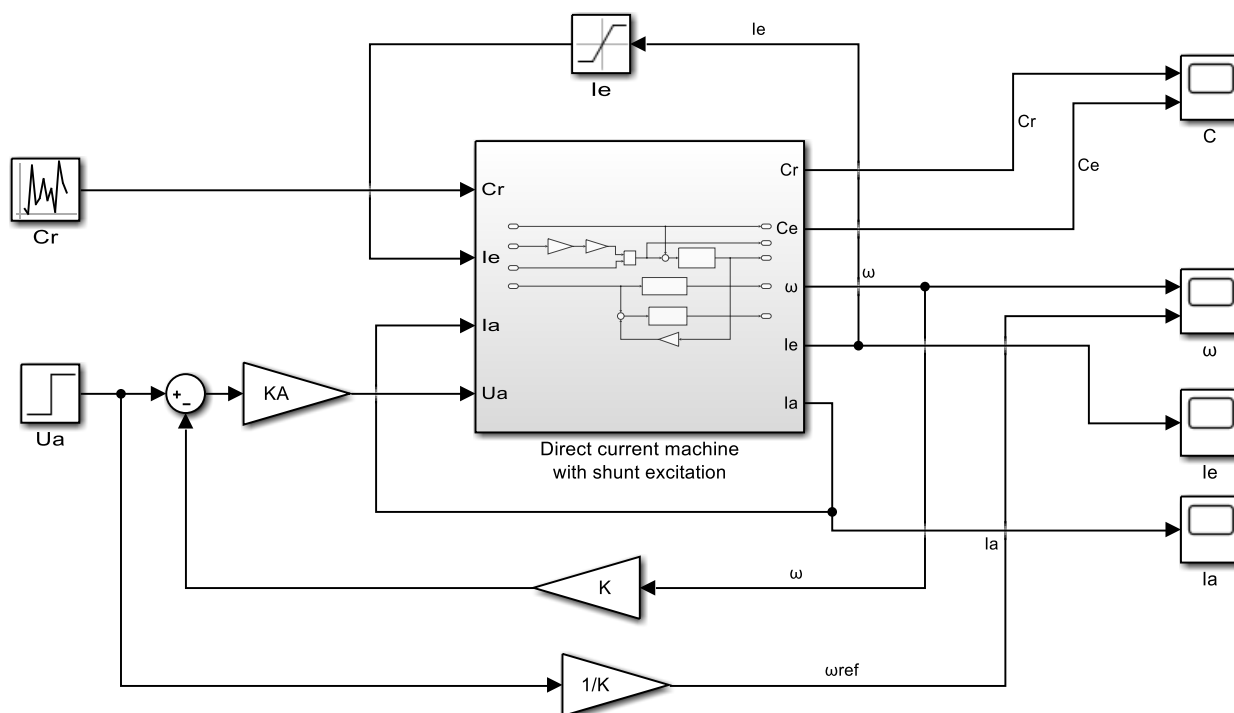


Fig. 13. Block diagram of the direct current machine with closed loop shunt excitation without a corrector

The simulation results will be presented in Fig. 14 and Fig. 15, with the simulation time set to 2 seconds. Fig. 14 illustrates the variation in the speed of the shunt-excited DC motor in closed-loop operation with supply voltage control as a function of time for different values of K_A , subjected to a variable load. Fig. 15 shows the variation in the armature current of the DC motor in closed-loop operation with supply voltage control, subjected to a variable load, for several values of the amplification gain K_A .

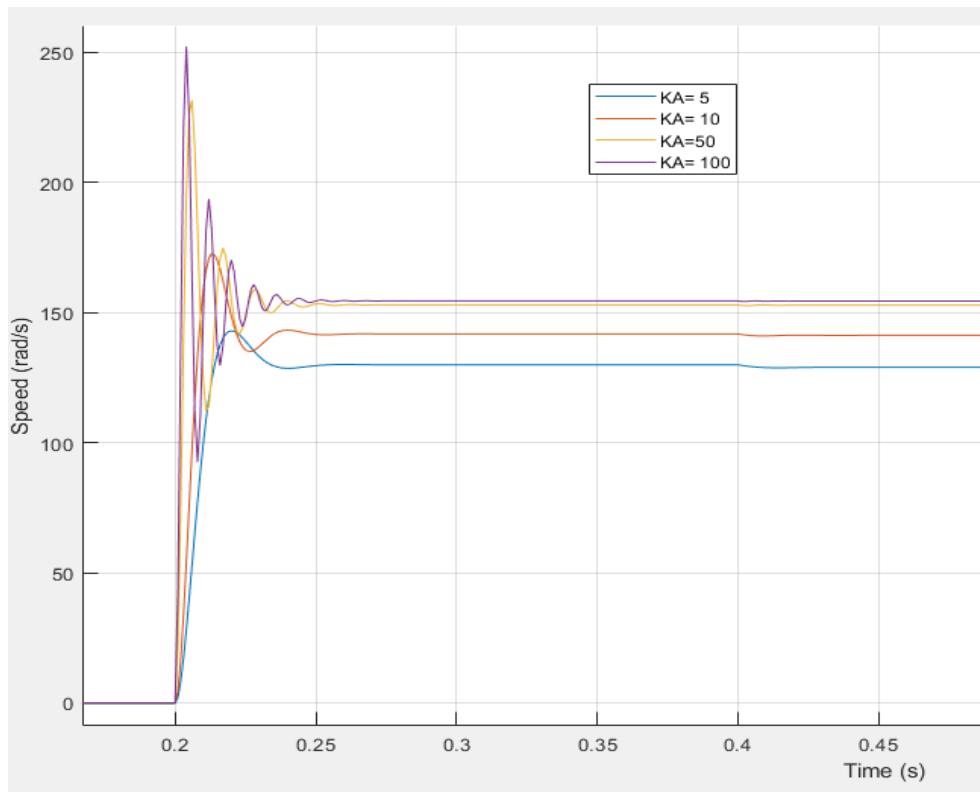


Fig. 14. Evolution of the speed of the direct current machine with closed-loop shunt excitation without a corrector as a function of the amplification gain K_a

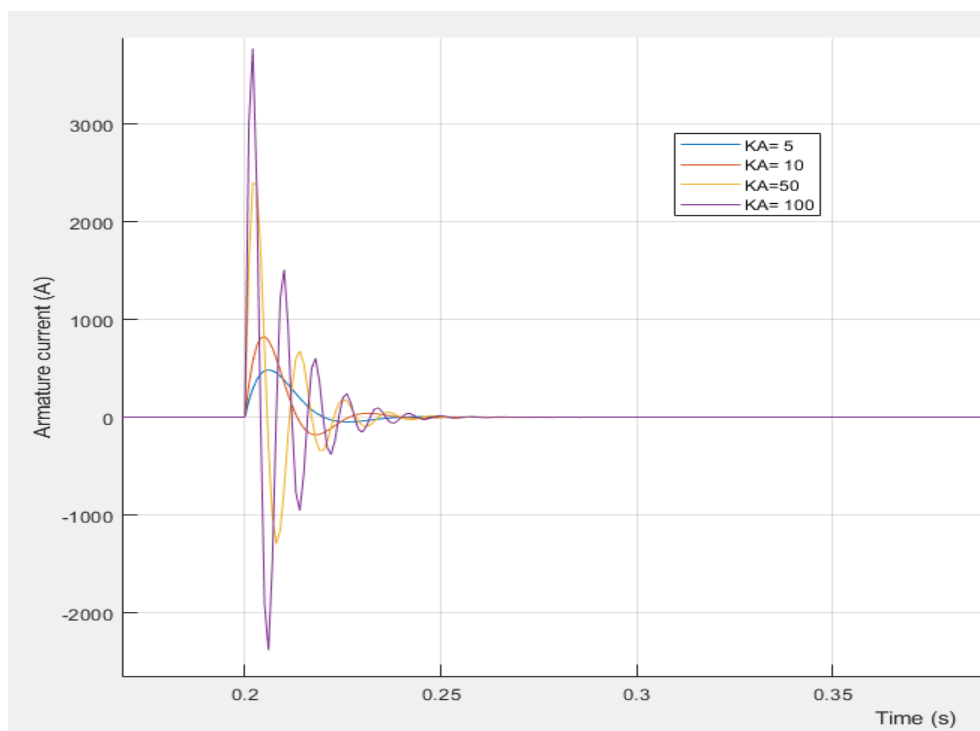


Fig. 15. Induced current of the direct current machine with closed loop shunt excitation without a corrector as a function of the amplification gain K_a

Table 2 presents the system's steady-state performance in closed-loop operation without a controller, controlled by supply voltage and subjected to a variable load, for different values of the amplification gain K_A .

Table 2. Steady state performance of the closed loop direct current machine in control by supply voltage without a corrector subjected to a variable load for different values of the amplification gain K_A

Performances	$K_A = 5$	$K_A = 10$	$K_A = 50$	$K_A = 100$
$\omega_{BF\ SC\ max}(\text{rad/s})$	142.99	172.67	231.54	252.31
$\omega_{BF\ SC\ moyen}(\text{rad/s})$	128.97	141.26	152.84	154.42
$\varepsilon_{BF\ SC\ moyen}(\text{rad/s})$	28.03	15.74	4.16	2.58
RMSE	28.03	15.69	4.14	2.56
Coef corr :R	-0.6204	-0.5078	-0.4935	-0.5096
$\tau_{m\ BF\ SC}(\text{ms})$	10	7.5	3.5	2.5
$\tau_{r\ BF\ SC}(\text{ms})$	-	10.5	10.5	10.00
$I_{a\ BF\ SC\ max}(\text{kA})$	0.48	0.82	2.3	3.8
$I_{a\ BF\ SC\ moyen}(\text{A})$	6.63	6.66	6.69	6.69
Pole(Hz)	-100	-133,33	-285,71	-400
Stability	Stable	Stable	Stable	Stable

It is observed that the discrepancy between the setpoint and the steady-state rotational speed has decreased. For large values of K_A , the discrepancy tends towards zero. Increasing the amplification gain leads to a reduction in the steady-state error. Increasing the amplification gain also leads to a decrease in the rise time in closed-loop without a compensator. The system becomes faster as the amplification gain increases. A peak in the armature current is observed at startup. This peak in armature current has the same variation direction as the amplification gain. As the amplification gain increases, the startup current also increases [8].

6 CONCEPT OF CLOSED-LOOP CONTROL WITH A PI CONTROLLER

Fig. 16 presents the block diagram of the DC motor in a closed-loop system with voltage control using a PI controller, subjected to a variable load ranging from 0 to C_n [9], [10].

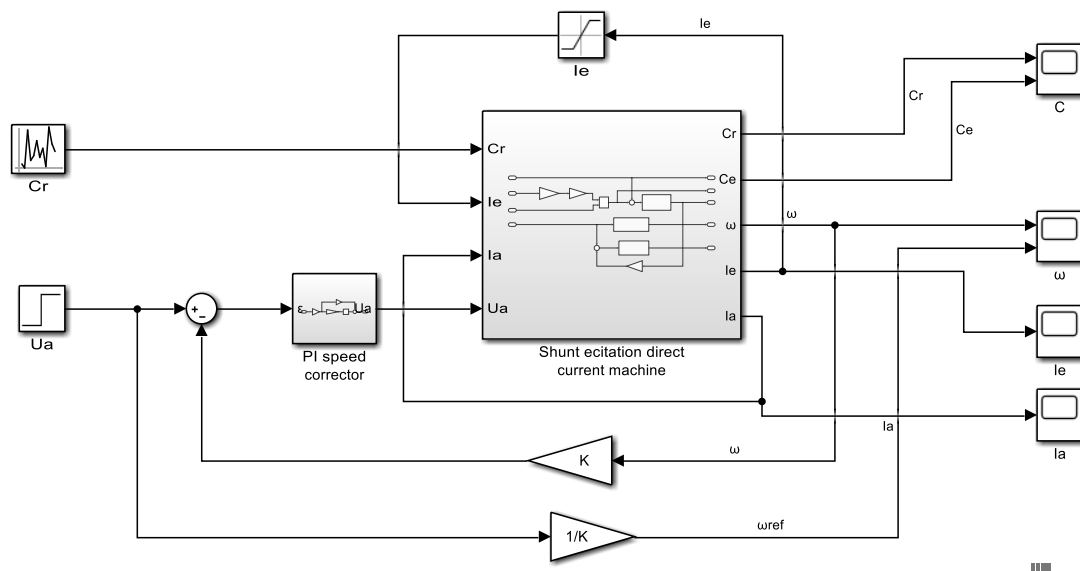


Fig. 16. Block diagram of the direct current machine with closed loop shunt excitation with PI corrector

The simulation results are presented in Fig. 17 and Fig. 18, with the simulation time set to 2 seconds. Fig.17 shows the variation in the motor speed in the frequency domain with a PI speed controller operating with different values of the amplification gain K_A applied to the power supply voltage.

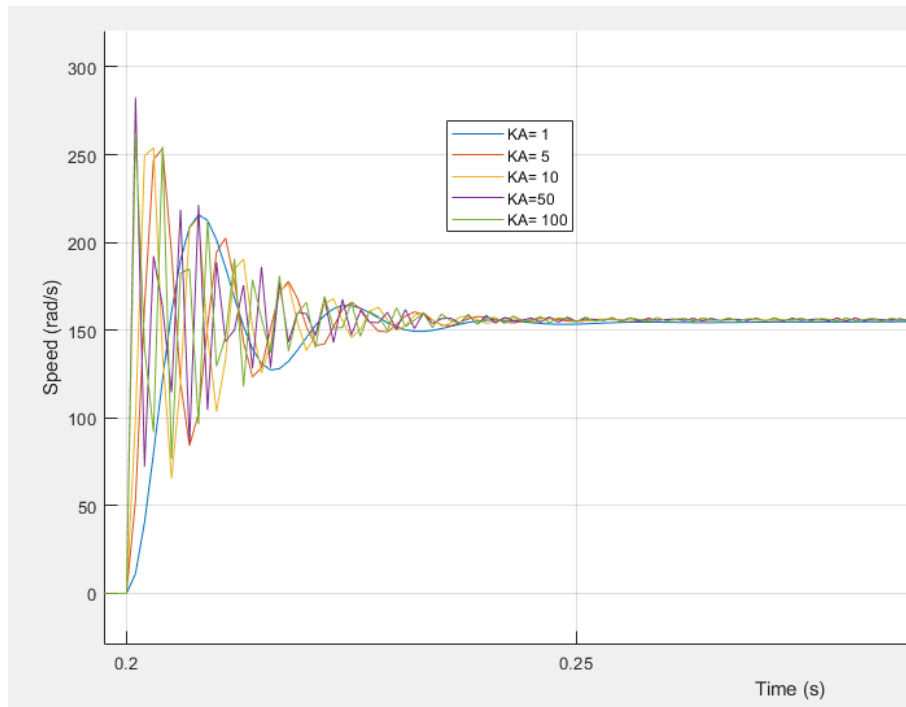


Fig. 17. Evolution of the speed of the closed loop shunt excitation current machine with a PI corrector

Fig.18 presents the variation in the armature current of a shunt-wound DC motor over time in a closed-loop system with a PI controller, using power supply voltage control for different values of the amplification gain K_A .

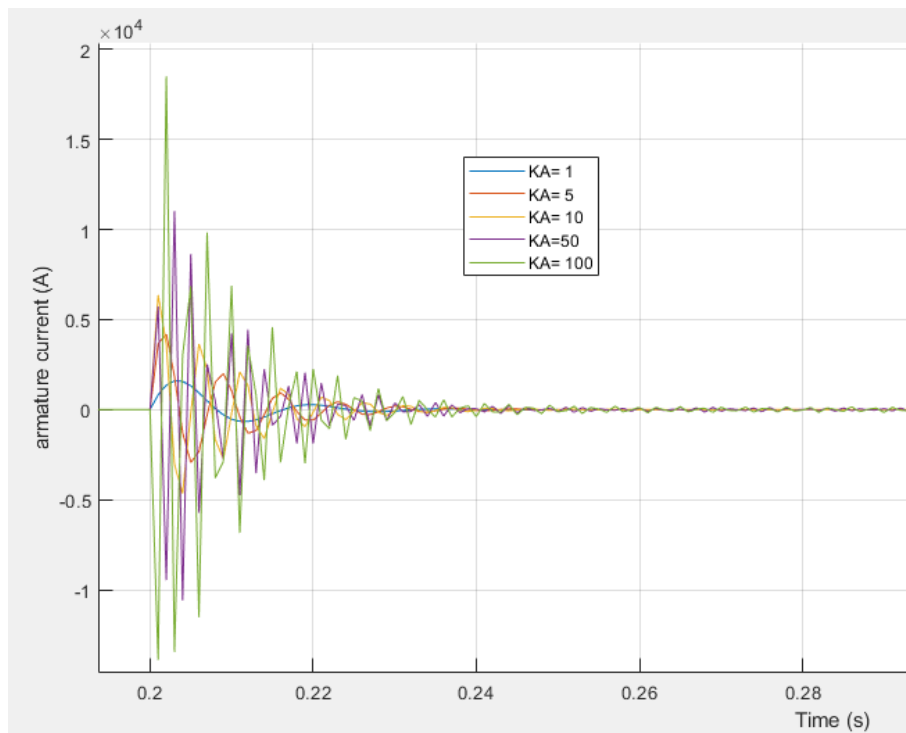


Fig. 18. Evolution of the armature current of the closed loop shunt excitation current machine with a PI corrector

Table 3 presents the initial values of the rotational speed of the shunt-wound DC motor in a closed-loop system with a PI controller for different values of the amplification gain K_A .

Table 3. Performance of the steady-state system of the direct current machine with closed-loop shunt excitation in control by supply voltage with a PI corrector, subjected to a variable load

Performances	$K_A = 1$	$K_A = 5$	$K_A = 10$	$K_A = 50$	$K_A = 100$
$\omega_{BF1C\ max}(\text{rad/s})$	215.74	253.53	253.91	282.62	262.48
$\omega_{BF1C\ moyen}(\text{rad/s})$	155.85	155.99	156.01	156.15	156.04
$\varepsilon_{BF1C\ moyen}(\text{rad/s})$	1.15	1.01	0.99	0.85	0.96
RMSE	1.17	0.99	0.98	1.08	1.10
Corrélation	0.8349	0.8395	0.8005	0.0359	0.4065
$\tau_{m\ BF1C}(\text{ms})$	4.5	2.5	1.5	1.5	1.5
$\tau_{r\ BF1C}(\text{ms})$	21.5	9.5	7.5	6.5	6.5
$I_{a\ BF1C\ max}(\text{kA})$	1.6	4.1	6.3	11.02	18.49
$I_{a\ BF1C\ moyen}(\text{A})$	6.39	6.32	6.31	14.36	-115.30
P(Hz)	-222.22	-400	-666.67	-666.67	-666.67
Stabilité	Stable	Stable	Stable	Stable	Stable

Overall, from these various results, we observe that increasing the amplification gain leads to an increase in the armature current. The system becomes more accurate as the steady-state error approaches zero with higher amplification gain. Additionally, the system responds faster with a higher amplification gain. Regardless of the amplification gain value, the closed-loop system with a PI controller remains stable.

7 CONCLUSION

Modelling the DC motor with excitation in Matlab/Simulink allowed us to perform its control by varying the armature voltage U_a , first in a closed-loop system without a controller and then in a closed-loop system with a PI controller. In this work, we observed that controlling the shunt-wound DC motor with two PI controllers (one for speed and one for current) provides good performance in terms of accuracy, rise time, stability, and especially speed, thanks to its speed coefficient λ . With this speed coefficient λ related to the amplification gain K_A , the control of the system with a single PI speed controller yielded an optimal result with $K_A=5$, achieving a correlation coefficient $R^2=0.8395$ and $RMSE = 0.99$. For the case of controlling the system with two PI controllers (one for speed and one for armature current), the best result was obtained with $K_A=5$, achieving a correlation coefficient $R^2=0.9990$ and $RMSE = 1.73$.

In the future, this work could be extended first to the study of the performance of both control methods, taking into account the transient response. It could also be expanded to examine the control of the DC motor by simultaneously adjusting both the excitation current I_e and the armature voltage U_a , and to investigate the performance of the system considering both the transient and steady-state conditions.

REFERENCES

- [1] T. Moulay «Machines à courant continu: Généralités et principe de fonctionnement des MCC,» Université de SAIDA, 2020.
- [2] K. Hartani, Y. Miloud et A. Miloudi, «Méthodologie Causal de modélisation et de commande: application aux machines électriques», Université Tahar Moulay de Saida, ALGERIE, 2009.
- [3] [3] G. Debbache et N. Kebaili, «Commande non linéaire de la machine à courant continu», Université Larbi Ben M'hidi Oum El Bouaghi, 2012-2013.
- [4] M. L. Sadeg et F. Yahiantene, «Etude et réalisation de la commande par retour d'état adaptative d'un moteur à courant continu», Université Djillali Liabes De Sidi Bel Abbes, 2015-2016.
- [5] Cossi Télesphore Nounangnonhou, Guy Clarence Semassou, Kossoun Alain Tossa, and Maryse Assogba, «Electrical and mechanical study of a medium-voltage overhead distribution line,» International Journal of Innovation and Applied Studies, vol. 42, no. 2, pp. 220–232, April 2024.
- [6] M. Kuczmam, «Review of DC Motor Modeling and Linear Control: Theory with Laboratory Tests». Electronics 2024.
- [7] «DC Electric Motors». Available online: https://www.transtecno.com/wordpress/wp-content/uploads/2015/06/H_EC-DCelectric-motors_210513_0521.pdf (accessed on 2 May 2024).
- [8] A. Baysse, «Contributions à l'identification paramétrique de modèles à temps continu: Extensions de la méthode à erreur de sortie, Développement d'une approche spécifique aux systèmes à boucles imbriquées», Toulouse: INP, 2010.
- [9] A. A. Awouda et M. M. Salih, Speed Control of DC Motor Using PI Controller, International Journal of Computer Science and Management Studies Vol. 15, Issue 06, 2015.
- [10] H. Huang, «PI Control Technology Principal Analysis and Simulation», Highlights in Science, Engineering and Technology, vol 71, 2023.

Contribution to highlighting the negative effects of climate variability in the Tillabéri region (Niger)

Daouda Boukary¹, Hassimiou Halidou Djabri², Karimou Harouna Boureima², and Alzouma Mayaki Zoubeirou³

¹Directorate General for the Environment, Post Box 578 Niamey, Niger

²Boubakar Bâ University of Tillabéri, Faculty of Agricultural Sciences, Agroecology Laboratory, Post Box: 175, Tillabéri, Niger

³Abdou Moumouni University of Niamey, Faculty of Science and Technology, Biology Department, Garba Mounkaila Laboratory, Post Box: 10662 Niamey, Niger

Copyright © 2024 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: Rainfall variability in the Tillabéri region is the result of significant vulnerability, which has been observed for decades. The aim of this study is to highlight the adverse socioeconomic and environmental effects of these rainfall deficits. The methodological approach used in this study included assessing farmers' perceptions of climate change indicators through field investigations, analysing variations in temperature, relative humidity and rainfall indices in the area to better characterise the climate. The results show a low level of education among the farmers surveyed and a good perception of the effects of climate change. Rainfed and irrigated agriculture are the main economic activities in the region (99.3%), with livestock rearing and market gardening as secondary activities for 31.3% and 18.7% of respondents respectively. Access to inputs (50.8%) and agricultural credit (10.3%) are major assets for producers in the area, in addition to their experience of new agricultural technologies (62%). The most significant inter-annual peaks in rainfall indices were observed on the following dates: 09/25/1988, 03/01/199, 05/18/2004, 08/05/2009 and 01/10/2020. However, inter-annual variations are also observed (09/25/1988 and 01/10/2020). The indicators of environmental change as perceived by farmers are bare soil (77.3%), gravelly soil (9.7%), erosion gullies (7%), silting up of fields (8.7%) and proliferation of *Striga* sp. (7%). The reduction in herbaceous plants (30.7%) and the drying out and mortality of woody plants (20.3%) are visible signs of land degradation on natural vegetation. The main causes of these changes are reduced rainfall (82%), the action of strong winds (37.3%), water erosion (34%) and intensive deforestation (24.3%). To these must be added harmful agricultural practices such as the absence or reduction of fallow periods, bush fires, low inputs of organic and mineral fertilisers, low use of CES/DRS techniques, etc. The natural vegetation cover (woody and herbaceous) that used to protect the soil has declined sharply, leaving it vulnerable to erosion.

KEYWORDS: rainfall index, climate change, vulnerability, negative effects, Tillabéri.

1 INTRODUCTION

The issues of climate change and variability have for some time been at the center of the concerns of scientists and policy-makers around the world in general and in Niger in particular (Kouassi et al., 2010). As the water cycle is one of the major components of climate, the implications of these changes for rainfall patterns are significant (Kouassi et al., 2010). Rainfall is the most important factor in climate, both for people and for ecosystems, in that it is easy to measure. Several studies and analyses have highlighted the effects of climate change on rainfall, relative humidity and evapotranspiration. As a result, characterising the impact of climate variability on seasonal rainfall patterns is becoming essential in order to propose appropriate solutions and mitigation mechanisms.

The variability of climatic conditions in the Tillabéri region no longer needs to be demonstrated (TIEPOLO, 2016). Indeed, these rainfall anomalies, which have been observed for almost a decade, have had an exceptional impact on the northern and western regions of the country. But in reality, the whole country is highly vulnerable to rainfall deficits (LAWAN et al., 2014).

Climate variability as a phenomenon has long been studied and characterised. The most important question, both for the study area and for the other regions of Niger, is the search for explanatory factors (Tarchiani Et Tiepolo, 2016). Most climate studies have been limited to the analysis of annual or monthly rainfall data. As a result, rain-related variables such as the frequency of rainy days and the length of the rainy seasons have generally received very little attention. This could be justified by the difficulty of acquiring reliable daily measurement data with few gaps. To compensate for these shortcomings, climatic parameters such as air temperature, relative air humidity and the frequency of rainy days need to be analysed and their impact on the variability of rainfall patterns studied.

The aim of this study is therefore to investigate the influence of climatic events on seasonal rainfall patterns in the localities of Tillabéri, Kourthèye, Say, Tamou, Téra and Diagourou. The geographical area formed by these localities is a transition zone between different climates.

2 MATERIALS AND METHODS

2.1 STUDY AREA

The study area is located in the extreme west of Niger, between latitudes 11°50 and 15°45 north and longitudes 0°10 and 4°20 east. It covers an area of 97,251 km², or approximately 7.7% of the national territory. On 17 December 2012, it had an estimated population of 2,722,482, 49.5% of whom were men and 50.5% women, making up 15.9% of Niger's population. The population is expected to grow by 3.2% between 2019 and 2021. The Tillabéri region is characterised from north to south by four major climatic zones: the Saharo-Sahelian zone, the Sahelian zone, the Sahelo-Sudanian zone and the Sudanian zone. Figure 1 below illustrates the agro-ecological zoning of the study area.

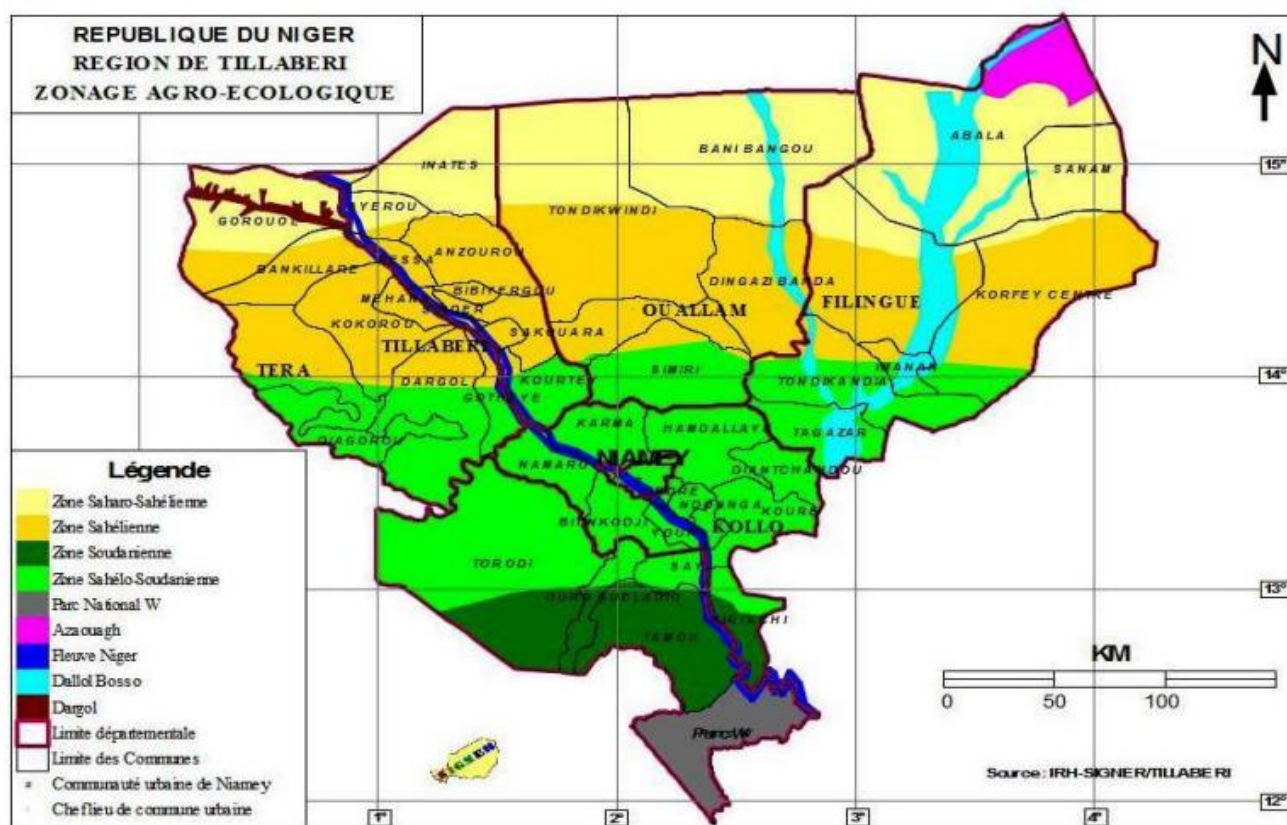


Fig. 1. Agro-ecological zoning map of the Tillabéri region

2.2 METHODS

2.2.1 SAMPLING AND FIELD INVESTIGATION

The survey was carried out in Tillabéry, Kourthèye, Say, Tamou Téra and Diagourou. These sites were chosen on the basis of rainfall variability, vulnerability to climate change and cropping practices. In each locality, 10 farming households were selected at random from a list of people meeting the following criteria: The target households were mainly farmers, market gardeners and agro-pastoralists. These households were selected with the help of the technical services. The head of household must be at least 45 years old. This age criterion is explained by the fact that climate change is very slow and it is adults who can have experienced it. The head of household must also have lived in the locality for at least 15 years. It is also assumed that, at the age of 15, an individual is capable of memorising certain key facts about climate change and changes in the natural environment over the past 30 years and of revealing them. The data was collected over a period of six (6) days. The work was carried out in two sequences, the first of which took the form of a focus group that enabled us to interview 60 farmers (men and women) using an interview guide. These groups ranged from 6 to 10 people in each of the localities; then thirty (30) other selected people answered an individual questionnaire containing closed and open questions, and finally twenty (20) other people were questioned about their perception of climate change indicators and environmental and agricultural impact indicators. Climate change indicators are meteorological parameters whose evolution over time reflects climate change. It should be noted that the questions asked of the farmers about their perception of climate change are consistent with the indices of the Expert Team on Climate Change Detection Monitoring and Indices (ETCCDMI) (Zhang and Yang, 2004).

2.2.2 STUDY OF CLIMATE VARIABILITY

2.2.2.1 ANALYSIS OF AIR TEMPERATURE AND RELATIVE HUMIDITY

Air temperature and relative humidity in the study area were analysed using descriptive statistics (mean values) and graphical representations. This analysis was carried out using DSSAT. DASST is a software package that enables crop simulation, assessment of the impact of climate variability and climate change, gene-based modelling and breeding selection, water use, greenhouse gas emissions and long-term sustainability through soil organic carbon and nitrogen balances.

2.2.2.2 ASSESSMENT OF THE RAINFALL INDEX

The study of variability in the length of the rainy season is based on the method developed by Ozer and Erpicum (1995). To assess changes in rainfall over the years, the rainfall index method was applied. This method has the advantage of highlighting periods of surplus and deficit. For each of the rainfall stations selected, an interannual rainfall index was determined. It is defined as a reduced centred variable expressed by equation 1 (Servat et al., 1998). The dynamics of seasonal rainfall patterns in the study area were analysed by comparing the rainfall normals for the periods 1984-2021 with those for the 1961-1984 period (reference). A normalised principal component analysis (NCCA) was used to analyse the impact of climatic factors on seasonal rainfall patterns.

2.3 DATA ANALYSIS AND PROCESSING

The climatic data collected were observed and processed using DSSAT version 4.8, STATA 13.0 and Excel spreadsheet software. The climatic parameters recorded in Tillabéri, Kourthèye, Say, Tamou, Téra and Diagourou cover the period 1984-2020. Descriptive statistics such as the mean and frequencies of the variables studied were calculated using STATA 13.0 software. Past data (over 30 years) relating to meteorological parameters was compared with that of the last 15 years in order to highlight climate change. This comparison was also used to find out whether growers had noticed an increase or decrease in rainfall in their area in recent years. The factors influencing local perceptions of the disruption of the rainy season were analysed using binary logistic regression. The disruption of the season is reflected in the decrease, irregularity, late start and early cessation of the rains. Four regressions were run on these perception variables. The model parameters were estimated using the maximum likelihood method (Nkamleu and Kielland, 2006; Adesina *et al.*, 2000). The equation for the binary model is as follows: $Y_i = x_i \beta + \epsilon_i$ (1) Where:

- Y_i is the latent variable which takes the value 1 if the producer perceives the disruption of the rainy season and 0 if he does not;
- X_i designates the explanatory variables indicating the factors that influence farmers' perception of this seasonal disruption and,

- ϵ_i is the standard error. The explanatory variables for these regressions are the socio-economic characteristics of the households: the sex of the head of household (Sex), his or her age (Age), level of education (Education), membership of a farmers' organization (FO), household size (Size) and agroforestry activity. The table below shows the explanatory variables. Binary logistic regression has also been used to determine the determining factors in the choice of climate change adaptation strategies (Sale et al., 2014; Loko et al., 2013). In equation (1), Y_i represents a dichotomous dependent variable that takes the value 1 if the agricultural producer adopts a climate change adaptation strategy and the value 0 if he does not, and x_i is the set of explanatory variables. These variables are the adaptation practices. Four practices were modelled. These were zaï, stone barriers, manure pits and irrigation. The explanatory variables are the perception variables (decrease in rainfall, irregularity, late onset and early cessation of rains).

3 RESULTS

3.1 SOCIO-ECONOMIC CHARACTERISTICS OF HOUSEHOLDS

The survey population was made up of 76% men and 24% women. The average age of the heads of household was 55. The average household size was 13 people. More than half (57.6%) of the heads of household are illiterate. Rain-fed and irrigated agriculture are the main economic activities in the region (99.3%). Livestock rearing and market gardening are secondary activities, practiced by 31.3% and 18.7% of the population respectively. The majority of producers (68.7%) are engaged in subsistence farming, while 30.3% are also engaged in cash crops. Half of all households are members of a farmers' organization (FO). Nearly two-thirds of farmers (62%) have already received training in agricultural technologies. The average level of agricultural equipment owned by households is 75% for ploughs, 71.7% for carts, 65.3% for picks and 42.3% for shovels. Breeders of small ruminants account for 51.7% of the population. Breeders of large ruminants with more than 12 head of cattle account for 12% of producers. Almost half of farmers (50.8%) have access to agricultural inputs (improved varieties, mineral fertilizers, etc.) subsidized annually by the State. A small number of farmers (10.3%) have access to agricultural credit. This poor access limits the scope for substantial investment in more intensive farming in the study area.

3.2 VARIATION OF TEMPERATURES (MAX & MIN) IN THE AREA BY YEAR

The figure below illustrates the inter-annual variation in temperatures in the study area.

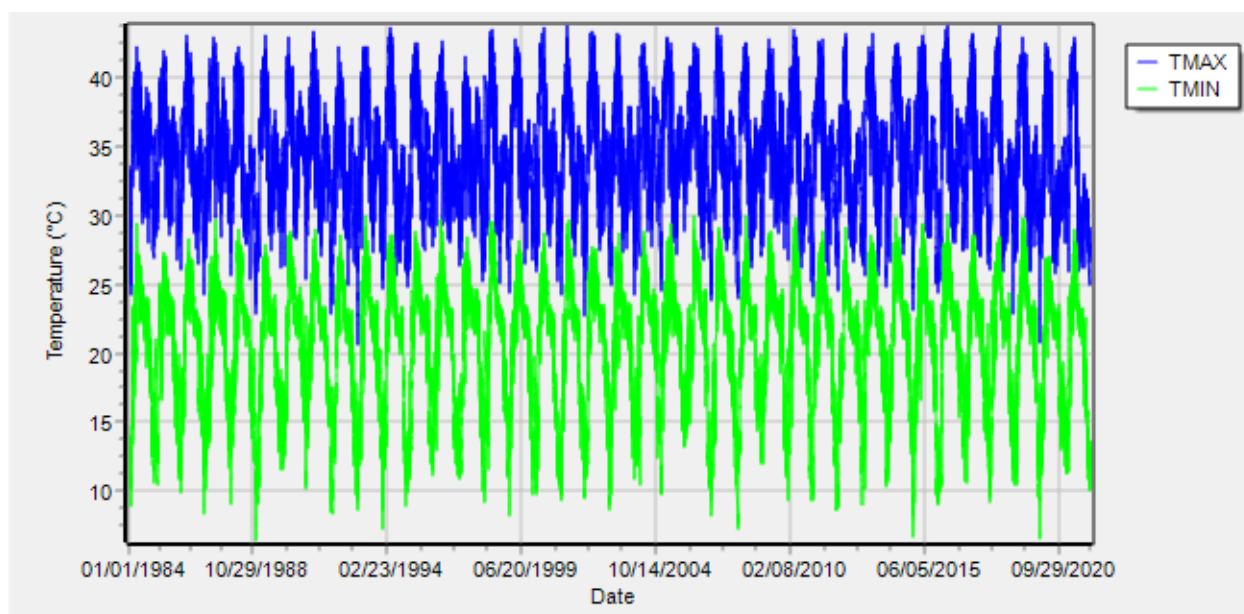


Fig. 2. Variation in minimum and maximum temperatures from 1984 to 2020 in the study area (DSSAT version 4.8)

The table below illustrates the climate parameters and indicators of climate variability.

Table 1. List of climate parameters and indicators linked to climate variability and change

Climatic parameters	Climate change indicators
Temperatures	Hot days, hot nights, cold days, cold nights, length of cold period
Rainfall	Decrease in rainfall, intensity, irregularity, late onset, early cessation, frequency and duration of dry spells
Winds	Violence and frequency
Swirls	Violence and frequency
Mists of dust	Frequency and persistence

These data are fairly homogeneous, of good quality and representative of the study area. The availability of data for all the climatic parameters is linked to the availability of these data at the national meteorological service. The data used were used to study climate variability in time and space and its impact on seasonal weather patterns.

3.3 RAINFALL INDICES

The figure below shows how the rainfall index varies from year to year in the study area.

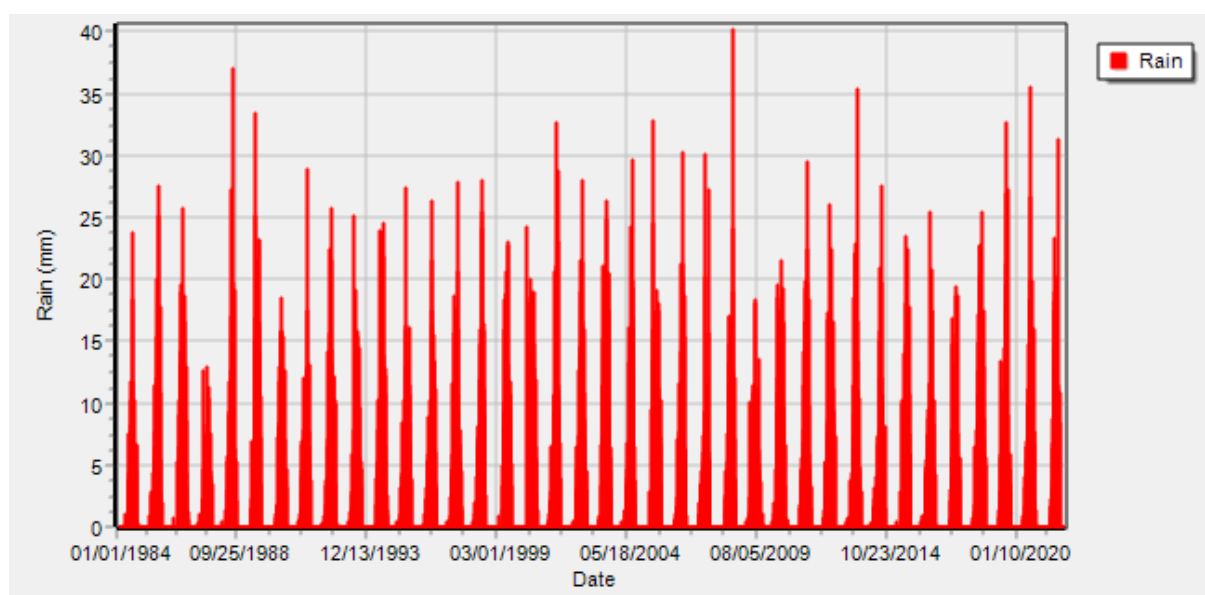


Fig. 3. Variation in rainfall indices for the study area over the period 1984-2020 (DSSAT version 4.8)

The figure shows inter- and intra-annual variation in rainfall indices in the study area. This reflects a spatio-temporal distribution of rainfall according to geographical area. The highest inter-annual peaks are observed on the following dates: 09/25/1988, 03/01/199, 05/18/2004, 08/05/2009 and 01/10/2020. However, inter-annual variations are also observed (09/25/1988 and 01/10/2020).

3.4 PERCEPTION OF CLIMATE CHANGE FACTORS

The figure below presents the perception of climate change factors by farmers.

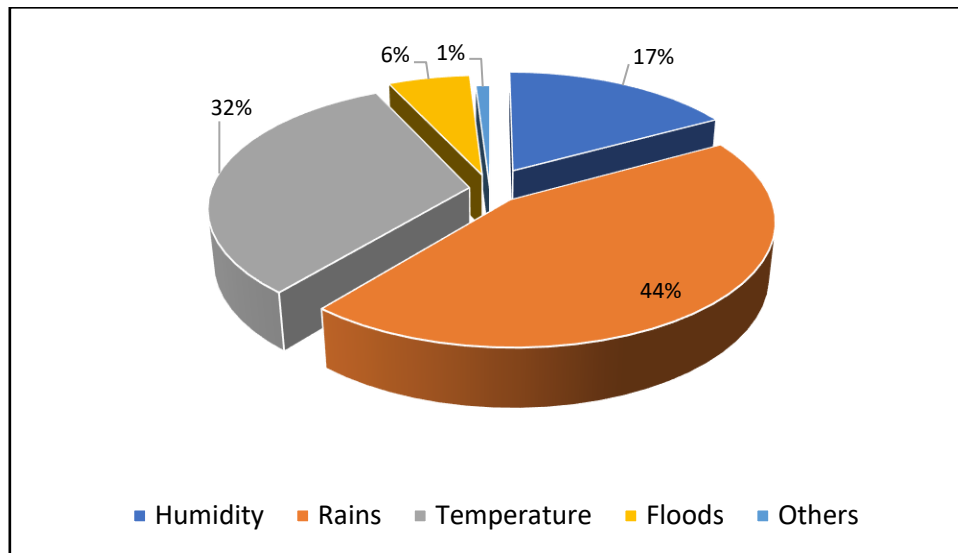


Fig. 4. Distribution (%) of surveys according to their perception of the most decisive elements of the climate change

Analysis of the diagram shows that for parameters such as rainfall, temperature, humidity, flooding and others (drying up of the river), which are indicators for measuring climate change at local level. Rainfall variation is the element with the highest rate of perception of climate change, with a percentage of 44%, followed by temperature with 32%, then humidity with 17%, and then flooding with 6%.

3.5 ENDOGENOUS PERCEPTION OF CLIMATE CHANGE INDICATORS

3.5.1 PAYSAN PERCEPTION OF RAINFALL VARIATIONS

Local people remember abundant and regular rainfall in the past, and longer rainy seasons. In the past, when we saw cloudy skies in the morning, we were sure it was going to rain during the day". This result reflects the regularity of the rainfall. The rain used to be light and could last for several hours during the day. At present, local people are noticing a change in the rainy season. Indeed, 76.7% of the people questioned noted a 50.7% drop in annual rainfall and felt that the rains were irregular (Figure 6).

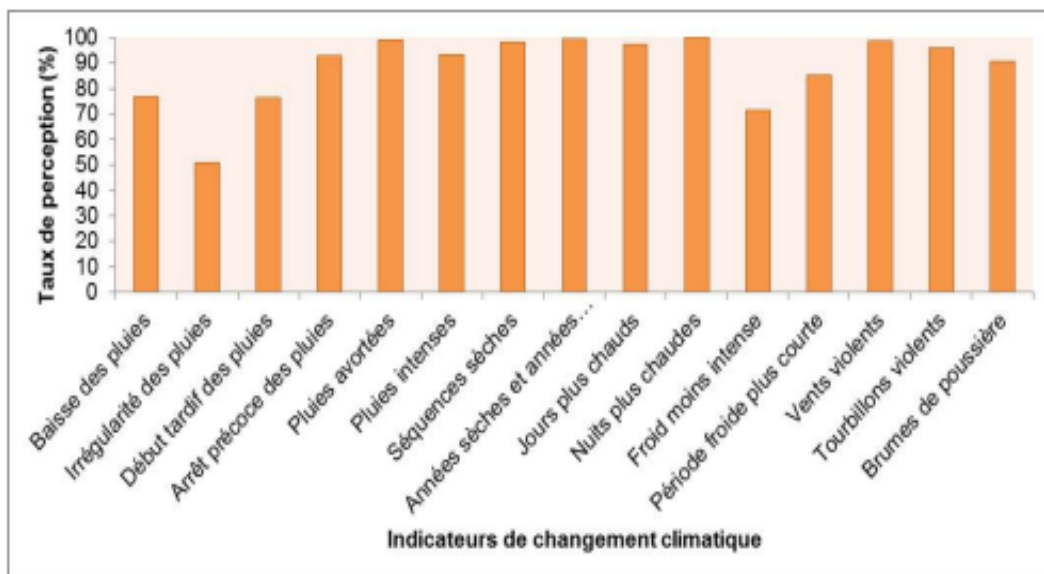


Fig. 5. Climate change perception indicators in Tillabéri, Kourthèye, Say, Tamou Téra and Diagourou

The high incidence (99% of responses) of aborted rains reflects this irregularity. Some people even mentioned this variability in rainfall from one village to another. The rainy seasons start late and end earlier, according to 76.3% and 92.7% of the population respectively. This early cessation sometimes occurs around the crop flowering-maturing period. According to the local people, "There is often a shortage of two or three rains spread out over time to enable rain-fed crops to complete their cycle". The current rains are heavier and only last for a few moments during the day. Dry spells are more frequent and last longer. The ones most observed by people are those lasting [10-13] and [15-18] days, because of their negative impact on rain-fed crops. Rainy and dry years have alternated over the last 15 years. This alternation is perceived through its positive or negative impacts on crop yields. In the localities of Tillabéri, Kourthèye, Say, Tamou Téra and Diagourou, people do not perceive an increase in rainfall in recent years in their area, but rather the occurrence of extreme rainfall.

3.5.2 PAYSAN PERCEPTION OF EXTREME TEMPERATURES

People are recognising that the days and nights are getting hotter. These results reflect an increase in daily maximum and minimum temperatures observed throughout the year. Local perceptions indicate that the traditional cold season of the past (December to February) is becoming warmer (71.3% of responses) and shorter (85% of responses). People perceive the rise in temperatures through its impact on their activities. The high temperatures in March, April and May have an impact on field preparation (spreading organic fertilizer, collecting rubble to build stone barriers, making zaï holes, etc.). The early drying up of water reservoirs is partly linked to higher temperatures, which cause evaporation.

3.5.3 PUBLIC PERCEPTION OF WINDS, WHIRLWINDS AND DUST MISTS

The appearance of high winds is a new phenomenon for local people. According to 98.7% of those surveyed, the winds have become more violent and more frequent. They appear in the form of tornadoes during the rainy season, causing major damage to homes and crops. The increasing violence of the whirlwinds is reported by a large majority of the population (95.7%). In addition, almost all the population (90.7%) report that dust mists are more frequent as the rainy season approaches and can persist for several days. These mists affect the fruiting of woody plants such as *Vitellaria paradoxa*, *Lannea microcarpa*, *Parkia biglobosa*, etc.

3.5.4 PAYSAN PERCEPTION OF ENVIRONMENTAL CHANGES

Figure 7 below illustrates farmers' perceptions of environmental changes as a result of climate change.

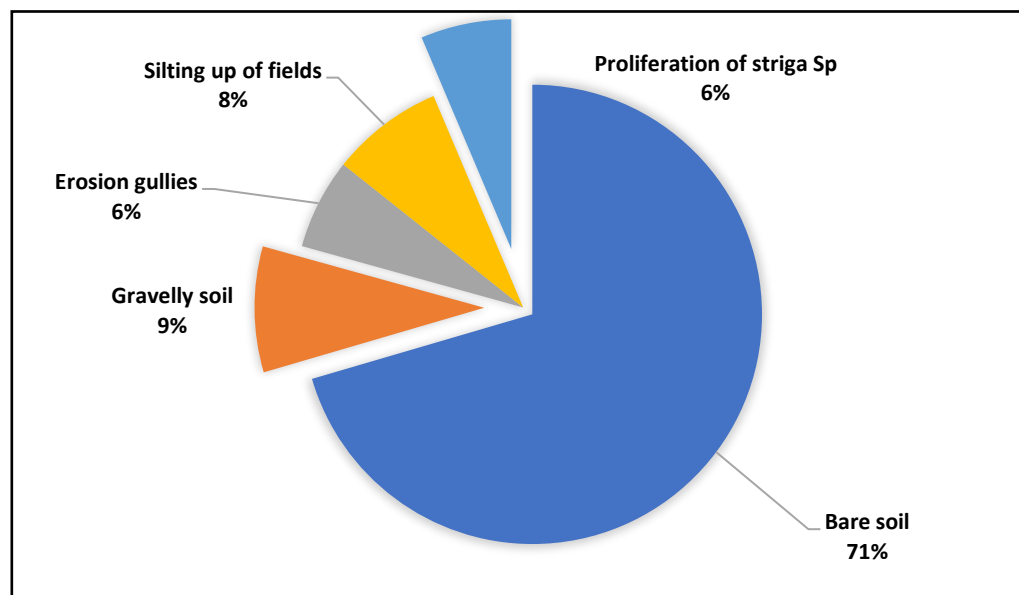


Fig. 6. Perception des indicateurs sur la modification environnementale

Farmers identified five indicators of environmental change, Bare soil (77.3%), gravelly soil (9.7%), erosion gullies (7%), silting up of fields (8.7%) and the proliferation of *Striga* sp. (7%) in sorghum, millet and cowpea fields are all indicators of degradation of agricultural land.

Table 3 provides information on the reduction in herbaceous plants (30.7%) and the drying out and mortality of woody plants (20.3%), which are visible signs of land degradation in natural vegetation. Low agricultural yields (40.7%) are an indicator of soil degradation. The main causes of these changes are reduced rainfall (82%), the action of strong winds (37.3%), water erosion (34%) and intensive deforestation (24.3%). To these must be added harmful agricultural practices such as the absence or reduction of the fallow period, bush fires, low inputs of organic and mineral fertilisers, low use of CES/DRS techniques, etc. The cover of natural vegetation (woody and herbaceous) that used to protect the soil has declined sharply, leaving the soil vulnerable to erosion.

Table 2. Parameters and indicators of environmental change

Parameters	Indicators of environmental changes
Soil	• Appearance and spread of bare ground ; • Appearance and spread of gravelly soils; • Silting of cultivated plots; • Appearance and extension of erosion gullies..
Ecological	Appearance and proliferation of invasive terrestrial and aquatic plants and death of trees.
Agronomic	Low agricultural yields

4 DISCUSSION

The first important observation to emerge from this study concerns the structure of the respondents. There is a slight numerical superiority of men over women. According to Jacques et al (2007), one of the important aspects of African agriculture is the family nature of farms, the family being the unifying factor and therefore the bearer of the project and objectives. The populations of Tillabéry, Kourthèye, Say, Tamou Téra and Diagourou perceive the negative effects of climatic variations to be due to the decrease and irregularity of rainfall, the late start of the rainy season and the early cessation of the rains. The period 1984-2020 is characterised by alternating dry and wet years, reflecting greater inter-annual variability in rainfall in Tillabery Kourthèye and Diagourou. December, January, August and September will become warmer, and November and March will also see slight increases in temperature (Ministère de l'Environnement et du Cadre de vie, 2007).

Extreme climatic phenomena are veritable catalysts for the degradation of the biophysical environment. In the study area, this degradation is reflected in the spread of bare soil, glaci commonly known as "Gangani", erosion gullies, the disappearance of grass cover, the silting up of fields, the proliferation of invasive plants, the mortality of ligneous plants and the drop in agricultural yields. Most of these signs are indicators of the negative effects of climatic variations.

The majority of farmers surveyed noted a drop in crop yields. The sudden cessation of rain prevents crops from completing their vegetative cycle. Similarly, the dry spells that occur during the seed set phase have a significant impact on yields. In addition, the soils in the study area are low in organic matter, phosphorus and nitrogen (Da et al., 2008), which has a major impact on cereal yields. In addition, heavy pressure from invasive plants is a major agricultural constraint. To adapt to the recent negative effects of climate change, farmers have implemented a number of strategies and practices. The most important of these are the adoption of CES/DRS techniques, ANR, small-scale irrigation, manure pits and varietal adaptation. Recurrent droughts and deforestation have led to a reduction in vegetation cover, exposing soils to wind and water erosion. This has led to a decline in soil fertility, reducing crop yields and affecting farmers' incomes. Farmers have responded by adopting techniques such as stone cordons and zaï. Various practices have been implemented by farmers in response to climatic constraints in the study area.

5 CONCLUSION

People in the study area perceive climate change in terms of reduced rainfall, higher temperatures, flooding and the early drying up of water sources. These climatic hazards have a negative impact on the biophysical environment, with repercussions for agricultural production. This study has shown that the socio-economic characteristics of households influence their perceptions of climate change and the adoption of adaptation practices. The main adaptation strategies are the adoption of CES/DRS techniques, irrigation, ownership of manure pits and varietal adaptation. The adoption of an adaptation strategy by

a farmer depends on his perception of climate change and its causes, its negative impacts on the biophysical environment and the means at his disposal to provide solutions. The adaptation and resilience capacities of farmers in Tillabéry, Kourthèye, Say, Tamou, Téra and Diagourou need to be strengthened through training in adaptation to climate change within farmers' groups. This helps to improve their perception of the phenomenon and helps them to better develop their adaptation strategies. Climate information is necessary to enable them to increase their agricultural production with a view to achieving food security. Providing them with agricultural equipment would strengthen their capacity to rehabilitate degraded land. In terms of future prospects, it is vital to innovate current agricultural practices or to seek new adaptation practices for producers. Endogenous seasonal climate forecasting indicators should be further promoted, as they enable farmers to predict how the rainy season will unfold and provide them with better guidance in implementing their strategies and practices for adapting to climate change.

REFERENCES

- [1] Amani Michel Kouassi, Koffi Fernand Kouamé, Yao Blaise Koffi, Kouakou Bernard Dje, Jean Emmanuel Paturel and Sekouba Oulare, «Analyse de la variabilité climatique et de ses influences sur les régimes pluviométriques saisonniers en Afrique de l'Ouest: cas du bassin versant du N'zi (Bandama) en Côte d'Ivoire», *Cybergeo: European Journal of Geography [Online]*, Environnement, Nature, Paysage, document 513, online 07 December 2010, accessed 03 June 2024.
URL: <http://journals.openedition.org/cybergeo/23388>
DOI: <https://doi.org/10.4000/cybergeo.23388>.
- [2] Maurizio TIEPOLO, Climate risk and adaptation in the Tillabéri Region, Niger. Building capacity for analysis and assessment, 2016.
- [3] KATIELLOU GAPTIA LAWAN, MAURIZIO BACCI and MOUSSA MOUHAIMINI, Caractérisation climatique de la région de Tillabéri, Rapport d'activité du Projet Adaptation Au changement climatique, prévention des catastrophes et Développement agricole pour la sécurité Alimentaire, Niamey-Niger, 36P, 2014.
- [4] Tarchani and Tiepolo, Climate risk and adaptation in the Tillabéri region of Niger Pour renforcer les capacités d'analyse et d'évaluation, *Études africaines - Série Géographie*, l'Harmattan Paris, 282P, 2016.
- [5] Zhang, X. ET F. Yang, RCLimDex 1.0, User Manual. Climate Research Branch Environment, Downsview, Ontario, Canada, 23p, Expert Team on Climate Change Detection, Monitoring and Indices (ETCCDMI)
[online] URL: <http://cccma.seos.uvic.ca/ETCCDMI/RCLimDex/rclimdex.r>, 2004.
- [6] E. Servat, Jean-Emmanuel Paturel, Brou Kouame, Michel Travaglio, Mahaman Ouedraogo, Jean-François Boyer, Identification, characterisation and consequences of hydrological variability in West and Central Africa. Wafer Resources Variability in Africa during the XXth Century (Proceedings of the Abidjan'98 Conference held at Abidjan, Cote d'Ivoire, November 1998). IAHS Publ no. 252, 1998.
- [7] Ozer, P., and Erpicum, M, « Méthodologie pour une meilleure représentation spatio-temporelle des fluctuations pluviométriques observées au Niger depuis 1905 ». *Sécheresse*, 6 (1), 103-108, 1995.
- [8] Sale, A., D.P. Folefack, G.O. Olwoyere, N. LenahWati, W.V. Lenzemo and A. Wakponou, Climate change and determinants of organic manure adoption in the semi-arid Kibweri region of Kenya, *International Journal of Biological and Chemical Sciences* 8, 2, pp. 680-694, 2014.
- [9] Loko, Y.L., A. Dansi, A.P. Agre, N. Akpa, I. Dossou-Aminon, P. Assogba, M. Dansi, K. Akpagana and A. Sanni, Perceptions paysannes et impacts des changements climatiques sur la production et la diversité variétale de l'igname dans la zone aride du Nord-ouest du Bénin, *International Journal of Biological and Chemical Sciences*, 7, 2, pp. 672-695, 2013.
- [10] Da, C.E.D., H. Yacouba and S. Yonkeu, Unités morpho-pédologiques et gestion de la fertilité.

Medieval Moroccan Sufi Imaginary of *Tazkiyah*: Oral Narratives on Taming the Lion as a Manifestation of Subduing the *Nafs*

Amedjar Lahoucine

Mohammed V University, Faculty of Letters, Rabat, Morocco

Copyright © 2024 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 mystical teachings of world traditions alongside the spiritual teachings of Sufism have long been occupied with the idea of understanding the *nafs* (the inner self) and the various inflictions of the ego. Although the perception of the *nafs* differs from one religious, spiritual, philosophical tradition to the other, it is a matter of fact that all of these teachings have sought to establish the centrality of the human struggle in the process of cultivating the *nafs* and overcoming the fluctuations of the ego for the purpose of achieving self-salvation and liberation. In this regard and based on a legal and theological understanding of the notion of *tazkiyah* (self-purification) as well as a textual reading of some oral narratives and stories from the teachings of Zen spirituality, Christian mysticism, and Moroccan Sufism which have linked the reprehensible and blameworthy attributes of the human *nafs* to the vicious aspects of wild animals, including oxen, tigers, bears, and lions, the research seeks to underline the medieval Moroccan Sufi imaginary of *tazkiyah*. It argues that some oral narratives of medieval Moroccan ascetics on possessing the *karāma* (saintly marvel) of taming the lion symbolizes the idea of subduing the *nafs*.

KEYWORDS: zen spirituality, christian mysticism, moroccan sufism, self-purification, spiritual struggle, self-reform, saintly marvel, taming animals.

1 INTRODUCTION

The term *tazkiyah* is usually perceived as one of the most comprehensive concepts in Islamic teachings, especially that the term and its various derivative forms have been frequently mentioned in the Quran and the reported sayings of the Prophet. The linguistic connotation of *tazkiyah* in Arabic language is derived from the verbal root *zakkā* (lit. to grow), and it revolves around a wide range of meanings all of which have to do with self-purification, self-development, personal growth, and self-righteousness gained through the process of subduing the *nafs* (the inner self) and its untamed desires from the lust of the ego.¹ While some of these concepts are also rooted in contemporary major self-theories of various fields, the means and ways of self-discipline have been dealt with in Sufism through what is known as *ilm as-sulūk* (lit. science of conduct).² In this regard,

¹ Throughout this article, I translated the Arabic word *an-nafs* and *tazkiyat an-nafs* in English as "the inner self" and "self-spiritual purification" respectively without actually indulging into the discussion of the various synonymous translations of the term, which, for the limit of the scope of the current paper are not going to be discussed thoroughly. However, for more details on these issues, see Anas Ahmad Karzun, *Minhaj al-Islam fi tazkiyat al-nafs* (2 vols. Beirut : Dar Ibn Hazm, 1997), vol. 1, pp. 26-40 ; see also Abd al-Rahman Hasan Habanaka al-Maydanl, *al-Akhlaq al-Islamiyya wa Ususuha*, 5th ed (2 vols. Damascus: Dar al-Qalam, 1999), vol. 1, pp. 229-55; A.S. Tritton, 'Man, *nafs*, ruh, qalb, Bulletin of the School of Oriental and African Studies, 34:3 (1971), pp. 491-5.

² Among the synonymous legal terms for *taṣawwuf* (Sufism) in Sufi literature, *ilm as-sulūk* (science of conduct), *ilm al-akhlāq* (science of ethics), *ilm al-haqāiq wa al-manāzil wa al-aḥwāl* (science of truths, stages, and states), *ilm al-mu'āmalāt* (science of dealings). See, Muḥammed 'Alī at-Tahānawī. *Mawsū'at Kashshāf Iṣṭilāḥat al-'Ulūm*. Translated by 'Abdullāh al-Khāldī. (Beirut: Maktabat Lubnān Nāshirūn, 1996), v 1, p 41.

and as earlier as the 2nd/7th centuries of Islam, a copious literature on *ādāb an-nafs* (self-etiquettes) and *riyādat an-nafs* (disciplining the inner self) has already been produced by eminent Sufi scholars such as al-Ḥārith ben Asad al-Muḥāsibī (d. 243/857), al-Ḥakīm at-Tirmidhī (d.320/869), Abū ‘Abd ar-Raḥmān as-Sulamī (d. 412/1021), and Abū Ḥāmid al-Ghazālī (d.505/1111).³ The research aims at investigating the Moroccan Sufi imaginary of *tazkiyah* as underlined in the Sufi literature by scrutinizing the various manifestations of the Sufi practices surrounding self-discipline, including some oral narratives on the idea of taming animals, especially the lion, and its representations in the process of subduing the *nafs*. By contemplating the linguistic and theological connotations of *tazkiyah*, discussing the stages of self-reform, and highlighting *jihād an-nafs* (spiritual struggle) in the practice of *tazkiyah*, the research provides an overview on the depictions of the inner self in some oral mystical and Sufi traditions, arguing that Moroccan Sufis perceive taming animals as a manifestation of subduing the *nafs*. These early Sufis consider *hawa an-nafs* (the lust of the ego) as one of the most vicious foes that need to be subdued and disciplined, a process which is presumably depicted in medieval Moroccan Sufi imaginary in the form of oral narratives on possessing the *karāma* (saintly marvel) of taming the lion, one of the most vicious animals that symbolizes *an-nafs al-ammāra bi as-sū’* (the unruly animal self that dictates evil). Although the Quran does not use the term “the animal self” as an equivalent term for *an-nafs al-ammāra bi as-sū’*, as it is more of a philosophical concept⁴, yet many early eminent Sufis, including Abū al-Qāsim al-Qushayrī (d. 465/1072) and Abū Ḥāmid al-Ghazālī (d. 505/1111) provide a very comprehensive analysis on the *nafs*.⁵ They compare the reprehensible and blameworthy attributes of the human *nafs* to the faculties of animals, especially when the person is dominated by the lust of the ego.⁶ In fact, al-Ghazālī ascribes perception to the animal self with its *qiwā hayawāniyya* (animal faculties) and intellection to the human inner self with its *qiwā ‘aqliya* (rational faculties), assuring that when animal faculties overflow the human rational faculties, the person descends to the lowest stage of beasts by being stripped of the sense of humanity and its merits.⁷ As we shall see later on, such views of the *nafs* is well documented in the literature of medieval Moroccan Sufis as well. So, they consider the practice of *mujāhadat an-nafs* (self-spiritual struggle) through *tazkiyah* as the only way towards subduing the animal faculties of the *nafs* because Sufism, as defined by the prominent Sufi scholar Abū al-Ḥasan ash-Shādilī, is “training the *nafs* to be in accordance with ‘*ubūdiyyah* (servitude) and imposing its return to the principles of lordship (*aḥkām al-rubūbiyyah*)”.⁸

2 THE LINGUISTIC AND TERMINOLOGICAL CONNOTATIONS OF TAZKİYAH

As emphasized earlier, the term *tazkiyah* is derived from the linguistic verbal root *zakkā* which literally signifies “to grow” or “to increase”, and the linguistic connotation of the word as a *maṣdar* (verbal noun) *zakāt* denotes the third pillar of Islam (i.e. almsgiving) and revolves around two meanings: purification and growth.⁹ In fact, the Persian philologist ar-Rāghib al-Iṣfahānī (d.502/1108) in his treatise on Arabic lexicography of Qur’anic terms states: “almsgiving is called *zakāt* because of its origins in *an-numuw* (growth) out of the *baraka* (blessing) of the Almighty, and this growth covers both the worldly and

³ Cf. See, for instance, Abū ‘Abdullah al-Ḥārith ben Asad al-Muḥāsibī. *Adāb an-Nufūs*. Edited by ‘Abd al-Qāder Ahmed ‘Aṭa. (Beirut: Muassasat al-Kutub at-Thaqāfiya, 1991). See also, Abū ‘Abdullah al-Ḥārith al-Muḥāsibī *Risālat al-Mustarshidīn*. Edited by ‘Abd al-Fattāḥ Abū Ghudda. (Ḥalab: Dār as-Salām, 1964), 26. See also, Abū ‘Abdullāh al-Ḥakīm at-Tirmidhī. *Kitāb ar-Riyāda wa Adab an-Nafs*. Edited by A. J. Arberry and ‘Ali Hasan ‘Abd al-Qādir (Cairo: Muṣṭafa al-Bābī al-Ḥalabī wa Awlāduh, 1947), 13. See also, Abū ‘Abd ar-Raḥmān as-Sulamī. ‘Uyūb an-Nafs wa Mudāwātuha. Edited by Muḥammed ‘Abd al-Mun‘im Khafājī and ‘Abd al-‘Azīz Sharaf. (Cairo: Dār ash-Shurūq, 1981) and Abū Abū Ḥāmid al-Ghazālī. *Ma‘ārij al-Quds fī Madārij Ma‘rifat an-Nafs*. (Beirut: Dār al-Kutub al-‘Ilmiyya, 1988).

⁴ For a more comprehensive discussion of the *nafs* from a philosophical view see, for instance, Abū ‘Ali ibn Sīna. *An-Najāt fī al-ḥikma al-Manṭiqiyya wa aṭ-ṭabī‘a al-Ilāhiyya*. Edited by Muhy Ed-din Ṣabrī al-Kurdī. (Cairo: Maktabat Muṣṭapha al-Bābī al-Ḥalabī, 1938), 192.

⁵ ‘Abd al-Karīm Abū al-Qasim al-Qushayrī (d. 465/1072) in his epistle assures that when the Sufis use the term *nafs* they usually refer to *mā kāna ma‘lūlan min awṣāfi al-‘abdi wa mazmūman min af‘ālih* (what is regarded as the reprehensible and blameworthy attributes and actions of the human being). See ‘Abd al-Karīm Abū al-Qāsim Al-Qushayrī. *Ar-Rissāla Al-Qushayriyya*. Edited by ‘Abdelhālim Mahmūd and Mahmūd ben Sharīf (Cairo: Matābi‘ Muassat Dār as-Sha‘b, 1989), 174. Abū Ḥāmid al-Ghazālī. *Ma‘ārij al-Quds fī Madārij Ma‘rifat an-Nafs*. (Beirut: Dār al-Kutub al-‘Ilmiyya, 1988), 39-40.

⁶ ‘Abd al-Karīm Abū al-Qasim al-Qushayrī (d. 465/1072) in his epistle assures that when the Sufis use the term *nafs* they usually refer to *mā kāna ma‘lūlan min awṣāfi al-‘abdi wa mazmūman min af‘ālih* (what is regarded as the reprehensible and blameworthy attributes and actions of the human being). See ‘Abd al-Karīm Abū al-Qāsim Al-Qushayrī. *Ar-Rissāla Al-Qushayriyya*. Edited by ‘Abdelhālim Mahmūd and Mahmūd ben Sharīf (Cairo: Matābi‘ Muassat Dār as-Sha‘b, 1989), 174. Abū Ḥāmid al-Ghazālī. *Ma‘ārij al-Quds fī Madārij Ma‘rifat an-Nafs*. (Beirut: Dār al-Kutub al-‘Ilmiyya, 1988), 39-40.

⁷ Ibid.

⁸ Cf. Ḥāmid Saqar. *Nūr at-Taḥqīq fī Ṣiḥhat A‘māl at-Tarīq*. (Cairo: Maṭba‘at Dār at-Ta‘līf, 1970), 98.

⁹ Cf. Abū al-Hussain Ahmed ben Fāris. *Mu‘jam Maqāyīs al-Lughā*. Edited by ‘Ab-Asalām Muḥammed Hārūn. (Beirut, Dār al-Fikr, 1979) v3, 17.

otherworldly matters (i.e. wealth and deeds) of the servant of God”.¹⁰ Al-Iṣfahānī assures that the word *zakāt* is named as such because it implies both hope in God’s blessing and purification of the *nafs*, meaning self-development and growth with goodness and blessing.¹¹ Upon exploring the overall linguistic connotations of the term *tazkiyah* and its derivative forms as indicated in the sacred texts of the Quran and hadith, Ibn Manẓūr assures that it revolves around the meanings of *namā’* (growth), *ṭahāra* (purification), *baraka* (blessing), *ṣalāh* (righteousness), and *madh* (praise), depending on the contextual use of this term and its grammatical function within these sacred texts.¹²

As far as the Quran is concerned, most exegetists emphasize that the verbal form *tazakkā* “who purifies himself and *yatazzakkā* “to purify himself” in verses such as (Qu’ran 35: 18), (Qu’ran 92: 18), (Qu’ran 20: 76), (Qu’ran 73: 18), and (Qu’ran 87: 14) denote the linguistic connotation of “purification”, depending on the verbal form in these verses.¹³ Many other verbal forms of the plural form such as *yuzakkikum* “he is purifying you”, *yuzakkīhim* “he is purifying them”, and *yuzakkūn* “they purify themselves” in verses (Qu’ran 2: 129), (Qu’ran 2: 151), (Qu’ran 2: 174), (Qu’ran 3: 77), (Qu’ran 3: 164), (Qu’ran 4: 49), (Qu’ran 9: 103), and (Qu’ran 62: 2) are also interpreted by Quranic exegetists to indicate the meaning of “purification”.¹⁴ However, many early Quranic commentators did not explain the rhetorical cause (*as-sirr al-balāghī*) behind the introduction (*taqdīm*) of the word *yuzakkīhim* in the above-mentioned verses as opposed to the delay (*takhīr*) of it in verse (Qu’ran 2: 129). While these verses emphasize that *tazkiyah* alongside the teaching of *al-kitāb* (lit. the book) and *al-hikma* (lit. wisdom) are the noblest missions of the Prophet of Mohammed (peace be upon him) towards his *ummah* (nation), the mission of purification cited in verse (Qu’ran 2: 129) should be understood in the context of the Prophet Abraham and Ishmael’s prayer which was accepted in favor of the Prophet Mohammed.¹⁵ In attempting to explain the wording arrangement of these Prophetic missions as mentioned in the prayers of the Prophet Abraham and Ishmael in verse (Qu’ran 2: 129), the renowned Tunisian Quranic commentator Muḥammad aṭ-Ṭāhir ben ‘Āshūr (d.1393/1973) assures that such wording arrangement (i.e. recitation of the book, teaching of wisdom, and purification) is in consistence with the revelation. This is because the first thing to be conveyed is the recitation of the Qur’an, then teaching its meanings, and finally teaching useful knowledge through which one obtains inward and outward purification.¹⁶ The term *tazkiyah*, denoting the inward and outward purification of the *nafs*, is usually approached by the Sufis as one of the defining aspects of Sufism.¹⁷ In his attempts to define Sufism, Abū al-Qāsim al-Qushayrī (d. 465/1072) cites the word *ṣafā’* (purification) as one of the derivatives of the term *taṣawwuf*, though he emphasizes that such derivative is far from the Arabic lexicon.¹⁸ In fact, the eminent Persian Sufi Abū Bakr al-Kalābādhī (d.384/994) in his treatise *At-ta’arruf li madhabī ahli at-taṣawwuf* (the Doctrine of the Sufis) attributes *ṣafā’* (purification) as a linguistic connotation of *taṣawwuf* to the renowned scholar Bishr al-Hāfi (d.227/841) while Ahmed Ibn ‘Ajība al-Idrissī (d.1224/1809) ascribes it to Saḥl at-Tusturī (d. 283/896).¹⁹

As far as the prophetic tradition is concerned, many hadith reports indicate that the meaning of *tazkiyah* is synonymous with the Sufi state of *murāqabah* “inward accounting” or “spiritual surveillance”. In an authentic hadith, ‘Abdullah ben Mu’āwiya al-Ghādirī reports that a man asked the Prophet about the meaning of *tazkiyah* and the Prophet said: “*tazkiyah* is to know that God is with you wherever you are”.²⁰ As we shall see in further details, *murāqabah* is a constant continuous heightening of self-spiritual awareness and self-consciousness of the divine presence through the process of *tazkiyah* and self-improvement towards the sublime *maqām* (state) of *ihsān* (excellence) as defined by the famous hadith of the archangel

¹⁰ Cf. Ar-Rāghib al-Iṣfahānī. *Mufradāt al-Fāḥ al-Qurān*. Edited by Safwān ‘Adnān Dāwudī. 4th edition (Damascus: Dār al-Qalam, 2009) v1, 380.

¹¹ Ibid.

¹² Cf. Ibn Manẓūr. *Lisān al-‘Arab*. (Beirut: Dār Ṣāder, 1990) v14, pp 358-359.

¹³ Cf. Qur’anic commentaries on the following verses: (Qu’ran 35 :18), (Qu’ran 92 :18), (Qu’ran 20 :76), (Qu’ran 73 :18), (Qu’ran 87 :14).

¹⁴ Cf. Qur’anic commentators on the following verses (Qu’ran 2 :129), (Qu’ran 2 :151), (Qu’ran 2 :174), (Qu’ran 3 :77), (Q. 3 :164), (Q. 4 :49), (Q. 9 :103), (Q. 62:2)

¹⁵ Cf. (Qu’ran 2 :129).

¹⁶ Cf. Muḥammad aṭ-Ṭāhir ben ‘Āshūr. *Tafsīr at-Taḥrīr wa at-Tanwīr*. (Tunisia: ad-Dār at-Tūnusiyya li an-Nashr, 1984), v1, p723.

¹⁷ Cf. Ahmed Ben ‘Ajība. *Iqadh al-Himam fi Sharh al-Hikam*. Edited by Ahmed Hassab Allah (Cairo: Dar al-Ma’arif, n.d), 16. See also, Hāmid Saqar. *Nūr at-Taḥqīq fi Ṣiḥḥat A’māl at-Ṭarīq*, 98.

¹⁸ Cf. ‘Abd al-Karīm Abū al-Qāsim Al-Qushayrī. *Ar-Rissāla Al-Qushayriyya*. Edited by ‘Abdelhālīm Mahmūd and Mahmūd ben Sharīf (Cairo: Matābi’ Muassat Dār as-Sha’b, 1989), 464.

¹⁹ Cf. Abū Bakr al-Kalābādhī. *At-Ta’arruf li Madhabī Ahli at-Taṣawwuf*. Edited by Arthur John Arberry. 2nd edition (Cairo: Maktabat al-Khānjī, 1994), 5. See also Ahmed Ben ‘Ajība al-Idrissī. *Mī’rāj at-Taṣawwuf ila Ḥaqāiq at-Tṣawwuf*. Edited by ‘Abdelmajid Khayyālī. (Casablanca, Markaz al-Turāth al-Thaqāfi al-Maghribī, 2004), 26.

²⁰ Cf. Abū Baker al-Bayhaqī. *As-Sunan al-Kubrā*. Edited by Muḥammad ‘Abd al-Qāder ‘Aṭā. (Beirut: Dār al-Kutub al-‘Ilmiyya, 2002), v4, 161.

Gabriel.²¹ Such spiritual state of excellence and perfection, however, entails striving and undergoing a spiritual path of extensive exercise of *jihād an-nafs* (self-spiritual struggle) through six stages. These stages begin with *al-mushāraṭa* (setting out conditions), and it is usually evaluated by *al-muḥāsaba* (ongoing self-account) so that one can eventually attain the sublime stage of *al-mushāhada* (witnessing).²² However, before indulging into the discussion of this stage of *al-mujāhada* (self-spiritual struggle), an indispensable preliminary of the literature on the concept of *tazkiyah* as well as an explanation of the unrefined state of the *nafs* and its stages of reform is inevitably needed.

3 AN OVERVIEW ON THE CONCEPT OF *TAZKIYAT AN-NAFS* IN THE LITERATURE

As we have already emphasized, most of early and modern literature on the Sufi teachings do you usually refer to the subject matter of *tazkiyat an-nafs* under different headings all of which have sought to indicate the pivotality of this concept, especially that Sufism itself is allied with the notion of *tazkiyah*. In fact, *tazkiyah* is regarded as one of the most agreed upon principles in Islam as it matters both Sufis and non-Sufis alike. The Hanbalī traditionalist al-Hāfiz ibn Rajab (d. 795/1393) in his *Majmū' ar-rasā'il* (Miscellaneous Epistles) assures that all revealed messages sought to purify the human *nafs* from its ruses and afflictions.²³ Likewise, the renowned jurist Ibn Taymīyah, Aḥmad ibn 'Abd al-Ḥalīm (d. 728/1328) confirms such view in his epistle on *tazkiyat an-nafs*, stating that the core of the concept of *tazkiyah* is *tawḥīd* (unicity of God) as one cannot achieve self-purification unless he gets rid of its inversion which is *shirk* (polytheism).²⁴

As a matter of fact, early scholars usually use concepts such as *tahzīb* (adornment) of *an-nafs* as a synonymous concept for *tazkiyat an-nafs*, and both Ibn 'Aqīl al-Baghdādī (d. 565/1172) as well as Ibn al-Mubarrad Hassan ben 'Abd al-Hādī al-Maqdisī (d. 909/1509) authored two treatises exploring the adornment aspects of the *nafs* in regards to the etiquettes of seeking knowledge.²⁵ Similarly, the Māliki Sufi jurist Ibn 'Atā Allah as-Sakandarī (d. 709/1309) devotes his magnum opus *Tāj al-'arūs al-ḥawī li tahzīb an-nufūs* (The Bride's Crown Which Includes Self-Adornments) to the discussion of the spiritual and devotional aspects of *tazkiyah* alongside the profound teachings of Sufism.²⁶

Other scholars would incline to use the expressions of *mudāwāt an-nafs* (self-healing) or *muḥāsbat an-nafs* (self-accountability) in dealing with the means of disciplining the *nafs* through the method of spiritual purification.²⁷ Among the most often cited examples in this regard is al-Ḥārith al-Muḥāsibī (d. 243/857) whose spiritual conception of *tazkiyat an-nafs* is thoroughly investigated by Gavin N. Picken in his PhD study.²⁸ Although such work is more of a comprehensive overview on the perception, methodology, and works of al-Muḥāsibī as a prominent master of Islamic spirituality, Picken has actually done so well in citing a useful list of references on the subject matter of *tazkiyah*, paving the way for other scholars to go through such concept in further details.²⁹ Following the works of al-Muḥāsibī, the Baghdādī ascetic Abū Bakr 'Abd Allāh ben Muḥammad ben 'Ubayd ben Sufyān al-Kurashī, known as Ibn Abī ad-Dunyā (d. 281/894), outlined in his five chapter treatise on *Muḥāsbat an-nafs* the deficiencies of the *nafs*, suggesting the spiritual remedies for these deficiencies based on a collection of hadiths ascribed to the Prophet.³⁰ As we shall see later on in further details, the cornerstone of the copious work on *tazkiyat an-nafs* has already been available by the beginning of the 3rd /8th centuries onwards.

²¹ Cf. Abū Nāṣar as-Sarj at-Tūṣī in his treatise *al-luma'* while defining the stage of *al-murāqabah* cite the famous hadith of the archangel Gabriel on *iḥsān*, Abū Nāṣar as-Sarj at-Tūṣī. *Al-luma'*. Edited by 'Abdelhalim Mahmud and Taha 'Abd al-Baqi (Cairo: Dar al-Kutub al-haditha, 1990), 82. For the full hadith see, *Sahih al-Bukhārī*, the Book of Blief, Hadith 50.

²² Cf. 'Abdullah ben Ahmed Ibn 'Ajība al-Idrissī. *Mi'rāj at-Tashawuuf ila Ḥaqāiq at-Tṣuwuuf*. Edited by 'Abdelmajid Khayyālī, 32 and 38.

²³ Cf. Ibn Rajab al-Hanbalī. *Majmu' Rasā'il al-Hāfiz Ibn Rajab*. Edited by Abū Muṣ'ab Ṭal'at ben Fuad al-Julwānī, (Cairo: Al-Fārūq al-Haditha Li at-Tibā'a wa an-Nashr, 2003), 462.

²⁴ Cf. Aḥmad ibn 'Abd al-Ḥalīm Ibn Taymīyah. *Tazkiyat an-Nafs*. Edited by Muhammed ben Sa'id ben Salim al-Qaḥṭānī. (Riyad: Dār al-Muslim li an-Nashr wa at-Tawzī', 1994), 43

²⁵ Cf. Hājī Khalīfa. *Kashf az-Zunūn*. Edited by Isma'il Bāsha. (Beirut: Dār al-Kutub al-'Ilmiyya, nd) v4, 269.

²⁶ Cf. Ibn 'Atā Allah as-Sakandarī. *Tāj al-'Rūs al-Ḥawī li Tahzīb an-Nufūs* (Cairo: Dār Jawāmi' al-Kalim, nd). For English translation, see Sherman A. Jackson. *Sufism for Non-Sufis? Ibn 'Ata' Allah Al-Sakandari's Taj Al-'Arus*. (Oxford University Press: 2012)

²⁷ Cf. 'Alī ibn Aḥmad Ibn Hazm. *Mudāwāt al-Nufūs*. (Beirut: Dār al-Baṣā'ir, 1970), see also

²⁸ Cf. Picken Gavin. *The Concept of Tazkiyat al-Nafs in Islam in the light of the works of al-Harith al-Muhsib*. PhD thesis, (University of Leeds, 2015).

²⁹ Ibid. 8-12. See also, Picken Gavin. *Spiritual Purification in Islam: The Life and Works of al-Muḥāsibī* (Abingdon, Oxon & New York: Routledge, 2011).

³⁰ Cf. Ibn Abī ad-Dunyā. *Muḥāsbat an-Nafs*. Edited by al-Musta'sim bi Allah ben Abi Hurayra and Mustapha ben 'Ali ben 'Iwaz. (Beirut: Dār al-Kutub al-'Ilmiyya, 1986).

4 THE UNREFINED STATE OF THE *NAFS* AND ITS STAGES OF SELF-REFORM

The words *tazkiyah* and *an-nafs* are usually combined together in various Qur'anic verses and prophetic traditions, and I have already cited some of them in the previous paragraphs. However, many other Qu'ranic verses and prophetic hadiths do not necessarily include these two words together. As for the Quran, scholars would usually cite three different verses that manifest the stages of the *nafs* and one of which is the verse (Qu'ran 12: 53) describing the unrefined state of the *nafs* as being prone to evil labeling it *an-nafs al-ammāra bi as-sū'* (the evil-commanding self).³¹ The second verse is (Qu'ran 75: 2) which talks about the *nafs* that feels guilty, labeling it *an-nafs al-lawwāma* (the blaming self).³² The last verse of these stages of the *nafs* is the verse (Qu'ran 89: 27) which is about *an-nafs al muṭma'inna* (the peaceful soul) that is reassured due to its attainment of the highest level of tranquility, certainty, sincerity, and thus final salvation.³³

The first stage of the *nafs*, being the stage of commanding evil, is what the Quran actually ascribes to every human soul as it emphasizes that the *nafs* is naturally inclined towards desires and obsessed with them, and uses its faculties and limbs to achieve them all the time.³⁴ In fact, the revelation contexts (*asbāb an-nuzūl*) of the above-mentioned verse about *an-nafs al-ammāra bi as-sū'* is emphasized in Qu'ranic exegeses, yet most of the earliest commentators disagree on whether the statement in the verse is ascribed to the Prophet Joseph or the wife of al-'Aziz of Egypt. Most of early commentators, including Imam aṭ-Ṭabarī, Imam az-Zamakhsharī, Imam ar-Rāzī, and Imam al-Baydāwī indicate that the verse reflects the Prophet Joseph's statement, as it comes in the context of self-critical of his own *nafs*, confirming the humanistic aspect of the *nafs* which is usually prone to evil, and demonstrating God's blessing of moral infallibility upon him.³⁵ However, some other commentators ascribe such statement to the wife of al-'Aziz, assuring that it is a confession of being guilty inasmuch as it is also an approval of the righteousness of the Prophet Joseph vis-à-vis her alleged accusations of seduction.³⁶

The struggle of the *nafs* through constant resistance and perpetual fluctuation between doing good and commanding evil is also stressed in various Prophetic traditions, and among them is the well-known hadith reported by Imam Anas ben Mālīk in the hadith corpus of Imam at-Tirmidhī, Imam Ibn Māja, and Imam Ahmed. The Prophet is reported saying: "all the sons of Adam are sinners, and the best sinners are those who repent."³⁷ Obviously, repentance is a key concept in the Qu'ran as an entire chapter is named *at-tawba* (repentance), and many verses invite the sinners to constantly repent, including the verse (Qu'ran 2: 222) which bestows God's love upon those who repent and purify themselves.³⁸ The renowned medieval Persian Sufi, 'Alī Al-Hujwīrī (d.465/1072) considers sincere repentance as the initial phase in the spiritual path of *as-sālik* (Sufi wayfarer) towards *falāḥ* (salvation) exactly as the ablution is the fore-step in performing the worship, citing various hadiths which praise the attitude of constant and sincere repentance, including the report of 'Abdullah ben Mas'ūd which says: "the one who repents from sin is like the one who did not sin".³⁹ Likewise, Imām 'Abd al-Wahid ibn 'Ashir in his treatise *al-Murshid al-Mu'in* begins his chapter on the foundations of the spiritual path which lead to the knowledge of God by emphasizing wujūb (the obligation) of immediate *tawba* (repentance) from the misdeeds in the form of feeling sorry and with the preconditions of ceasing the wrongdoings, intending not to persist, and asking for forgiveness.⁴⁰

³¹ Cf. (Quran 12:53).

³² Cf. (Quran 75: 2).

³³ Cf. (Quran 89:27).

³⁴ Cf. (Quran 12:53).

³⁵ Cf. Muhammed ben Jarīr At-Ṭabarī. Jāmi' al-Bayān'an Tafsīr āy al-Quran.' Abdullah ben' Abd al-Muhsin at-Turki. (Cairo: Dār Hājar li at-Tibā' wa an-Nashr, 2001), v13, 207. See also Jār Allah az-Zamakhsharī. *Al-Kashshāf 'An Ghawāmid at-Tanzīl wa 'Uyūn al-Aqāwīl fī Wjūh at-Tāwīl*. Edited by Ahmed 'Abd al-Wujud and Muhammed Muawid. (Riyad: Maktabat al-Bikāt, 1998) v3, 298. See also Fakhr ad-Din ar-Rāzī. *Mafātīḥ al-Ghayb*. (Beirut: Matba'at Dār al-Fikr, 1981), v18, pp 159-160. 'Abdullah ben 'Umar al-Baydāwī. *Anwār at-Tanzīl wa Asrār at-Tawīl*. Edited by Muhammed' Abd ar-Rahmān al-Mar'ashli. (Beirut: Dār Ihya' at-Thurat al-'Aarabī,nd), v3, p 167. Imam ar-Rāzī, and Imam al-Baydāwī.

³⁶ Cf. Ismā'īl ben 'Umar ben Kathīr. *Tafsīr al-Quran al-'Adhim*. Edited by Sāmi ben Muhammed as-Salāma. Dār Tayba li an-Nashr wa at-Tawzī'. (Riyad: 199), V4, 395.

³⁷ Cf. Muḥammad ben 'Īsā Tirmidhī. *Jami Al-Tirmidhi*. Maa Sharhihi Tuḥfat Al-Aḥwadhī / Li-Abd Al-Rahman Al-Mubarakfuri. (Beirut: Dar al-Kitab al-Arabi, 1970), Vol. 4, Book 11, Hadith 2499.

³⁸ Cf. Quran (2:222).

³⁹ Cf. Abu al-Hassan al-Hujwiri. *Kashf al-Mahjub*. Edited by Is'ad 'abd al-Hadi Qindil. (Alexandria: Maktabat al-Iskandariyya, 1984),294. See also Abu 'Abdullah ben Majah. *Sunan Ibn Majah*. (Beirut: Dar Ihay al-Ktub al-'Arabiyya,), Book 37, Hadith 151.

⁴⁰ Cf. Ahmed Myara al-Maliki. *Ad-Durru Athamin wa al-Mawridu al-Mu'in Sharh Al-Murshid al-Mu'in*. Edited by 'Abdullah al-Manshawī. (Cairo: Dar al-Hadith, 2008),546.

The attitude of expressing constant repentance is one of the major characteristics of the second stage of self-reform, and the *nafs* being in this stage of perpetual fluctuation between good and evil is usually defined as *an-nafs al-lawwāma* (the blaming self). Qu'ranic references to such stage of the *nafs* is evident in the previously mentioned verse (Qu'ran 75: 2) while the other verse which does not explicitly mention the term *lawm* (blame) but rather uses its synonymous term *ḥasra* (remorse) is (Qu'ran 39: 57).⁴¹ The eminent exegetist Fakhr ad-Dīn ar-Rāzī (d.606/1210) in his commentary provides six meanings to the blaming self, including that such *nafs* is "the pious *nafs* which blames itself even if it exerts its efforts in worship and obedience".⁴² He further assures that such blame is an indication of the wonders of the *nafs* as embodied in the Prophetic tradition "he who knows himself knows his Lord".⁴³ Although some hadith traditionalists raise questions regarding the authenticity of such report as did 'Abd al-Rahmān as-Sakhāwī who ascribes it to the Shāfi'ī Persian Sufi Yahya Ibn Mu'adh ar-Rāzī of the 3rd /9th century, yet the report has been one of the most important references on the centrality of the *nafs* in Sufi teachings. The great master Muhy Ed-Din Ben'Arabī devotes an entire epistle to the discussion of this report.⁴⁴ The attitude of blaming the *nafs* has preoccupied a significant portion of the Sufi discourse as early as the 3rd /8th centuries. Two renowned ascetics Abū Ḥafṣ al-Hadād (d.265/878) and his disciple Hamdūn al-Qaṣṣār (d.270/879) founded the *Malamatiyya* (the Path of the blame) based on cultivating the self and fighting the inflictions of the ego.⁴⁵ Although some contemporary scholars of Sufism are not inclined to specifically associate the emergence of the *Malamati* teachings to these two figures but to a specific tendency within early Islamic Sufism that looks at the *nafs* and its various deficiencies; it is well-known that one of the early references on the *Malamati* teachings is Abū 'Abd Ar-Rahmān as-Sulamī's epistle, known as *ar-Risālat al-Malāmatiyya* (Epistle on the Malāmatiyya) (d.412/ 1021).⁴⁶

The practical side of the Malāmātī teachings exemplified in attempting to resort to spiritual struggle against every possible inclination of the *nafs* towards evil is manifested in Moroccan Sufism through the dissemination of these teachings by the prominent Maghribī figures, including Abū al-Hassan 'Alī ben Hirzihim, his disciple Abū Madyan al-Ghawt (d. 589/1193), and Muhy Ed-Din Ben'Arabī (d.638/1240). According to the hagiographical account *at-Tashwwuf* of Ibn az-Zayyāt, the Moroccan ascetic Abū al-Ḥssan' Ali ben Hirzihim was known as the follower of the Sufi path of the blame.⁴⁷ As for Abū Madyan al-Ghawt who is considered as the forerunner of Sufism in the Maghrib and one of the disciples of Abū Ya'za Yalnūr (d.572/1177), Muhy Ed-Din Ben'Arabī reports in his epistle *Rūḥ al-quḍus* that he was the spokesman and the revival of such Sufi path in the Maghribī region.⁴⁸ In fact and as indicated by Abū al-'Alā 'Afifi, Ibn 'Arabī himself in various instances of his widely recognized Sufi treatise *al-Futūḥāt al-makkīyah* (the Openings Revealed in Macca) was a prominent advocator of the Malāmātī Sufism, putting them "at the highest rank of *as-Sālikīn* (spiritual wayfarers)".⁴⁹ As we shall see later on, the spiritual dimensions of such teachings in regards to disciplining the *nafs* have been manifested in the Moroccan Sufi practices reflecting the dominance of constant struggle and merciless self-reform.

As for the third stage in the process of self-reform, Sufis would usually consider *an-nafs al-mulhima* (the inspiring self) as a significant phase in subduing the limbs and faculties in accordance with the spiritual teachings, achieving the genuine comfort and pleasure of worship as the Prophet says "Give us comfort with it, Oh Bilal!"⁵⁰ This stage of self-reform is inferred from the Qu'ranic verse (91.8) which talks about inspiration and profound consciousness that God bestows on the *nafs*, allowing it to distinguish between piety and impiety.⁵¹ Robert Frager in his pioneering study on the Sufi psychology of growth describes such

⁴¹ Cf. Quran (75:2) and (39:57).

⁴² Cf. Fakhr ad-Dīn ar-Rāzī. *Mafātīḥ al-Ghayb*, 160.

⁴³ Ibid.

⁴⁴ Cf. 'Abd ar-Rahman as-Sakhāwī. *Al-Maqasid al-Hassana fi Bayan Kathir min al-Ahadith al-Mushtahira 'Ala al-Asina*. Edited by Muhammed 'Uthmān al-Khit. (Beirut: Dar al-Kitab al-'Arabi, 1985), 568. See also Muhy Eddin Ibn 'Arabi. *Ar-Risala al-Wujudiyya fi Man 'Arafa Nafsahu 'Arafa Rabbahu*. (Beirut: Dar al-Kutuub al-'Ilmiyya, 1971).

⁴⁵ Cf. Abu al-Hassan al-Hujwiri. *Kashf al-Mahjūb*, 259.

⁴⁶ Cf. Abu 'Ala 'Afifi. *Al-Malamatiyya wa as-Sufiyya wa ahl al-Futuwa*. (Beirut: Dar al-Qalam li at-Tiba'a wa an-Nashr, 2020), pp 30-67.

⁴⁷ Cf. Ibn al-Zayyāt Abu Ya'qub Yusuf ben Yahya al-Tādili. *Al-Tashawwuf ila Rijal at-Tasawwuf*, (Rabat: Manshurat kulliyat al-Adab wa al-'Ulum al-Inssaniyya, 1984), 169.

⁴⁸ Cf. Ibn al-'Arabī. *Risālat Rūḥ al-Quds fi Muḥāsabat an-Nafs*. (Damascus: Mu'assasat al-'Ilm, 1964), 47. See also Abd al-Wahhab al-Sha'rani . *Lawaqih al-Anwar al-Qudsiyya fi bayan al-'Uhud al-Muhammadiyya*. Edited by Ahmed Farid al-Mazyadi. (Kitāb-Nāshirūn, 2015) v 1, 15. See also Ibn Qunfud al-Qusantini. *Unssu al-Faqir wa 'Izzu al-Haqir*. Edited by Mohammed al-Fāssi and Adolf Faure (Rabat: Manshūrāt al-Markaz al-Jāmi'i IbiKulliyat al-Adābjāmi'at Mohammed al-Khāmiss, 1965), 14.

⁴⁹ Cf. Abu al-'Ala 'Afifi. *Al-Malamatiyya wa as-Sufiyya wa ahl al-Futuwa*, 30.

⁵⁰ Cf. Sunan Abi Dawud, Book 42, Hadith 4967.

⁵¹ Cf. Quran (91 :8).

phase as “the beginning of the real practice of Sufism” as its preceding phase is characterized by nothing more than “superficial understanding and mechanical worship”.⁵² Therefore, when the *nafs* is strong enough to resist its temptations and is more inclined towards spiritual liberation, it starts to receive spiritual illumination in the form of profound consciousness and reasonable distinction between good and evil. This stage is actually in opposition with the first stage where the *nafs* is prone to evil whereas it starts now commanding the good instead. The spiritual tendencies of the *nafs* in this stage overflow the material tendencies, and personal traits manifesting negative attitudes such as praise, pride, arrogance, adulation, and contempt are being turned into positive ones such as satisfaction, humility, selflessness, and surrender.

The achievement of spiritual satisfaction and contentment in the progress of self-reform leads to the next stage which is the stage of possessing *an-nafs al-muṭma'inna* (the peaceful self). The Qu'ranic verse which is usually cited as a reference to this type of the *nafs* is (Qu'ran 89: 27) in which the Almighty addresses, through his angels, the souls of the venerated saints, the ones reassured God's promise of dignity in hereafter. The Moroccan Sufi commentator Ibn 'Ajība al-Idrissī (d.1224/1809) interprets the word *al-muṭma'inna* as a reference to the *nafs* being reassured by God's presence, or by His remembrance, or by witnessing the Almighty, thus achieving the ultimate certainty where the shades of doubts of the *nafs* disappear.⁵³ As indicated in the previous verse, the *nafs* expresses two major aspects of the human soul in this stage, the aspects of being *rādiya* (being content) and *mardiyya* (being pleased by God). However, before enjoying this sublime stage of tranquility, the *nafs* of the wayfarer is actually required to exercise an extensive spiritual struggle with its six stages towards the final stage of self-salvation and liberation.

5 JIHĀD AN-NAFS (SELF-SPIRITUAL STRUGGLE) IN THE PROCESS OF TAZKIYAH

Al-Mujāhada is the Sufi stage denoting self-spiritual struggle in Sufism, and it is derived from the verbal form *jāhada*, meaning to struggle against someone or something. Both terms “*al-jihād*” and “*al-mujāhada*” signify the linguistic connotation of striving and exerting every possible effort either against evil, enemy, or above all one's own inner self.”⁵⁴ In fact, understanding *mujāhada* as a form of struggle against the inner self is inferred from the verse (Qu'ran 29: 6) which emphasizes that the outcomes and benefits of one's strive goes back to him and not to God who is independent of all beings.⁵⁵ Scholars like Abū al-Ḥassan Muqātil ben Sulaymān Al-Balkhī (d.150/767), 'Abdullah ben 'Umar al-Baydāwī (d.685 or 691/1286 or 1319), and Burhān Ed-Dīn al-Biqā'ī (d.885/1480) were among the renowned exegetists who underlined such understanding of *mujāhada* in their commentaries on this verse.⁵⁶ Likewise, the Moroccan Sufi commentator Ibn 'Ajība al-Idrissī (d.1224/1809) assures that striving against the *nafs* entails being patient, bearing the *mashaqqa* (hardship) of obedience, undermining untamed desires, staying away from hurting creatures, and subduing the *nafs* by being vigilant to the Truth in every single moment and breath.⁵⁷ Other Sufi commentators, including the Shāfi'ī scholar Najm ad-Dīn Kubrā (d.618/1221), indicate that the *mujāhada* of the *nafs* in the mentioned verse refers to *tazkiyat an-nafs* (self-spiritual struggle) by obviating the reprehensible and blameworthy attributes and strengthening positive ones so that one can escape *sijn al-ammāriya* (the prison of the unruly animal self) in his spiritual quest.⁵⁸

The exercise of *jihād an-nafs* with its six stages has been one of the most important subject matters of the Sufi teachings, and Abū Ḥamid al-Ghazālī in his *Ihyā' 'ulūm ad-dīn* (Revival of Religious Sciences) devotes an entire book within this treatise to the discussion of these stages.⁵⁹ According to al-Ghazālī, the key to *falāḥ* (salvation) of any human being is undertaking *tazkiyah* (purification) of the *nafs* through *al-murābaṭa* (self-commitment), a synonymous term for *al-mujāhada*⁶⁰, with its stages of *al-mushāraṭa* (setting out conditions), *al-murāqaba* (eye witnessing), and *al-muḥāsaba* (self-accountability) in case the *nafs* is

⁵² Cf. Frager, Robert. *Heart, Self and Soul: the Sufi Psychology of Growth, Balance, and Harmony*. (Wheaton, IL: Quest Books, 1999), 70.

⁵³ Cf. Ibn 'Ajība al-Idrissī. *Al-Baḥr al-Madīd fī Tafsīr al-Qurān al-Majīd*. Edited by 'Abdullah al-Qurashi Raslan. (Cairo: al-Haya al-Misriya al-'Amma li al-Kitab, 2000) v 2, p603.

⁵⁴ Cf. Ar-Rāghib al-Iṣfahānī. *Mufradāt al-Fāz al-Qurān*, 208.

⁵⁵ Cf. Quran (29 :6)

⁵⁶ Cf. Abū al-Ḥassan Muqātil ben Sulaymān. *Tafsīr Muqātil Ben Sulaimān*. Edited by 'Abdullāh Mahmūd Shaḥḥāta. (Beirut: Dār Ihyā at-Turāth al-'Arabī, 2002) v3, 373. See also, 'Abdullah ben 'Umar al-Baydāwī. *Anwār al-Tanzīl wa-Asrār at-Ta'wīl*. Edited by Muhammed 'Abderahmān al-Mar'ashli. (Beirut: Dār Ihyā at-Thurāt al-'Arabī, nd) v4, 189. See also Burhān Ed-Dīn al-Biqā'ī. *Naẓm ad-Durar fī Tanāsib al-Ayāt wa-as-Suwar*. (Cairo: Dār al-Kitāb al-Islāmī, nd) v14, 394.

⁵⁷ Cf. 'Abdullah ben Ahmed Ben 'Ajība al-Idrissī. *Al-Baḥr al-Madīd fī Tafsīr al-Qurān al-Majīd*.

⁵⁸ Cf. Najm Ed-dīn al-Kubrā. *Tafsīr At-Ta'wīlāt an-Najmiya*. Edited by Aḥmed Farīd al-Mizyādī. (Beirut: Dār al-Kutub al-'Ilmiya, 2009) v4, 390.

⁵⁹ Cf. Abū Ḥamid al-Ghazālī. *Ihyā' 'Ulūm Ad-Dīn*. (Beirut: Dār Ibn Ḥazm, 2005), 1765.

⁶⁰ Ibid, 1781.

inclined towards the cultivation of its positive attributes or *at-tawbikh* (blame), *al-mujāhada* (spiritual struggle), and *al-mu'āqba* (punishment) in case the *nafs* is still reluctant.⁶¹ One of the most appealing examples that al-Ghazālī provides to explain the role of 'aql (lit. reason) in dealing with the *nafs* in these stages is the example of mutual trade where the contributor or the owner establishes the sustainment of an incentive income as a primary condition for such mutual trade with the partner.⁶² The extent to which the partner is facilitating the prosperity of the trade is usually checked by means of constant financial accounting and reporting which monitors the sustainment of the capital as well as the incentive income. Likewise, al-Ghazālī views the 'aql as having responsibility over the *nafs* as it sets the ultimate goal of *tazkiyah an-nafs* as a condition for *falāh* (salvation) of the inner self.⁶³ This stage of identifying the goals in the course of *al-murābaṭa* of the *nafs* is called *al-mushārāṭa*, and the *nafs* is being held an ongoing accountable for its intentions and desires through *murāqaba* and *muḥāsaba* in order to make it comply with the stated terms and conditions.⁶⁴ When the *nafs* attempts to transgress the terms and conditions outlined by the 'aql, then it has to undergo an extensive process of *al-mujāhada* through the stages of *al-mu'āṭaba* (blame) or *al-mu'āqba* (punishment) in order to tame the evil prompting of its unquenchable desires.⁶⁵

The Moroccan Sufi narratives would usually outline the common practice of spiritual seclusion known as *uzla* and *khulwā* (lit. isolation) as an important step towards disciplining the *nafs*, and the renowned Moroccan Sufi figure Abū Ya'zā Yallanūr ben Maymūn (d.572/1177) was the archetype of the Moroccan illiterate ascetic tribesman exemplifying this Sufi attitude of reclusive asceticism.⁶⁶ As indicated by the eminent Moroccan historian Ibn Khaldūn, the Amazigh tribe of Abū Ya'zā Yallanūr ben Maymūn was arguably either the Maṣmūdyan Hazmirī tribe or the Haskkurian tribe or the Iruḡgānī tribe in the townlet of *Taghya* which is situated in the high Atlas mountain.⁶⁷ Being one of the well-recognized masters of the Maghribī sheikh Abū Madyan al-Ghawth (d.593/1198), Abū Ya'zā Yallanūr lived almost twenty years of spiritual seclusion in the region of Tinmel, advocating the life style of extreme asceticism as he used to cover his body with palm fiber mat and consume different types of herbs and plants.⁶⁸ Upon this constant diet and fashion habits, Abū Ya'zā Yallanūr bears the epithets of Bū gartīl (lit. the person wearing palm fiber mat) and Bū nalkūt (lit. the person eating herbs).⁶⁹ In fact, Abū al-Abbās at-Tādilī in his hagiographical account assures that the nourishment of Abū Ya'zā Yallanūr manifests a non-human diet which is characterized by severity.⁷⁰ It was reported that while Abū Ya'zā's sustainment was more or less herbs and plants, he would usually offer his guests and those joining him in his spiritual retreat luscious food, including honey, sheep meat, and chicken.⁷¹

The fundamental principle surrounding this ascetic attitude undertaken by Abū Ya'zā Yallanūr lies in the fact that spiritual seclusion or *uzla* is regarded as a pivotal phase of *al-mujāhada* as it allows for infringing the habits of the *nafs* and subduing its untamed desires.⁷² Western scholars like Micheaux Bellaire and Vincent J. Corneill highlight the connections between Abū Ya'zā's ascetic attitude and the Nūriyya teachings of the eminent Baghdādī Khurāsānī Sufi of the 3rd Hijrī century Abū al-Hassan (or al-Hussain) an-Nūrī (d. around 295/908), identifying a number of medieval Moroccan ascetics like Abū Jabal Ya'lā (d.503/1110), 'Abd al-Jalīl Ben Wayhyān ad-Dukkālī (d.541/1146), 'Abd Allah ben w-Agrīs al-Mashanzā'ī, known also as Sidī Ben an-Nūr or Sidī Bū an-Nūr (d. around the 6th/12th centuries), Ayyūb Ben Sa'īd aṣ-Ṣanhājī, also known as Mūlāy Būsh'īb or Ayyūb as-Sārya, (d. 561/1166), and Abū Ya'zā Yallanūr (d.572/1177) as the advocates of such teachings.⁷³ Although some Moroccan hagiographical accounts, including *al-Mu'za* and *at-Tashawwuf*, cite many reports emphasizing the chain of spiritual lineage of

⁶¹ Ibid, 1765-1797.

⁶² Ibid.

⁶³ Ibid.

⁶⁴ Ibid.

⁶⁵ Ibid.

⁶⁶ Cf. Ahmed at-Tādilī. Aṣ-Ṣawma'ī. Kitāb Al-Mu'zā fi Manāqibi Abī Y'zā. Edited by 'Alī al-Jāwī. (Agadir: Manshūrāt Kulliyāt al-ādāb wa al-'Ulūm al-Insāniya, 1996).33. See also Abū al-Abbās al-Azafī. Da'āmat al-Yaqīn fi Za'āmat al-Muttaqīn. Edited by Ahmed Toufiq. (Rabat, Maktabat Khidmat al-Kitāb, 1989).

⁶⁷ Cf. Tarikh ibn Khaldun v6/370.

⁶⁸ Ibn al-Zayyāt Abu Ya'qub Yusuf ben Yahya al-Tādilī. Al-Tashawwuf ila Rijal at-Taswwuf, (Rabat: Manshurāt kulliyāt al-Adab wa al-'Ulum al-Insaniyya,1984),213

⁶⁹ Ibid., 217.

⁷⁰ Ibid., 215.

⁷¹ Ibid., 216.

⁷² Ibid., 215.

⁷³ Cf. Edward Michaux-Belaire, « Les Confréries Religieuses au Maroc », Archives Marocaines, 27 (1927), 40. See also. Vincent J. Cornell. "Hayy in the Land of Absāl: Ibn Ṭufayl and Sūfism in the Western Maghrib during the Muwahḥid Era" in *The World of Ibn Ṭufayl Interdisciplinary Perspectives on Ḥayy Ibn Yaqzān*. Edited by Lawrence Conrad. (Leiden: Brill, 2022), 156-167.

these Moroccan Sufi disciples to their renowned master Abū al-Hassan (or al-Hussain) an-Nūrī all the way to the Junayd's uncle and master, as-Sari as-Saqati (d. 251/865-66), it should be noted that the outlook of reclusive asceticism of some of these figures finds its roots not only in the altruistic teachings of the Nūriyya but also in the spiritual alchemy of rupturing the habits of the *nafs* in the process of transforming its deficiencies. The idea of rupturing the habits of the inner self as indicted by Ibn 'Atā Allah as-Sakandarī in his one hundred twenty-seven aphorism of *al-hikam al-aṭā'iyya* remains a fundamental principle in disciplining the *nafs* and possessing the *karāmāt* (saintly marvels).⁷⁴ In his commentary on this important aphorism, Ibn 'Ajība al-Ḥassanī states that the habits of the inner self are divided into *'awā'id hissiya* (sensory habits) which include daily human habits such sleeping, eating, and worshiping as well as *'awā'id ma'nawiya* (abstract habits) such as love of worldly desires and hate of blameworthy traits.⁷⁵ So, it is only through the inner warfare against the *nafs* and the rupturing of both its sensory and abstract habits that one can purify himself, achieve the sublime status of self-perfection and excellence (*maqam al-iḥssān*), and possess sensory marvels (*karāmāt hissiya*).⁷⁶ As we shall investigate now, the saintly marvels that have been orally transmitted among the early Moroccan Sufis and which manifest their achievement of specificity (*naḥl al-khuṣūṣiyya*) in their warfare against the *nafs* and its sensory habits include taming vicious animals, mainly the lion.

6 TAMING VICIOUS ANIMALS AS A MANIFESTATION OF SUBDUING THE *NAFS*

As we have seen earlier in the beginning of this research, the *nafs*, usually translated in English as the soul, the inner self, the carnal self, or the animal self has been dealt with extensively in Sufi literature, and early Sufis consider the appetites of the *nafs* as a representation of evil aspects of the person, pointing out to the constant striving against the *nafs* and its ruses as the highest rank of human struggle. They support such position by some frequently cited statements that they attribute to the Prophet, including the report which says: "we have returned from the lesser struggle to the highest struggle" which is striving against the self.⁷⁷ In fact, they even perceive the *nafs* as the greatest enemy of human beings, and such perception of the *nafs*, especially in its unrefined state, is often justified by some pietistic references, including the statement narrated by al-Bayhaqī and reportedly attributed to the Prophet: "the worst of your enemies is your *nafs* which lies between your flanks".⁷⁸ Accordingly, they were preoccupied with the idea of subduing this vicious enemy in order to prevent it from exceeding the boundaries by imposing exaggerating spiritual exercises, including continual fasting, little instances of sleeping, frequently under eating, and reflective spiritual seclusion. As indicated by Imam al-Ghazālī, Yaḥyā ben Mu'ād ar-Rāzī sums up the ways of disciplining the *nafs* in these fundamental attitudes: the attitude of under eating which undermines luscious desires, the attitude of sleep deprivation which results in purified intentions, and the attitude of being reticent which ensures safe from the harm of others.⁷⁹

Although the nature of the *nafs* is usually considered as a contested subject matter in Sufi teachings, some Sufi narratives and representations on this human faculty highlights its vicious nature, depicting it in the form of a black dog, a young fox, a mouse, a seductive disobedient woman, a restive horse, a mule, a camel, a pig, Pharaoh, a snake, or even a Satan.⁸⁰ Obviously, these vicious creatures and wild animals stand for the inside obstacles and represent the state of wrestling with passions as the common trait among all these various representations is the dangerous crude side of the lust of the *nafs* which must be spiritually tamed exactly as vicious animals are ought to be tamed. In fact, the idea and tradition of taming wild animals dates back as earlier as the fourth century and is rooted outside Islamic spirituality as some tales on the art of taming the wild are well-documented in mystical Christian tales, especially in hagiographical accounts on the Armenian Bishop St Blaise of Sebaste and the Frankish Bishop St Corbinian.⁸¹ Likewise, the mystical Zen Buddhist tradition of the ten ox-herding pictures originally authored and explained by P'u Ming and Kuoan Shiyuan around 1150 depicts the map cycle required for spiritual development as its stages of training begins by searching for the ox (i.e. the genuine nature of the inner self) inside one's own moral

⁷⁴ Cf. Al-Hikam al- 'Ataiyya, n 127. How can the laws of nature be ruptured for you so that saintly marvels occur while you, yourself, have to rupture your habits?

⁷⁵ Cf. Ahmed ibn 'Ajība. *Iqadh al-Himam fi Sharh al-Hikam*. Edited by Ahmed Hassab Allah (Cairo: Dar al-Ma'arif, n.d), 300/301.

⁷⁶ Ibid.

⁷⁷ Ibid, 559.

⁷⁸ Cf. Isma'il ben Muhammed al-'Ajlūnī. *Kashfu al-Khafa' wa Muzil al-Ilbās' Amma Ashtahara min al-Aḥādith 'alā Alsinat an-Nas*. (Beirut: Dar Al Kotob Al Ilmiyah, 2017), 127.

⁷⁹ Cf. Abū ḥāmid al-Ghazālī. *Iḥyā' 'ulūm ad-Dīn*. Edited by Abdullāh al-Khāldī. (Beirut: Dar al-Arqam ben al-Arqam, 2016) v3, p 85.

⁸⁰ Cf. Annemarie Schimmel. *Mystical Dimensions of Islam*. (Chapel Hill: The University of North Carolina Press, 1975), p 112-13.

⁸¹ Cf. *Lives of Saints with Excerpts from Their Writings: selected and illustrated*. Edited by Joseph Vann. (John J. Crawley & Co., NY, 1954), 34. See also, Paul Shepard and Barry Sanders. *The Sacred Paw: The Bear in Nature, Myth, and Literature*. (Viking, 1985), 133.

consciousness (bodhi mind).⁸² Then it follows the next step of reflective commitment known as Tangaryo in which the wayfarer initiates self-orientation towards the inner being through the attitudes of concentration, passion, and determination to see the ox (i.e. realize the nature of the self) in the third stage of this progressive spiritual growth. After a hard struggle against the fluctuations of the ego and once the ox (self) is perceived in the fourth stage, the wayfarer in the fifth stage attempts to tame it, moving from the step of realization to the next step of actualization so that he can trigger an enduring harmony between the mind and the self and get wisdom and sagacity in the sixth stage. This is followed by the state of serenity and tranquility where the ox disappears (annihilating the vicious self), resulting in the rise of pure consciousness (the absolute samādhi) which leads to liberation in this final stage.⁸³

The idea of reaching the final stage of salvation through annihilating one's self from worldly qualities is actually one of the most dominant ideas in Sufi teachings. Ibn 'Ajība al-Idrissī (d.1224/1809) assures that "the state of annihilation (*fanā*) is when the greatness of the Almighty is manifested to the servant of God to the extent that he is not capable of seeing things, including his own inner self"⁸⁴. Elsewhere, he depicts the wayfarer experiencing such state as a twice-born person, for he gets rid of both sensory and abstract habits. In fact, and as we shall see now, continuous taming of the *nafs* and constant exertion of spiritual efforts towards such state of annihilation is depicted in some Moroccan oral narratives in the form of possessing the *karāma* (the saintly marvel) of taming the lion. As emphasized by Annemarie Schimmel, "Sufi hagiography is full of stories about the ways in which the masters of the past tamed their appetites and, if they failed, the manner of their punishment. The *nafs* is something very real, and many stories tell of its having been seen outside the body". A very striking story of this was highlighted in the hagiographical narrative of *as-sirr al-maṣūn* by at-Tahir as-Sadafi, and it was about a pious craftsman, living the life of seclusion and struggle against his carnal soul to the extent that his neighbors would be convinced that he was living with his wife due to his quarrels being heard every single night because of his loud self-spiritual accounting.⁸⁵ Furthermore, another well documented reports in which the *nafs* is depicted outside the body in the form of a Satan is the report narrated by Ibn' Umar: "Every human being has with him his own Satan", a man promptly said: "Is there a Satan with you, too?", the Prophet replied: "Yes, but I have surrendered my Satan to Islam".⁸⁶

The idea of surrendering and purging the vehement attitudes of the *nafs* by some early Moroccan saints is usually represented in the form of possessing the saintly marvel of taming the lion (i.e *nafs*), as it occupies a significant portion of oral narratives of these early Moroccan Sufis.⁸⁷ For instance, in *at-Tashawwuf* of Ibn az-Zayyāt, the ascetic Abū Ḥafs 'Umar ben Ḥārūn (d.595) is one of the most salient examples in this regard as he bears the epithet Sīdī Balyūṭ or Abū al-Luyūth (lit. the father of lion).⁸⁸ According to Ibn az-Zayyāt at-Tādīlī, oral narratives indicate that Abū Ḥafs 'Umar ben Ḥārūn was one of the pious ascetics who belonged to the Amāzigh tribe of *Ansa* and was known for his attitude of reclusive asceticism as he was living a life of spiritual seclusion in the highest mountain of *Sūs*.⁸⁹ The Moroccan historian Ahmed Toufiq points out that "his tomb in the *zawiya* of *Buamslākht* is well-known in the region of *Rās al-Wād* which is situated three miles away from *Awlūz*", a rural commune in the Northern Morocco.⁹⁰ Abū Ḥafs 'Umar ben Ḥārūn, as indicated by oral accounts, had the life of celibacy and devotion, and "he was used to stay most of his time in a cemetery where a lion would come and Abū Ḥafs would tenderly pat the lion telling it: "Go ! May Allah provide for you whence you won't harm any Muslim". The contemporary Moroccan

⁸² Cf. Kuon Shiyuan. *The Poems on the Ten Ox-herding Pictures*. (Buddha's light Publishing, 2009). See also P'u Ming's *Ox herding Pictures and Verses*. Translated by Red Pine, 2nd Edition. (Empty Bowl, 2015).

⁸³ Cf. Dean L. Frantz. *The Ten Oxherding Pictures: A Guide to Enlightenment*. (Kearney: Morris Publishing, 2003).

⁸⁴ Cf. 'Abdullah ben Ahmed Ibn 'Ajība al-Idrissī. *Mī'rāj at-Tashawwuf ila Haqāiq at-Tṣuwuf*. Edited by 'Abdelmajid Khayyālī, 59.

⁸⁵ Cf. Tahir as-Sadafi, *as-Sirr al-maṣūn fī ma ukrima hi-hi al-mukhlisūn*, éd. critique H. Ferhat (Beirut, 1998), 92-93.

⁸⁶ Cf. Abū Shujā' Ad-Daylamī. *Al-Firdaws bi Mathūr al-Khiṭāb*. Edited by Sa'īd ben Basyūni Zaghlūl. (Beirut: Dār al-Kutub al-'Ilmiyya, 1986), 3/123

⁸⁷ Cf. 'Abd al-Ḥaqq ibn Ismā'īl al-Bādisī. *Al-Maqṣad al-Sharīf wa al-Manza' al-Latif fī al-Ta'rīf bi Sulahaa al-Rif*. Edited by Sa'id A'rab. 2nd edition (Rabat: al-Matba'a al-Malakiyya, 1993), 114. See also, Ahmed at-Tādīlī as-Sawma'i. *Al-Mu'za fī Manāqibī asheikhi Abī Ya'zā*. Edited by 'Ali al-Jāwī. (Rabat: Matba'at al-Ma'arif al-Jadida, 1996), 115.

⁸⁸ Cf. Ḥāshim Ma'rūfī. *'Abīr az-Zuhūr fī Tārīkh al-Dār al-Bayḍā' wa Mā 'Uḍifa ilayhā min Akhbār Ānfā wa-al-Shāwīyah 'Abra al-'Uṣūr*. (Matba'at an-Najāh al-Jadida, 1987), 88.

⁸⁹ Cf. Ibn al-Zayyāt Abu Ya'qub Yusuf ben Yahya al-Tādīlī. *Al-Tashawwuf ila Rijal at-Taswwuf*, (Rabat: Manshurat kulliyat al-Adab wa al-'Ulum al-Inssaniyya, 1984), 342.

⁹⁰ Ibid.

⁹¹ Cf. Ḥāshim Ma'rūfī. *'Abīr az-Zuhūr fī Tārīkh al-Dār al-Bayḍā' wa Mā 'Uḍifa ilayhā min Akhbār Ānfā wa-al-Shāwīyah 'Abra al-'Uṣūr*. (Matba'at an-Najāh al-Jadida, 1987), 88.

⁹² Cf. Ibn al-Zayyāt Abu Ya'qub Yusuf ben Yahya al-Tādīlī. *Al-Tashawwuf ila Rijal at-Taswwuf*, (Rabat: Manshurat kulliyat al-Adab wa al-'Ulum al-Inssaniyya, 1984), 342.

⁹³ Ibid.

jurist, Hāshim Ma'rūfī, in his historiographical account on the city of Casablanca reports the same story, though he traces the origins of Abū Ḥafs to the Madyūna tribe.⁹¹ Hāshim Ma'rūfī highlights the fact that oral narratives on Abū al-Luyūth, possessing the *karāma* of taming the lion is well known among the inhabitants of this region, and that the practice of such *karāma* is probably taking place when Abū Ḥafs is in the state of seclusion, far from the inhabited areas.⁹²

As I have mentioned earlier, the state of spiritual seclusion is the turning point in dealing with the *nafs* and the practice of taming the *nafs* is the most important thing that takes place during this process of spiritual transformation. Moroccan Sufi hagiographies cite various stories manifesting such practice, and Abū Ya'za Yalnūr (d.572/1177) is also among the medieval ascetics who were known for undertaking such spiritual attitude.⁹³ In one of the oral accounts regarding Abū Ya'za's *karāma* of taming the lion, Ibn az-Zyyāt reports that while Abū Ya'za was in the forest to meet a bench of visitors, coming from Fez and were known as denouncers of his *karāmāt*, suddenly a lion appeared and attacked the guest's donkey. Then Abū Ya'za shouted at the lion and got close to it pulling its ears and asking them to ride the lion.⁹⁴ This story goes on to tell that only the servant of Abū Ya'za was able to ride the lion while the rest feared its harm and vicious character.⁹⁵ As we have previously seen in the statement of Abū Ḥafs 'Umar ben Ḥārūn, the lion is portrayed as a manifestation of subduing the *nafs* as both of them are conveying harm, so once the lion is tamed it turned into unharmed being and could even serve as a riding animal. In fact, a number of Sufi saints were known as the possessors of the saintly marvel of being able to ride the lion, and among them is the early ascetic Muhammad ben 'Abdullah Shaybān ar-Rā'ī (d. 158/775) and the Egyptian Sufi Sidi Muhammed aṣ-Ṣā'dī (d. 1232/1784).⁹⁶ Similarly, the *nafs* conveys harm as it has its crude ruses, but once it underwent a profound spiritual transformation, it could serve on the way to God. As Jālāl Eddin ar-Rūmī puts it: "the lion who breaks the enemy's ranks is a minor hero compared to the lion who overcomes himself."⁹⁷

7 CONCLUSION

The teachings of Sufism in general and Moroccan Sufism in particular revolve around the notion of *tazkiyah* and its overall legal, theological, and Sufi connotations refer to the idea of cultivating and subduing the *nafs* through constant and continuous spiritual struggle. The stage of spiritual struggle, known as *al-mujāhada*, is a turning point in which the *nafs* of a wayfarer seeking the path towards the sublime status of spiritual excellence has to undergo a profound transformation characterized by severe and extensive discipline in order to tame the evil prompting of its unquenchable desires. As a result, various representations and depictions of the *nafs*, its ruses, and its harmful dimension are well-documented in Moroccan Sufi literature, especially in some oral narratives of medieval Moroccan saints. Obviously, hagiographical accounts documenting some of these oral narratives which depict the inner self as a vicious animal are rooted in various world spiritual traditions, including Zen Buddhism, Christian mysticism, and medieval Moroccan Sufism. In Moroccan Sufism, the *karāma* of taming the lion is perceived an indication of subduing the *nafs*, especially that Moroccan Sufis such as Abū Ya'za Yalnūr (d.572/1177) and Abū Ḥafs 'Umar ben Ḥārūn (d.595/1199) were considered as the archetypes of early ascetics symbolizing the attitude of transforming the reprehensible and blameworthy attributes to the sublime qualities in their way to self-salvation and liberation.

⁹¹ Cf. Hāshim Ma'rūfī. *'Abīr az-Zuhūr fī Tārīkh al-Dār al-Bayḍā' wa Mā 'Uḍīfa ilayhā min Akhbār Ānfā wa-al-Shāwīyah 'Abra al-'Uṣūr*, 88.

⁹² Ibid. 89.

⁹³ Other saints who were known for possessing such saintly marvels are Abu Dawwud Muzahim, Abu Mussa 'Issa az-Zarhounī, Ibn 'Alī al-Muadin, 'Abdūn ben Yakhliṭan ben 'Alī, and Abu Hafs ben Harun.

⁹⁴ Cf. Ibn al-Zayyāt Abu Ya'qub Yusuf ben Yahya al-Tādīlī. *Al-Tashawwuf ila Rijal at-Taswwuf*, (Rabat: Manshurat kulliyat al-Adab wa al-'Ulum al-Inssaniyya, 1984), 216.

⁹⁵ Cf. Ibid.

⁹⁶ Cf. Yūsuf ben Ismā'īl an-Nabḥānī. *Jāmi' Karāmāt al-Awliyā*. Edited by 'Abd al-Muttalib al-Amin az-Zaidi. (Beirut: Dār Ṣādir, nd), pp 94/198.

⁹⁷ Cf. Camille Adams Helmski. *Rumi Daylight: A Daybook of Spiritual Guidance*. (Shambhala, 1999).

REFERENCES

- [1] 'Abd al-Ḥaqq ibn Ismā'īl al-Bādisī. *Al-Maqṣad al-Sharīf wa al-Manẓar al-Latif fī al-Ta'rīf bi Sulahaa al-Rif*. Edited by Sa'id A'rab. 2nd edition. Rabat: al-Matba'a al-Malakiyya, 1993.
- [2] Abd al-Rahman Hasan Habanaka al-Maydanī, al-Akhlaq al-Islamiyya wa Ususuḥd, 5th ed. 2 vols. Damascus: Dar al-Qalam, 1999.
- [3] Abū 'Abdullah al-Ḥarith al-Muḥāsibī. *Adāb an-Nufūs*. Edited by 'Abd al-Qāder Ahmed 'Aṭa. (Beirut: Muassasat al-Kutub at-Thaqāfiya, 1991).
- [4] Abū 'Abdullah al-Ḥarith al-Muḥāsibī *Risālat al-Mustarshidīn*. Edited by 'Abd al-Fattāḥ Abū Ghudda. Ḥalab: Dār As-Salām, 1964.
- [5] Abū 'Abdullāh al-Ḥakīm at-Tirmidhī. *Kitāb ar-Riyāda wa Adab an-Nafs*. Edited by A. J. Arberry and 'Ali Hasan 'Abd al-Qādir. Cairo: Muṣṭafa al-Babī al-Ḥalabī wa Awlāduḥ, 1947.
- [6] Abū Shujā.
- [7] Ahmed at-Tādilī as-Sawmā'ī. *Al-Mu'za fī Manāqibi asheikhi Abī Ya'zā*. Edited by 'Ali al-Jāwī. Rabat: Matba'at al-Ma'arif al-Jadida, 1996.
- [8] Aḥmad ibn 'Abd al-Ḥalīm Ibn Taymīyah. *Tazkiyat an-Nafs*. Edited by Muhammed ben Sa'id ben Salim al-Qaḥṭānī. Riyad: Dār al-Muslim li an-Nashr wa at-Tawzī', 1994.
- [9] Anas Ahmad Karzun, *Minhaj al-Islam fī tazkiyat al-nafs*. 2 vols. Beirut: Dar Ibn Hazm, 1997.
- [10] A.S. Tritton, «Man, nafs, ruh, qalb», *Bulletin of the School of Oriental and African Studies*, 34: 3 (1971), pp. 491-5.
- [11] 'Alī ibn Aḥmad Ibn Hazm. *Mudāwāt al-Nufūs*. Beirut: Dār al-Bašā'ir, 1970.
- [12] Ḥājī Khalīfa. *Kashf az-Zunūn*. Edited by Isma'il Bāsha. Beirut: Dār al-Kutub al-
- [13] Ḥāshim Ma'rūfī. 'Abīr az-Zuhūr fī Tārīkh al-Dār al-Bayḍā' wa Mā 'Uḍīfa ilayhā min Akhbār Ānfā wa-al-Shāwīyah 'Abra al-'Uṣūr. Matba'at an-Najāḥ al-Jadīda, 1987.
- [14] Ibn al-Zayyāt Abu Ya'qub Yusuf ben Yahya al-Tādilī. *Al-Tashawwuf ila Rijal at-Taswwuf*. Rabat: Manshurāt kulliyat al-Adab wa al-'Ulum al-Inssaniyya, 1984.
- [15] Ibn Rajab al-Hanbalī. *Majmu' Rasā'il al-Hāfiz Ibn Rajab*. Edited by Abū Muṣ'ab Ṭal'at ben Fuad al-Julwānī (Cairo: Al-Fārūq al-Haditha Li at-Tibā'a wa an-Nashr, 2003).
- [16] Kuoan Shiyuan. *The Poems on the Ten Ox-herding Pictures*. Buddha's light Publishing, 2009.
- [17] P'u Ming's *Ox herding Pictures and Verses*. Translated by Red Pine, 2nd Edition. Empty Bowl, 2015.
- [18] Lives of Saints with Excerpts from Their Writings: selected and illustrated. Edited by Joseph Vann. John J. Crawley & Co., NY, 1954.
- [19] Paul Shepard and Barry Sanders. *The Sacred Paw: The Bear in Nature, Myth, and Literature*. Viking, 1985.
- [20] Isma'īl ben Muhammed al-'Ajlūnī. *Kashfu al-Khafaā wa Muzīl al-Ilbās' Amma Ashtahara min al-Aḥādith 'alā Alsinat an-Nas*. Beirut: Dar Al Kotob Al Ilmiyah, 2017.
- [21] Abū ḥamid al-Ghāzālī. *Iḥyā' ulūm ad-Dīn*. Edited by 'Abdullāh al-Khāldī. Beirut: Dar al-Arqam ben al-Arqam, 2016.
- [22] Edward Michaux-Belaire. *Les Confréries Religieuses au Maroc*, Archives Marocaines, 27 (1927).
- [23] Vincent J. Cornell. "Hayy in the Land of Absāl: Ibn Ṭufayl and Ṣūfism in the Western Maghrib during the Muwahḥid Era" in *The World of Ibn Ṭufayl Interdisciplinary Perspectives on Ḥayy Ibn Yaqzān*. Edited by Lawrence Conrad. Leiden: Brill, 2022.
- [24] Najmu Ed-dīn al-Kubrā. *Tafsīr At-Ta'wilāt an-Najmiya*. Edited by Aḥmed Farīd al-Mizyādi. Beirut: Dār al-Kutub al-'Ilmiya, 2009.
- [25] Abū al-Hassan Muqātil ben Sulaymān. *Tafsīr Muqātil Ben Sulaimān*. Edited by 'Abdullāh Mahmūd Shaḥḥāta. Beirut: Dār Iḥyā at-Turāth al-'Arabī, 2002.
- [26] Abdullah ben 'Umar al-Bayḍāwī. *Anwār al-Tanzīl wa-Asrār at-Ta'wīl*. Edited by Muhammed 'Abderahmān al-Mar'ashli. Beirut: Dār Iḥyā at-Thurāt al-'Arabī, nd. Burhān Ed-Dīn al-Biqā'ī. *Naẓm ad-Durar fī Tanāsib al-Ayāt wa-as-Suwar*. Cairo: Dār al-Kitāb al-Islāmī, nd.
- [27] Abu al-Hassan al-Hujwiri. *Kashf al-Mahjub*. Edited by Is'ad 'abd al-Hadi Qindil. Alexandria: Maktabat al-Iskandariyya, 1984.
- [28] Ibn al-Zayyāt Abu Ya'qub Yusuf ben Yahya al-Tādilī. *Al-Tashawwuf ila Rijal at-Taswwuf*, (Rabat: Manshurāt kulliyat al-Adab wa al-'Ulum al-Inssaniyya, 1984), 169.
- [29] Ibn al-'Arabī. *Risālat Rūḥ al-Quds fī Muḥāsabat an-Nafs*. Damascus: Mu'assasat al-'Ilm, 1964.
- [30] Ibn Abī ad-Dunyā. *Muḥāsbat an-Nafs*. Edited by al-Musta'sim bi Allah ben Abi Hurayra and Mustapha ben 'Ali ben 'Iwaz. Beirut: Dār al-Kutub al-'Ilmiyya, 1986.
- [31] Abd al-Wahhab al-Sha'rani. *Lawaqih al-Anwar al-Qudsiyya fī bayan al-'Uḥud al-Muhammadiyya*. Edited by Ahmed Farid al-Mazyadi. Kitāb-Nāshirūn, 2015.
- [32] Ibn Qunfud al-Qusantīnī. *Unssu al-Faqīr wa 'Izzu al-Haqīr*. Edited by Mohammed al-Fāssi and Adolf Faure. Rabat: Manshūrāt al-Markaz al-Jāmi'ībiKulliyat al-Adāb Jāmi'at Mohammed al-Khāmiss, 1965.

- [33] Ibn 'Atā Allah as-Sakandarī. *Tāj al-Rūs al-Hāwī li Tahzīb an-Nufūs*. Cairo: Dār Jawāmi' al-Kalim, nd.
- [34] Abū al-Ḥassan Muqātil ben Sulaymān. *Tafsīr Muqātil Ben Sulaimān*. Edited by 'Abdullāh Mahmūd Shaḥḥāta. Beirut: Dār Iḥyā at-Turāth al-'Arabī, 2002.
- [35] Abdullah ben 'Umar al-Baydāwī. *Anwār al-Tanzīl wa-Asrār at-Ta'wīl*. Edited by Muhammed 'Abderahmān al-Mar'ashli. Beirut: Dār Iḥyā at-Thurāt al-'Arabī, nd. Burhān Ed-Din al-Biqā'ī. *Naẓm ad-Durar fī Tanāsib al-Ayāt wa-as-Suwar*. Cairo: Dār al-Kitāb al-Islāmī, nd.
- [36] Frager, Robert. *Heart, Self and Soul: the Sufi Psychology of Growth, Balance, and Harmony*. Wheaton, IL: Quest Books, 1999.
- [37] Abu al-Hassan al-Hujwiri. *Kashf al-Mahjub*. Edited by Is'ad 'abd al-Hadi Qindil. Alexandria: Maktabat al-Iskandariyya, 1984.
- [38] Ibn al-'Arabī. *Risālat Rūḥ al-Quds fī Muḥāsabat an-Nafs*. Damascus: Mu'assasat al-'Ilm, 1964.
- [39] Abd al-Wahhab al-Sha'rani. *Lawaqih al-Anwar al-Qudsiyya fi bayan al-'Uhud al-Muhammadiyya*. Edited by Ahmed Farid al-Mazyadi. Kitāb-Nāshirūn, 2015.
- [40] Muḥammad aṭ-Ṭāhir ben 'Āshūr. *Tafsīr at-Taḥrīr wa at-Tanwīr*. Tunisia: ad-Dār at-Tūnusiyya li an-Nashr, 1984.
- [41] Ahmed Ben 'Ajība. *Iqadh al-Himam fi Sharh al-Hikam*. Edited by Ahmed Hassab Allah. Cairo: Dar al-Ma'arif, n.d.
- [42] Abd al-Karīm Abū al-Qāsim Al-Qushayrī. *Ar-Rissāla Al-Qushayriyya*. Edited by 'Abdelhālim Mahmūd and Mahmūd ben Sharīf. Cairo: Matābi' Muassat Dār as-Sha'b, 1989.
- [43] Abū Bakr al-Kalābādhī. *At-Ta'arruf li Madhabi Ahli at-Taṣuwuf*. Edited by Arthur John Arberry. 2nd edition Cairo: Maktabat al-Khānjī, 1994.
- [44] Abdullah ben Ahmed Ben 'Ajība al-Idrissī. *Mi'rāj at-Tashawwuf ila Ḥaqāiq at-Tṣuwuf*. Edited by 'Abdelmajid Khayyālī. Casablanca, Markaz al-Turāth al-Thaqāfi al-Maghribī, 2004.
- [45] Abū Baker al-Bayhaqī. *As-Sunan al-Kubrā*. Edited by Muḥammed 'Abd al-Qāder 'Aṭā. (Beirut: Dār al-Kutub al-'Ilmiyya, 2002.
- [46] Abū Nāṣar as-Sarj aṭ-Ṭūṣī in his treatise *al-luma'* while defining the stage of *al-murāqabah* cite the famous hadith of the archangel Gabriel on *iḥsān*, Abū Nāṣar as-Sarj aṭ-Ṭūṣī. *Al-luma'*. Edited by 'Abdelhalim Mahmud and Taha 'Abd al-Baqi. Cairo: Dar al-Kutub al-haditha, 1990.
- [47] Ahmed Ben 'Ajība. *Iqadh al-Himam fi Sharh al-Hikam*. Edited by Ahmed Hassab Allah. Cairo: Dar al-Ma'arif, n.d.
- [48] Ahmed Ben 'Ajība. *Mi'rāj at-Tashawwuf ila Ḥaqāiq at-Tṣuwuf*. Edited by 'Abdelmajid Khayyālī. Casablanca, Markaz al-Turāth al-Thaqāfi al-Maghribī, 2004.
- [49] Abū 'Ali ibn Sīna. *An-Najāt fi al-ḥikma al-Mantiqiyya wa aṭ-ṭabī'a al-Ilāhiyya*. Edited by Muhy Ed-din Ṣabrī al-Kurdī. Cairo: Maktabat Muṣṭapha al-Bābī al-ḥalabī, 1938.
- [50] Ar-Rāghib al-Iṣfahānī. *Mufradāt al-Fāz al-Qurān*. Edited by Safwān 'Adnān Dāwudī. 4th edition Damascus: Dār al-Qalam, 2009.
- [51] Sherman A. Jackson. *Sufism for Non-Sufis? Ibn 'Ata' Allah Al-Sakandari's Taj Al-'Arus*. Oxford University Press: 2012.
- [52] Muḥammed 'Ali at-Tahānawī. *Mawsū'at Kashshāf Iṣṭilāḥat al-'Ulūm*. Translated by 'Abdullāh al-Khāldī. Beirut: Maktabat Lubnān Nāshirūn, 1996.
- [53] Tahir as-Sadafī, *as-Sirr al-maṣūn fi ma ukrima hi-hi al-mukhlisūn*, éd. critique H. Ferhat. Beirtut, 1998.
- [54] Picken Gavin. *The Concept of Tazkiyat al-Nafs in Islam in the light of the works of al-Harith al-Muhsib*. PhD thesis, University of Leeds.
- [55] Picken Gavin. *Spiritual Purification in Islam: The Life and Works of al-Muhasibi*. Abingdon, Oxon & New York: Routledge, 2011.
- [56] Yūsuf ben Ismā'īl an-Nabḥānī. *Jāmi' Karāmāt al-Awliyā*. Edited by 'Abd al-Muttalib al-Amin az-Zaidi. Beirut: Dār Ṣādir, nd.

Comportements des oiseaux à l'approche des aéronefs à l'aéroport national Murongo de Bunia (Ituri, République Démocratique du Congo)

[Comportements des oiseaux à l'approche des aéronefs à l'aéroport national Murongo de Bunia (Ituri, République Démocratique du Congo)]

K. François MLEMBKA KABASELE¹, Franck BAPEAMONI ANDEMWANA², Dieudonné UPOKI AGENONG'A², and Micheline MEDA MBUAMA³

¹Institut Supérieur Pédagogique de Bunia – ISP, B, Département de Géographie et Gestion de l'Environnement - DGGE, BP 340, Bunia, RD Congo

²Université de Kisangani, Faculté des Sciences, Département d'Ecologie et de Gestion des Ressources Animales, BP 2012, Kisangani, RD Congo

³Chercheuse indépendante, RD Congo

Copyright © 2024 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 focuses on the behavior of birds approaching aircraft at the Murongo national airport in Bunia. To arrive at the results of this research, the Point Abundance Index (PIA) method was used. Field observations were carried out every Tuesday and Thursday from 6: 30 a.m. to 11 a.m. and from 4: 30 p.m. to 6 p.m. After these observations, 11 species of birds were identified (*Leptoptilos crumenifer*, *Ciconia episcopus*, *Prinia somalica*, *Macronyx croceus*, *Corvus albus*, *Aquila rapax*, *Turdus pelios*, *Hirundo nigrita*, *Ploceus cucullatus*, *Lanius cristatus* and *Pycnonotus barbatus*) and having manifested 10 behaviors, including: resting, feeding, social, territorial and aggression, before takeoff or landing versus moving, fleeing, nesting, leisure and habituation during landing or takeoff. *Corvus albus* and *Aquila rapax* offer high percentages of birds observed (respectively, 45.1% and 17.1%), i.e. 93 individuals (*Corvus albus*) against 36 (*Aquila rapax*) out of a total of 206 having demonstrated behavior towards the movement of aircraft. The *Aquila rapax* species has experienced collisions with aircraft 12 times than the other two (respectively *Corvus albus* and *Hirundo nigrita*: once). The behavior of these 3 species (*Aquila rapax*, *Hirundo nigrita* and *Corvus albus*) in the face of aircraft maneuvers during takeoff and/or landing of aircraft led to their death. This work contributes to understanding the behavior of avifauna when aircraft approach Bunia airport.

KEYWORDS: behavior, birds, approach, aircraft, airport, Bunia.

RESUME: Ce travail porte sur les comportements des oiseaux à l'approche des aéronefs à l'aéroport national Murongo de Bunia. Pour arriver aux résultats de cette recherche, la méthode d'Indice Ponctuel d'Abondance (IPA) a été utilisée. Les observations sur terrain se faisaient chaque Mardi et Jeudi de 6h 30 à 11h et de 16h 30 à 18h. Après ces observations, 11 espèces d'oiseaux ont été identifiées (*Leptoptilos crumenifer*, *Ciconia episcopus*, *Prinia somalica*, *Macronyx croceus*, *Corvus albus*, *Aquila rapax*, *Turdus pelios*, *Hirundo nigrita*, *Ploceus cucullatus*, *Lanius cristatus* et *Pycnonotus barbatus*) et ayant manifesté 10 comportements, dont: le repos, alimentation, social, territorial et agressivité, avant décollage ou atterrissage contre le déplacement, fuite, nicheur, loisir et accoutumance pendant l'atterrissage ou décollage. *Corvus albus* et *Aquila rapax* offrent des pourcentages élevés en oiseaux observés (respectivement, 45,1% et 17,1%), soient 93 individus (*Corvus albus*) contre 36 (*Aquila rapax*) sur un total de 206 ayant manifesté un comportement face au mouvement des aéronefs. L'espèce *Aquila rapax* a connu 12 fois la collision avec les aéronefs que le deux autres (respectivement *Corvus albus* et *Hirundo nigrita*: une fois). Le comportement de ce 3 espèces (*Aquila rapax*, *Hirundo nigrita* et *Corvus albus*) face aux manœuvres d'avions pendant le décollage et ou l'atterrissage des aéronefs les a amenés à la mort. Ce travail contribue à connaître les comportements de l'avifaune à l'approche des aéronefs à l'aéroport de Bunia.

MOTS-CLEFS: comportement, oiseaux, approche, aéronef, aéroport, Bunia.

1 INTRODUCTION

Le comportement animal est l'ensemble des activités de l'animal qui se manifeste à un observateur extérieur (par opposition à la physiologie qui s'intéresse aux mécanismes organiques ou intérieurs à l'organisme) [1].

Plusieurs d'entre nous aiment observer les oiseaux et leur comportement. La tentative de déchiffrer quels individus et quelles espèces dominent peut fournir des heures de divertissement. Si vous observez des oiseaux, vous avez une vraie chance de voir quelque chose que personne n'a vue auparavant. Les données sur les interactions comportementales peuvent s'avérer très utiles pour les chercheurs. Les observations peuvent aider les chercheurs à comprendre et être interprétées différemment par des observateurs différents [2].

Les oiseaux adorent les havres de tranquillité que sont pour eux les aéroports. Les corbeaux viennent y casser des noix en les laissant tomber sur le béton des pistes. Les étourneaux se régaler des vers de terre qui se tortillent sur les taxiways. Les mouettes viennent y lisser leurs plumes après avoir festoyé sur les décharges avoisinantes. Dans certains pays, les aéroports se trouvent aux portes de réserves ornithologiques, comme celui de Kennedy à New-York, ou proches de la mer. Autant dire que la gent ailée abonde aux endroits où les avions circulent en plus grand nombre et que cette proximité peut se révéler dangereuse [3].

Les régions difficilement accessibles par voies terrestres et qui servaient jusqu'à présent de refuges aux animaux sauvages sont de plus en plus fréquemment survolées par des appareils volants les plus divers [4]. La ville de Bunia ne fait pas exception à ce constat, le nombre d'aéronefs les survolant étant en augmentation constante au cours des dernières années. Or les aéronefs volant à basse altitude peuvent influencer sur le comportement et la répartition de la faune et avoir avec le temps une incidence sur une population en réduisant le taux de survie mais aussi en provoquant l'abandon de certains territoires.

L'approche éthologique phénoménologique utilisée par [5] a été retenue pour identifier les comportements. Elle consiste à observer en continu individuellement chaque oiseau afin de décrire de manière exhaustive et objective ses comportements [6].

Ref. [7] ont rédigés un rapport sur l'étude des effectifs d'oiseaux et de leurs comportements et Synthèse des méthodes de contrôle à la Régie inter municipale des déchets de la Rouge (RIDR). Cette étude avait comme objectif de caractériser les effectifs et les comportements des goélands observés sur le site de la Régie inter municipale des déchets de la Rouge (RIDR) et à élaborer un programme de contrôle. Parmi toutes les visites effectuées, les activités de repos et d'alimentation sont les principaux comportements effectués par les goélands sur le site de la RIDR.

Ref. [8] ont travaillé sur l'écologie migratoire et écologies de la reproduction des oiseaux confrontés aux changements climatiques mondiaux. L'objectif du présent travail est de surveiller la reproduction et la migration des oiseaux nicheurs migrateurs de l'Arctique (espèces prédatrices et proies), notamment leurs habitats de nidification, la densité de nicheurs, les tendances de population et les besoins de migration. La migration et la reproduction sont retenues parmi le comportement des oiseaux.

Ref. [9] a fait une étude sur Apports méthodologiques à l'étude des interactions des oiseaux avec le réseau de transport d'électricité en France. L'objectif de cette analyse est d'identifier les comportements de vol qui pourraient résulter en une collision avec les câbles. Les choix faits pour la production de cette électricité ont nécessité le développement de réseaux de transport d'électricité. En raison de sa densité de câbles, ce réseau induit une fragmentation de l'habitat des animaux volants et principalement des oiseaux. Au-delà des électrocutions au niveau des pylônes, cette fragmentation cause la mort d'individus par collision avec les câbles et également le dérangement des espèces ou des modifications de leur comportement.

Le potentiel d'accoutumance des oiseaux aux aéronefs est généralement élevé [10]. Ces mêmes auteurs enchérissent que le potentiel d'accoutumance à proximité des aéroports est élevé et les oiseaux qui nichent parfois directement à côté de la piste d'atterrissage.

Pourquoi fallait-il orienter cette recherche sur le comportement animal, en particulier des oiseaux ? L'invasion de la technologie avec les activités anthropiques sont des problèmes majeurs qui contribuent énormément à la perte et la modification de la biodiversité.

La vulnérabilité d'une espèce est relative à la probabilité qu'elle soit impactée par une pression donnée alors que la sensibilité de l'espèce fait référence à la résilience de l'espèce à tout type de pression, c'est-à-dire sa capacité à retrouver un état de fonctionnement et de développement identique à son état avant perturbation [11].

Les villes sont de plus en plus peuplées. Nos exigences vis-à-vis des espaces de détente et des paysages quotidiens coïncident étonnamment bien avec les conditions qui favorisent une nature urbaine diversifiée, habitat d'un grand nombre d'animaux et de plantes [12].

Beaucoup d'oiseaux ont trouvé en ville un milieu qui ressemblait à leur milieu d'origine. Il n'y a pas dans ce cas à proprement parler « d'adaptation au milieu urbain », mais au moins une accoutumance à la fréquentation humaine.

Selon Leonard de Vinci, du point de vue externe, ils ont en commun leur paire d'ailes qui leur permet de voler dans l'air, ainsi que les pattes de l'oiseau semblables aux roues de l'avion, leur permettant de décoller et d'atterrir. L'oiseau et l'avion ont enfin de nombreuses ressemblances internes car leur structure creuse permet à l'avion comme à l'oiseau de détenir une souplesse et surtout une forte solidité et résistance dans l'air.

Partant de ces ressemblances, les oiseaux préfèrent voler au même titre que les avions car ils leurs fournissent un courant de vent qui leurs permet de fournir un effort moindre. La ressemblance des oiseaux avec les avions a permis aux oiseaux de s'adapter et de développer un certain nombre des comportements à l'approche des avions en ignorant les conséquences qui peuvent leurs arriver à manifestants ces comportements.

C'est pourquoi, il est toutefois recommandé de poursuivre des études écologiques sous forme de suivi concernant l'habitat constitué par la zone aéroportuaire. Cette étude écologique, qui couvre également les environs immédiats de l'aéroport repose sur les comportements des espèces aviaires à l'approche des aéronefs à l'aéroport Murongo de Bunia.

L'objectif poursuivi dans ce travail est d'étudier les différents comportements des oiseaux avant et pendant l'atterrissage et ou le décollage des aéronefs.

2 MÉTHODOLOGIE

2.1 MILIEU D'ÉTUDE

Ce travail a été réalisé à l'aéroport de la ville de Bunia en province de l'Ituri.

Le site d'étude qui est l'aéroport Murongo de Bunia (1°33'57"N; 30°13'15"E et 1245 m d'altitude), est l'un des aéroports de la République Démocratique du Congo desservant la ville de Bunia, la capitale de la province de l'Ituri.

La piste de l'aéroport de Bunia est construite de l'Est à Ouest et à une longueur de 1850 m. La piste d'envol, large de 30 m et balisée en 2006, mais non opérationnel; est contourné de deux bandes de sécurités de part et d'autre de celle-ci. Ses seuils sont de 60 m aux bout de la piste. Ci-dessous la nouvelle carte de la ville de Bunia auquel notre site d'étude est inclus.

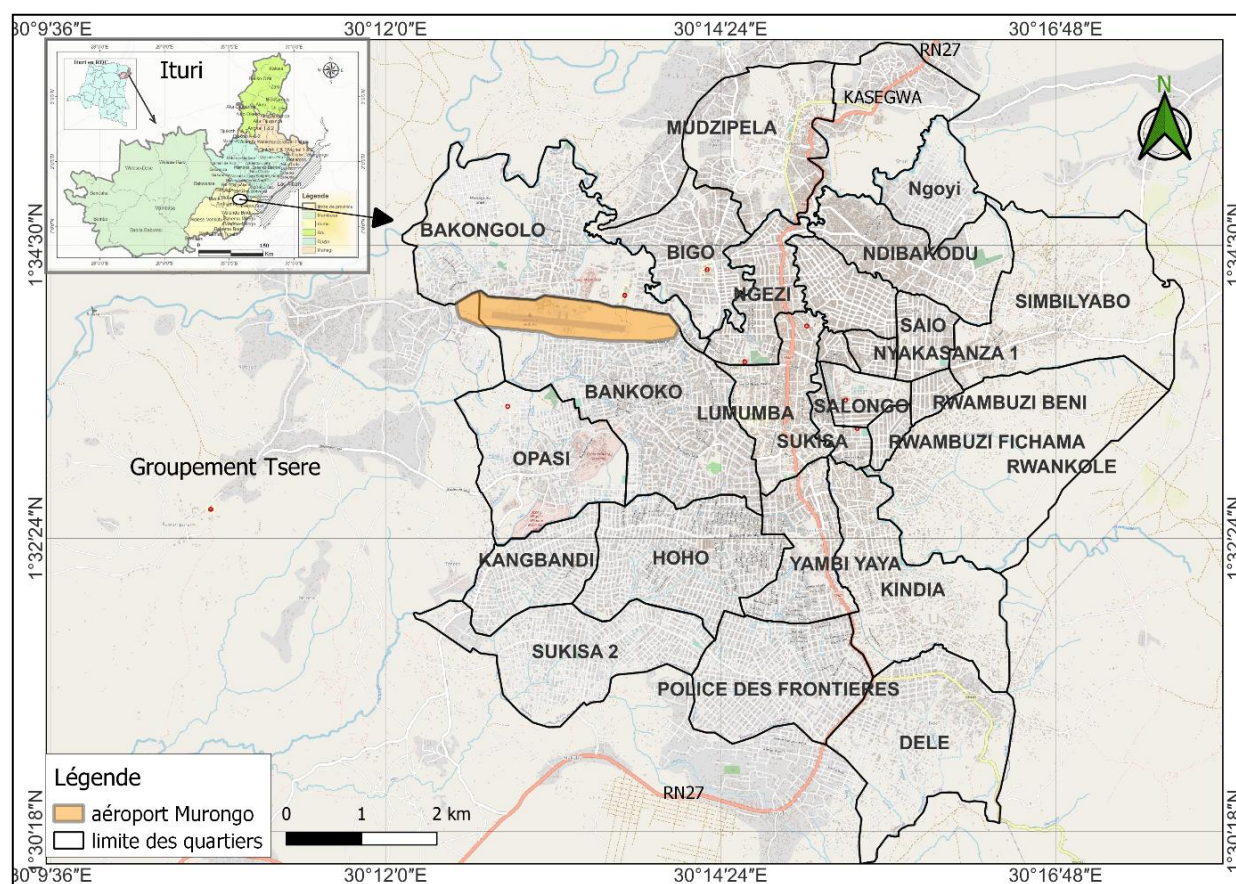


Fig. 1. Carte de la ville de Bunia avec les sites d'étude (aéroport Murongo de Bunia et alentours)

Du point de vue climatique, les travaux effectués par [13] rangent la ville de Bunia dans le type tropical humide qui est caractérisé par deux saisons pluvieuses correspondant au double passage du soleil au Zénith à Bunia et elle est entrecoupée par deux saisons sèches de courte durée. Les relevés météorologiques de la station de MONUSCO/Bunia pour les années de 2021 à 2023 se présentent comme suit, notamment en ce qui concerne la température et la pluviométrie.

Tableau 1. Température et pluviométrie à Bunia pour les années de 2021 à 2023 (MONUSCO/BUNIA, 2023)

Année 2021													
Mois	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Moyenne
(T°C)	25,4	26,1	26,8	24,7	25,4	24,5	24,5	24,4	23,4	23,4	24,7	25,6	24,9
(P.mm)	78	25	115	109	124	111	58	154	146	101	51	32	92
Année 2022													
Mois	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	
(T°C)	26,7	23,8	24,5	24,4	24,5	24,7	24,5	21	23,4	25,1	23,4	23,1	24,09
(P.mm)	12	24	156	123	89,2	112,1	110	241	85,2	73	209	205,9	120
Année 2023													
Mois	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	
(T°C)	27,5	29,1	25,6	24,6	25,1	26	27,1	26,4	14,6	25	24,6	24,3	24,99
(P.mm)	23,9	30,2	157	191	48	14	14	48	80	206	198	194	100,3

Le Tableau 1 fait constater que, pour les années 2021,2022 et 2023, les températures sont plus élevées respectivement en mars (26,8°C), janvier (26,7°C) et en février (29,1°C); et les valeurs les plus faibles sont enregistrées en août (23,4°C), décembre (23,1) et en février (14,6°C) avec des moyennes de 24,9°C, 24,09°C et 24,99°C. Les maximas des pluies sont enregistrés en août (154 mm), novembre (209 mm) et en août (206 mm) alors que les minimas sont en février (25 mm), janvier (12 mm) et en juin et juillet (14 mm) avec des moyennes de 92 mm, 120 mm et de 100,3 mm.

Du point de vue phytogéographique, la ville de Bunia appartient à la région soudano-zambézienne et au district phytogéographique de Lac Albert. Selon Lebrun cité par [18], ce District est subdivisé en zones suivantes: une zone de savanes de moyenne altitude à *Themeda triandra*, une zone de savanes de haute altitude et une zone de Lac Albert. Le site étudié est situé dans la zone de moyenne altitude de Lebrun.

La végétation y est caractérisée par des graminées de grande taille (1-3m de hauteur) comme *Imperata cylindrica* P. BEAUV., *Pennisetum purpureum* K. SCHUM., *Cymbopogon afronardus* STAPF, *Hypparrhenia diplandra*, etc. [13]; par une végétation arbustive: *Acacia seyal*, *Erythrina abyssinica* DC, *Ficus bubu*, *Psidium guajava* L., *Vernonia amygdalina* DELILE, *Bambusa vulgaris* SCHRAD, *Casuarina equisetifolia* L., *Cupressus sempervirens* MULLER, *Cassia spectabilis* DC, *Ficus elastica* ROXB [13].

Actuellement, la ville de Bunia est dominée par une végétation d'origine anthropique notamment, d'Eucalyptus et d'autres arbres fruitiers comme les manguiers (*Mangifera indica*, Anacardiaceae) les avocatiers (*Persea americana*, Moraceae); elle se rencontre dans les zones d'habitation, ce qui explique sa discontinuité. Dans la zone aéroportuaire, la végétation prédominante est constituée de *Panicum maximun* (Poaceae), *Paspalum notaum* (Poaceae), quelques plantes ligneuses, notamment: *Vernonia amygdalina*, *Mangifera indica* (Anacardiaceae), *Annona squamosa* (Annoanaceae). On y trouve aussi quelques champs de culture: *Zea mays* (maïs) et *Manihot esculanta* (manioc).

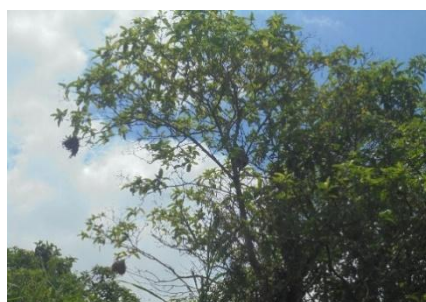


Fig. 2. Vernonia amygdalina



Fig. 3. *Panicum maximum*



Fig. 4. *Annona squamosa* (au camp MONUSCO)



Fig. 5. *Mangifera indica* (au camp de la MONUSCO)



Fig. 6. *Champ de cultures associées (Arachide, manioc et maïs)*



Fig. 7. *Zea mays* (maïs) et *Manihot esculanta* (manioc)

2.2 MATÉRIEL BIOLOGIQUE

Le matériel biologique de cette étude est constitué des oiseaux observés à l'aéroport murongo de Bunia de décembre 2022 à décembre 2023.

2.3 MÉTHODES

Mise au point par Blondel, Ferry et Frochot en 1970, la méthode des Indices Ponctuels d'Abondance (I.P.A.) était appliquée. Elle consiste à faire des observations sur une ligne (Transect line) à restant pendant 5 à 15 minutes sur un point échantillonné et compter tous les individus d'oiseaux dans le site d'étude [14]. L'aéroport a été utilisé comme une ligne transecte. Seuls les oiseaux observés étaient enregistrés. Les observations ont été faites soit directement à l'œil nu, soit au moyen d'une paire des jumelles.

Un cahier de terrain a servi pour enregistrer les oiseaux identifiés, les non identifiés étaient soigneusement photographiés en mettant en évidence les caractères saillants (la coloration de plumage, la taille, la couleur de bec et des pattes) pour permettre leur identification au niveau de laboratoire.

L'identification des oiseaux était faite à partir des caractères morphologiques en utilisant les ouvrages de [15 - 18].

2.4 LES COMPAGNIES

Le tableau ci-dessous indique les différentes compagnies d'aviation qui opèrent à l'aéroport national Murongo de Bunia.

Tableau 2. *Les compagnies d'aviation opérant à l'aéroport Murongo de Bunia*

Les Compagnies Régulières	Les Compagnies Non Régulières
CAA	TROPIC AIR
MAF CONGO	AIR KASAI
TRACEP CONGO	BUSY BEE CONGO
AIR FAST	CICR
MONUSCO	MALU AVIATION
	KIV AVIA

Le Tableau ci-dessus montre que 5 compagnies d'aviation sont régulières contre 6 irrégulières.

3 RÉSULTATS

3.1 COMPORTEMENT DES OISEAUX AVANT ET PENDANT L'ATERRISSAGE ET OU DECOLLAGE DES AERONEFS

Les comportements des oiseaux observés sont repris dans le tableau ci-dessous.

Tableau 3. Les comportements des oiseaux observés à l'approche des aéronefs

N°	Espèces	Comportement avant atterrissage/décollage	Comportement pendant atterrissage/décollage
1	<i>Leptoptilos crumenifer</i>	repos, social, alimentaire	déplacement et accoutumance
		Cette espèce se repose à coté de la piste pendant un long moment. Elle se nourrit des Insectes et boit de l'eau qui stagne à coté de la piste.	Cette espèce traverse la piste à la recherche de nourriture. Elle ne fuit pas au mouvement d'avion.
2	<i>Ciconia nigra</i>	Repos, social, alimentaire, territorial et déplacement	Fuite, nicheur
		L'espèce se repose sur la piste, consomme les insectes, elle vit en groupe. Dès que un aéronef apparaît, elle se promène sur la piste.	A l'apparition des aéronefs, les individus prennent fuite pour aller nicher sur les arbres dans la concession de la RVA
3	<i>Prinia somalica</i>	Repos, social, territorial, loisir	Fuite
		L'espèce se repose sur la piste et à côté sur la pelouse, lancent les cris et le chant. Les individus jouent entre eux en survolant la piste.	Les individus qui se trouvent sur la piste et ses périphéries prennent fuite.
4	<i>Macronyx crocerus</i>	Repos, social, territorial et déplacement	Accoutumance
		Les individus vivent communautés, ils boivent de l'eau stagnante à coté de la piste. Ils se reposent sur la piste et lancent les cris de chant en se déplaçant.	L'espèce est déjà habitué au mouvement d'avions.
5	<i>Colvus albus</i>	Social, territorial, alimentaire, repos et agressivité	Fuite, nicheur, loisir
		Les individus vivent en groupe, ils boivent de l'eau stagnante à coté de la piste. Ils restent longtemps sur la piste. Ils se bagarrent.	A l'apparition des aéronefs, les individus prennent fuite pour aller nicher sur les arbres dans la concession de la RVA. Ils survolent la piste.
6	<i>Aquila rapax</i>	Repos, social, territorial, déplacement	Loisir, déplacement, accoutumance
		Les individus restent longtemps sur la piste, ils vivent en groupe. Il se déplacent en traversant la piste et lancent les cris et le chant.	Les individus de cette espèce jouent en survolant et en tournant sur place longtemps. Ils se déplacent de part et d'autre de la piste. Ils ne fuient pas face au mouvement des avions
7	<i>Turdus pelios</i>	Territorial, repos et déplacement	Accoutumance
		Les individus chantent, ils restent longtemps sur la pelouse à coté de la piste, parfois en déplaçant.	Ils sont pas sensibles au mouvement d'aéronefs
8	<i>Hirundo nigrita</i>	Repos, déplacement, social, territorial et nidification	Fuite
		Les individus se reposent sur la pelouse et sur la piste, Ils se déplacent rapidement de part et d'autre de la piste. Ils vivent souvent en groupe et lancent des cris. Ils ont des nids dans les bâtiments administratifs de la RVA.	Les individus de cette espèce fuient à l'approche des aéronefs.
9	<i>Ploceus cucullatus</i>	Repos, social, déplacement	Fuite
		Les individus de cette espèce restent longtemps sur la piste. Ils vivent souvent en groupe et Ils se déplacent en traversant la piste.	Les espèces fuient au mouvement des avions.
10	<i>Lanius cristatus</i>	Repos, territorial, déplacement et social	Fuite
		Les individus de cette espèce restent longtemps sur la piste. Ils vivent souvent en groupe et lancent des cris. Ils se déplacent en traversant la piste en grande vitesse	A l'apparition des aéronefs, les individus prennent fuite.
11	<i>Pycnonotus barbatus</i>	Repos, territorial, déplacement.	Fuite
		Les individus de cette espèce restent un long moment sur la piste, ils lancent les cris et se déplacent en traversant la piste. Ils vivent souvent en couple.	Dès que les aéronefs arrivent, ils fuient.

Ce Tableau 3 présente les comportements des oiseaux face au mouvement des aéronefs à l'aéroport Murongo de Bunia. Après les observations, on a identifié avant l'atterrissage ou décollage le comportement suivant: le repos, l'alimentation, le déplacement, le territorial, l'agressivité et le social contre la fuite, le déplacement, le nicheur, le loisir et l'accoutumance pendant l'atterrissage et ou le décollage.

3.1.1 NOMBRE D’ESPECE FACE AUX DIFFERENTS COMPORTEMENTS

Le tableau suivant indique le nombre d’espèces ayant manifesté un certain comportement.

Tableau 4. Nombres d’espèces qui ont manifesté un certain comportement

Comportements	Nombre d’espèces qui ont manifesté ces comportements	Espèces
Social	11	<i>Leptoptilos crumenifer</i> , <i>Ciconia episcopus</i> , <i>Prinia somalica</i> , <i>Macronyx croceus</i> , <i>Corvus albus</i> , <i>Aquila rapax</i> , <i>Turdus pelios</i> , <i>Hirundo nigrita</i> , <i>Ploceus cucullatus</i> , <i>Lanius cristatus</i> et <i>Pycnonotus barbatus</i>
Repos	11	<i>Leptoptilos crumenifer</i> , <i>Ciconia episcopus</i> , <i>Prinia somalica</i> , <i>Macronyx croceus</i> , <i>Corvus albus</i> , <i>Aquila rapax</i> , <i>Turdus pelios</i> , <i>Hirundo nigrita</i> , <i>Ploceus cucullatus</i> , <i>Lanius cristatus</i> et <i>Pycnonotus barbatus</i>
Territorial	10	<i>Ciconia episcopus</i> , <i>Prinia somalica</i> , <i>Macronyx croceus</i> , <i>Corvus albus</i> , <i>Aquila rapax</i> , <i>Turdus pelios</i> , <i>Hirundo nigrita</i> , <i>Ploceus cucullatus</i> , <i>Lanius cristatus</i> et <i>Pycnonotus barbatus</i>
Alimentation	3	<i>Leptoptilos crumenifer</i> , <i>Ciconia episcopus</i> et <i>Corvus albus</i>
Déplacement	11	<i>Leptoptilos crumenifer</i> , <i>Ciconia episcopus</i> , <i>Prinia somalica</i> , <i>Macronyx croceus</i> , <i>Corvus albus</i> , <i>Aquila rapax</i> , <i>Turdus pelios</i> , <i>Hirundo nigrita</i> , <i>Ploceus cucullatus</i> , <i>Lanius cristatus</i> et <i>Pycnonotus barbatus</i>
Fuite	7	<i>Ciconia episcopus</i> , <i>Prinia somalica</i> , <i>Corvus albus</i> , <i>Hirundo nigrita</i> , <i>Ploceus cucullatus</i> , <i>Lanius cristatus</i> et <i>Pycnonotus barbatus</i> .
Nicheur	2	<i>Ciconia episcopus</i> et <i>Corvus albus</i>
Loisir	3	<i>Aquila rapax</i> , <i>Corvus albus</i> et <i>Prinia somalica</i> .
Accoutumance	4	<i>Leptoptilos crumenifer</i> , <i>Macronyx croceus</i> , <i>Aquila rapax</i> et <i>Turdus pelios</i> .
Agressivité	1	<i>Corvus albus</i>
TOT:10	TOT Espèces : 11	

Ce *Tableau 4* révèle que 11 espèces d’oiseaux ont manifesté 3 comportements à l’approche des aéronefs dont le social, le repos et le déplacement tandis que 10 en ont 1 (territorial). 1 espèce a manifesté seulement un comportement, l’agressivité.

3.1.2 POURCENTAGE DES ESPECES FACE AUX DIFFERENTS COMPORTEMENTS

La *Figure 8* montre le pourcentage des comportements des espèces.

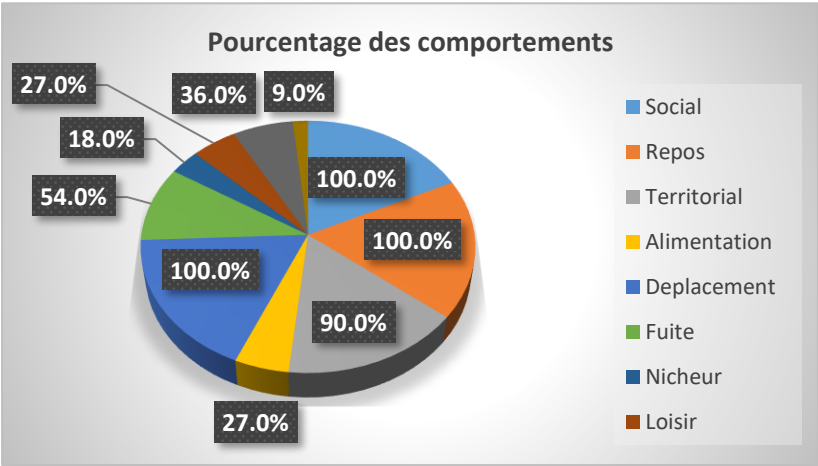


Fig. 8. Pourcentage des comportements des espèces

La *Figure* ci-haut renseigne que 3 comportements (social, repos et déplacement) ont atteint 100% contre un comportement (territorial) qui atteint 90%. Le plus faible pourcentage est observé dans le comportement de loisir (9%).

3.2 NOMBRE D'INDIVIDUS D'ESPECES D'OISEAUX AYANT MANIFESTE UN COMPORTEMENT FACE AU MOUVEMENT D'AVIONS À L'AÉROPORT NATIONAL MURONGO DE BUNIA

Ce tableau suivant signale le nombre d'individus d'espèces d'oiseaux observés avant et pendant l'atterrissage et ou le décollage des avions.

Tableau 5. Nombre d'individus d'espèces d'oiseaux ayant manifesté un comportement face au mouvement des aéronefs

Numéro	Espèces	Noms Français	Nombre	%
1	<i>Leptoptilos crumenifer</i>	Marabout d'Afrique	4	1,9
2	<i>Ciconia episcopus</i>	Cigogne épiscopale	8	3,9
3	<i>Prinia somalica</i>	Prinia pale	6	2,9
4	<i>Macronyx croceus</i>	Sentinelle à gorge jaune	10	4,9
5	<i>Corvus albus</i>	corbeau pie	93	45,1
6	<i>Aquila rapax</i>	Epervier	36	17,5
7	<i>Turdus pelios</i>	Merle africain	2	1,0
8	<i>Hirundo nigrita</i>	Hirondelle à bavette	3	1,5
9	<i>Ploceus cucullatus</i>	Tisserin gendarme	5	2,4
10	<i>Lanius cristatus</i>	Pie-grièche brune	16	7,8
11	<i>Pycnonotus barbatus</i>	Bulbul du jardin	23	11,2
Total			206	100

Le Tableau 5 révèle que les espèces *Corvus albus* et *Aquila rapax* offrent des pourcentages élevés en oiseaux observés (respectivement, 45,1% et 17,1%), soient 93 individus (*Corvus albus*) contre 36 (*Aquila rapax*) sur un total de 206 ayant manifesté un comportement face au mouvement des aéronefs à l'aéroport Murongo de Bunia.

3.3 CONSEQUENCES DU COMPORTEMENT D'OISEAUX FACE AUX AERONEFS

Pendant la période d'observations des comportements des oiseaux face aux mouvements des avions à l'aéroport de Bunia, quelques espèces de ces oiseaux sont entrés en collision avec les aéronefs. Le détail se trouve dans le Tableau 6.

Tableau 6. Conséquence des comportements des oiseaux face aux aéronefs

ANNEE	MOIS	DATE	PHASE DE VOL	VOL	ESPECE	NBRE	CONSEQ.
2022	Mars	23	Décollage	MONUSCO	<i>Aquila rapax</i>	1	Décès
		28	Décollage	MALU AVIATION	<i>Aquila rapax</i>	1	Décès
	Novembre	10	Atterrissage	CAA	<i>Aquila rapax</i>	1	Décès
		22	Atterrissage	MAF CONGO	<i>Aquila rapax</i>	1	Décès
		27	Atterrissage	CAA	<i>Aquila rapax</i>	1	Décès
		1	Atterrissage	CAA	<i>Aquila rapax</i>	1	Décès
		1	Décollage	ITURI AIRLINE	<i>Aquila rapax</i>	1	Décès
		6	Décollage	TROPIC AIR	<i>Aquila rapax</i>	1	Décès
		16	Décollage	MONUSCO	<i>Aquila rapax</i>	1	Décès
	Decembre	16	Atterrissage	CAA	<i>Aquila rapax</i>	1	Décès
2023	Mars	28	Atterrissage	CAA	<i>Aquila rapax</i>	1	Décès
	Avril	7	Atterrissage	CICR	<i>Aquila rapax</i>	1	Décès
	Septembre	12	Atterrissage	MONUSCO	<i>Corvus albus</i>	1	Décès
		27	Atterrissage	TRACEP CONGO	<i>Hirundu nigrita</i>	1	Décès
	Novembre	6	Atterrissage	PAM	<i>Aquila rapax</i>	1	Décès
	Decembre	19	Atterrissage	MONUSCO	<i>Aquila rapax</i>	1	Décès

L'analyse du Tableau 6 indique que l'espèce *Aquila rapax* a connu 12 fois la collision avec les aéronefs que le deux autres (respectivement *Corvus albus* et *Hirundu nigrita*: une fois). Ce même Tableau 6 révèle également que le comportement de ce 3 espèces (*Aquila rapax*, *Hirundu nigrita* et *Corvus albus*) face aux manœuvres d'avions pendant le décollage et ou l'atterrissage des aéronefs les a amenés à la mort.

4 DISCUSSION

4.1 COMPORTEMENT DES OISEAUX AVANT ET PENDANT L'ATERRISSAGE ET OU DECOLLAGE DES AERONEFS

Les résultats du *Tableau 3* ont montré que pendant les observations des comportements des oiseaux à l'approche des aéronefs à l'aéroport de Bunia qui a couvert la période allant de décembre 2022 au décembre 2023, les oiseaux ont manifesté plusieurs comportements, respectivement: le repos, l'alimentation, le déplacement, le territorial, l'agressivité et le social avant l'atterrissage et ou décollage contre la fuite, le déplacement, le nicheur, le loisir et l'accoutumance pendant l'atterrissage et ou le décollage.

Deux comportements de nos résultats (le repos et l'alimentation) corroborent avec ceux [7] qui ont travaillé sur l'étude des effectifs d'oiseaux et de leurs comportements et Synthèse des méthodes de contrôle à la Régie inter municipale des déchets de la Rouge (RIDR). Ces auteurs ont observé juste le comportement d'une seule espèce (Goéland), c'est ce qui explique la divergence avec les autres comportements trouvés dans notre étude (déplacement, territorial, agressivité, social fuite, nicheur, loisir et accoutumance). Cependant, [10] ont révélé que le potentiel d'accoutumance des oiseaux aux aéronefs est généralement élevé, le même constat fait aussi dans nos recherches.

4.2 NOMBRE D'INDIVIDUS D'ESPECES D'OISEAUX AYANT MANIFESTE UN COMPORTEMENT FACE AU MOUVEMENT D'AVIONS À L'AEROPORT NATIONAL MURONGO DE BUNIA

Le *Tableau 5* a indiqué que les espèces *Corvus albus* et *Aquila rapax* ont offert des pourcentages élevés en oiseaux observés (respectivement, 45,1% et 17,1%), soient 93 individus (*Corvus albus*) contre 36 (*Aquila rapax*) sur un total 206 ayant manifesté un comportement face au mouvement des aéronefs à l'aéroport Murongo de Bunia.

Ref. [7] dans leur travail sur l'étude des effectifs d'oiseaux et de leurs comportements et Synthèse des méthodes de contrôle à la Régie inter municipale des déchets de la Rouge ont observé sept types (ou espèces) d'oiseaux, les goélands représentent en moyenne 67% des oiseaux observés. Le grand Corbeau (*Corvus corax*) et la Corneille d'Amérique (*Corvus brachyrhynchos*) ont montré respectivement une présence moyenne combinée de 26% tout au long de la période d'étude. Ces résultats divergent des nôtres, cela s'explique par des études réalisés dans des régions différentes.

4.3 CONSEQUENCES DU COMPORTEMENT D'OISEAUX FACE AUX AERONEFS

Le *Tableau 6* a révélé que l'espèce *Aquila rapax* a connu 12 fois la collision avec les aéronefs que le deux autres (respectivement *Corvus albus* et *Hirundu nigrita*: une fois). Ce même tableau (6) a indiqué également que le comportement de ce 3 espèces (*Aquila rapax*, *Hirundu nigrita* et *Corvus albus*) face aux manœuvres d'avions pendant le décollage et ou l'atterrissage des aéronefs les a amenés à la mort

Ref. [9] a fait une étude sur Apports méthodologiques à l'étude des interactions des oiseaux avec le réseau de transport d'électricité en France. En raison de sa densité de câbles, ce réseau induit une fragmentation de l'habitat des animaux volants et principalement des oiseaux. Au-delà des électrocutions au niveau des pylônes, cette fragmentation cause la mort d'individus par collision avec les câbles. En comparant ces deux travaux nous pouvons dire que les câbles électriques et les aéronefs en mouvement provoquent la mort de ces oiseaux qui entrent à contact avec ces câbles et les aéronefs.

5 CONCLUSION ET SUGGESTION

La recherche effectuée à l'aéroport national Murongo de Bunia a porté sur les comportements des oiseaux face au mouvement des aéronefs. Cette étude a conduit à recenser un certain nombre des comportements des oiseaux, dont, le repos, social, alimentaire, déplacement, accoutumance, territorial, fuite, nicheur, loisir, agressivité et nidification. La conséquence de ces comportements des oiseaux face aux manœuvres des avions a provoqué la mort des individus qui sont entrés en collision avec les aéronefs. Cette mort des oiseaux entraîne une perte de la biodiversité aviaire. Pour mieux comprendre les comportements des oiseaux qui vivent à l'aéroport Murongo, d'autres études similaires devraient s'effectuer dans la ville de Bunia. Ce travail contribue à la connaissance des comportements de la faune aviaire à l'approche des aéronefs à l'aéroport Murongo de Bunia.

REFERENCES

- [1] P. Martin et P. Bateson, *Measuring behavior an introductory guide*, Cambridge University, (1993) 222p.
- [2] F. Charvolin, *Sortie nature, protocole et hybridité cognitive. Note sur les sciences participatives*. *Vertigo*, 17 (3), (2017).
- [3] E. Alain et L. Marc, [https://www.lemonde.fr/1993/01/13/ces.oiseaux-qui-font-peur-aux-avions_3929925718_1819218 .htm](https://www.lemonde.fr/1993/01/13/ces.oiseaux-qui-font-peur-aux-avions_3929925718_1819218.htm), (1993).
- [4] P. Ingol *et al.*, *Comportement de marmots Marmota marmota sous l'influence de différentes activités de randonnées*, [http://doi.org/10.1016/0006-32207\(93\)90653-I](http://doi.org/10.1016/0006-32207(93)90653-I), (1993).
- [5] J.R. Gros-Désormaux *et al.*, *L'île et le vivant revisité dans la théorie de la biogéographie insulaire: les symptômes du syndrome d'insularité*, DOI: 10.17551/2358-1778.geomazonia.V3n5p200-210, (2015).
- [6] P. Martin, P. Bateson, *Measuring behavior: An introductory guide*, Cambridge university press, (2007) 186p.
- [7] Molina, Lecours, Marilou et Skelling, *Etude des effectifs d'oiseaux et de leurs comportements et Synthèse des méthodes de contrôle à la Régie inter municipale des déchets de la Rouge*, (2010).
- [8] Lamarre *et al.*, *Ecologie migratoire et écologie de la reproduction des oiseaux confrontés aux changements climatiques mondiaux*, (2018).
- [9] B. Leyli, *Apport méthodologiques à l'étude des interactions des oiseaux avec le réseau de transport d'électricité en France*, (2016).
- [10] – B. Bruder et S. Komenda-Zehnder, *Office federal de l'environnement, des forêts et du paysage (OFEP-P), cahier de l'environnement N°376 Nature et Paysage, Berne* (2005) 102p.
- [11] D. Tilman, *Biodiversité: Population contre la stabilité des écosystème*, *revue écologie*, (1996) p350-363.
- [12] Martin *et al.*, *Les oiseaux et les réseaux électriques en Afrique du Nord, guide prtique pour l'identification et la prévention des lignes électriques dangereuses*. Gland, Suisse et Malage, Espagne: UICN.xvi 272p.
- [13] J. P. MESSEEN, *La monographie de l'Ituri; Histoire-Géographie-Economie*, Royaume de Belgique, (1951) 305 p.
- [14] P. Ingol *et al.*, *Comportement des marmots Marmota marmota sous l'influence de différentes activités de randonnée*, [https://doi.org/10.1016/0006-3207\(93\)90653-I](https://doi.org/10.1016/0006-3207(93)90653-I), (1993).
- [15] L. LIPPENS et WILLE, *Les oiseaux du Zaïre*, Tield, Ed. Lanroo, (1976) 509 p.
- [16] R. DEMEY et M. LOUETTE, *Important bird a Reas in Africa AmocratedIrlandes, Priotery rites for conservation. Bird life conservation, serien°11.Democratic Republic of Congo in lincoli*, (2000) 198 - 218 p.
- [17] K. BLAGOSKLONOV, *Guide de la protection des oiseaux éd. Mir, Moscou*, (1987) 232 p.
- [18] D. MARC, *Observer les oiseaux; Quand les chercher, où les trouver, comment les identifier*, Nathan, Paris, (2000) 20 - 50 p.

Prévalence de la dyslipidémie chez les patients âgés d'au moins 50 ans diagnostiqués à la clinique Riviera à Kinshasa

[Prevalence of dyslipidemia in patients aged at least 50 years diagnosed at the Riviera Clinic in Kinshasa]

Jean-Pierre KIMBUYA LUTONADIO¹ and Kevin BADIBANGA MPOYI²

¹Docteur en Didactique de la chimie & Evaluation, Département de chimie, Faculté des Sciences, Université Pédagogique Nationale, Kinshasa, RD Congo

²Licencié en Biologie médicale, Département de Biologie médicale, Faculté des Sciences de la Santé, Université Pédagogique Nationale, Kinshasa, RD Congo

Copyright © 2024 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: A prospective study based on the prevalence of dyslipidemia was carried out in order to diagnose abnormalities in patients aged at least 50 years in consultation at the Riviera clinic in Bandalungwa in Kinshasa. The analysis of 50 blood samples from the subjects revealed in the distribution of patients, a male predominance with 62.0%, including 40.0% engaged in physical activities and 30.0% having a history of diabetes. 30.0% of cases manifested hypercholesterolemia and 14.0%, hyperLDLemia.

The study confirms the significant prevalence of dyslipidemia in healthy adults aged at least 50 years, linked to the association of several modifiable and non-modifiable risk factors in the population studied.

KEYWORDS: Prevalence, cholesterol, dyslipidemia, hyperLDLemia, hypoLDemia.

RESUME: Une étude prospective basée sur la prévalence de la dyslipidémie a été menée afin de diagnostiquer les anomalies chez les patients âgés d'au moins de 50 ans en consultation à Riviera clinic de Bandalungwa à Kinshasa. L'analyse de 50 échantillons de sang des sujets a révélé dans la répartition des patients, une prédominance masculine avec 62,0%, dont 40,0% s'adonnant aux activités physiques et 30,0% ayant les antécédents diabétiques. 30,0% de cas ont manifesté une hypercholestérolémie et 14,0%, l'hyperLDLémie.

L'étude confirme la prévalence importante de la dyslipidémie chez les adultes sains d'au moins 50 ans, liée à l'association de plusieurs facteurs de risques modifiables et non modifiables dans la population étudiée.

MOTS-CLEFS: Prévalence, Cholestérol, Dyslipidémie, HyperDLémie, HypoDLémie.

1 INTRODUCTION

1.1 PROBLÉMATIQUE

L'amélioration de la santé d'une population ne dépend pas uniquement de l'existence des services de pointe de santé publique mais aussi de la recherche des solutions aux problèmes qui se posent quotidiennement à la médecine de base. La maladie cardiovasculaire évoluant silencieusement, s'intéresse aux facteurs de risques cardiovasculaires (FRCV), ouvrant ainsi

des possibilités de prévention. Du fait des aspects scientifiques de ce problème dans notre région et des complications souvent désastreuses, c'est une priorité de santé publique [10].

Les maladies de l'appareil circulatoire représentent une des premières causes de mortalité dans les pays industrialisés. Elles sont responsables du décès de trois personnes sur dix dans le monde, d'après l'organisation mondiale de la santé en 2010, les décès dus à ces pathologies représentent 30% de la mortalité mondiale [8]. La plupart d'entre elles sont la conséquence clinique des complications survenant au niveau des lésions athéromateuses des artères. Le processus d'athérogènes se déroule progressivement pendant plusieurs décennies avant la survenue des manifestations cliniques. C'est-à-dire l'importance d'une prévention précoce, qui devrait idéalement être instaurée avant la constitution des lésions ou à un stade où celles-ci peuvent encore régresser; cette prévention nécessite l'identification des facteurs de risque déclenchant l'athérogénese [8].

Les maladies cardiovasculaires sont les principales causes de décès dans le monde et font environ 17,9 millions de morts chaque année et, regroupent un ensemble d'affections de cœur et des vaisseaux sanguins ainsi que des cardiopathies rhumatismales.

La dyslipidémie constitue l'un des principaux facteurs des maladies cardiovasculaires tout comme le tabagisme, l'hypertension artérielle (HTA), le diabète et la sédentarité [1].

Les cas de dyslipidémie les plus fréquents sont les hyperlipidémies et les hypercholestérolémies qui dépendent de la présence d'un ou plusieurs facteurs de risque suivant le sexe et l'âge, ainsi sont liées aux modes de vie, même si la susceptibilité génétique ne doit pas être niée. Une fréquence assez importante au moins 1/3 d'adultes âgés de 50 ans ou plus manifestent la dyslipidémie [2].

Les dyslipidémies représentent un réel problème de santé publique avec des prévalences qui dépassent 30% dans les pays occidentaux; en Afrique subsaharienne, les prévalences varient selon la région et des taux de plus de 50% ont été retrouvés au Ghana, Nigeria et au Sénégal [9].

En RDC, dans une étude menée à l'Université de Kinshasa en 2018, on estime à 53, 2% la prévalence des dyslipidémies dont 56% hypercholestérolémie et 44% hypertriglycéridémies [7].

Les lipides sanguins qui sont le cholestérol, les triglycérides et les phospholipides sont transportés sous une forme plus hydrosoluble: les lipoprotéines. Celles-ci sont constituées d'un noyau central plus superficielle de phospholipides de cholestérol et de protéines dénommées apolipoprotéines (Apo).

Ces dernières ont un rôle de solubilité dans le plasma, donc les anomalies lipidiques sont des anomalies de transport liées aux lipoprotéines transporteuses des lipides sanguins.

Au regard des problèmes évoqués ci-haut, la présente étude a tenté de répondre à la question suivante: Quelle serait la prévalence de dyslipidémie chez les patients âgés d'au moins 50 ans diagnostiqués à Riviera Clinic ?

Cette préoccupation a soulevé deux questions secondaires ci-après:

- L'âge des patients a-t-il une influence sur la dyslipidémie ?
- Quel serait l'impact du sexe des patients sur la dyslipidémie ? »

1.2 HYPOTHÈSES DE L'ÉTUDE

L'hypothèse répondant à la question principale est la suivante:

- Les patients d'au moins 50 ans présenteraient une prévalence importante de dyslipidémie supérieure à 10%.

Les deux hypothèses qui répondent à questions secondaires stipulent que:

- L'âge des patients aurait une influence significative dans la survenue des dyslipidémies.
- Le sexe aurait un impact considérable sur celle-ci.

1.3 OBJECTIFS

1.3.1 OBJECTIF GÉNÉRAL

L'objectif de l'étude est de déterminer la prévalence de dyslipidémie chez les patients âgés d'au moins 50 ans diagnostiqués à la clinique riviera.

1.3.2 OBJECTIFS SPÉCIFIQUES

Pour atteindre l'objectif général, les objectifs spécifiques suivants ont été définis:

- Etudier la prévalence de la dyslipidémie chez les patients diagnostiqués.
- Déterminer l'influence de l'âge sur la dyslipidémie.
- Etablir le lien entre le sexe et la dyslipidémie.

1.4 CHOIX ET INTÉRÊT DE L'ÉTUDE

Le choix de l'étude est motivé par le souci de juguler l'incidence des accidents vasculaires cérébraux « AVC » dans la société congolaise.

L'étude revêt un double intérêt:

- Sur le plan scientifique :

Contribuer à la mise à jour des données sur la dyslipidémie dans la ville de Kinshasa à mettre à la disposition de la communauté scientifique des biologistes médicaux et des biochimistes cliniciens.

- Sur le plan médical :

Aider à la prévention et l'amélioration de la prise en charge des maladies cardiovasculaires en milieu hospitalier.

1.5 DOMAINE DE RECHERCHE

La présente étude s'inscrit dans le domaine de la Biologie médicale, particulièrement en Biochimie clinique

1.6 DÉLIMITATION SPATIO-TEMPORELLE DE L'ÉTUDE

Sur le plan spatial, l'étude a été réalisée à Riviera Clinic dans la commune de Bandalungwa dans la ville de Kinshasa et, sur le plan temporel, elle s'est déroulée pendant la période allant du 20 septembre au 20 novembre 2023.

2 METHODOLOGIE

2.1 CONTEXTE DE L'ÉTUDE

Il s'agit d'une étude prospective basée sur la prévalence de la dyslipidémie afin de diagnostiquer les anomalies chez les patients d'au moins 50 ans ayant été consultés à la Riviera Clinic.

2.2 MÉTHODES ET TECHNIQUES

2.2.1 POPULATION

La population d'étude cible est constituée de tous les patients hommes et femmes âgés d'au moins 50 ans reçus en consultation pour faire le bilan lipidique pendant la période concernée.

2.2.2 ÉCHANTILLONNAGE

Un échantillonnage de convenance a été réalisé étant donné la difficulté de projeter le nombre des patients devant être reçus en consultation pendant la période de l'étude.

Il a été tenu compte des critères d'inclusion et d'exclusion.

a) Critères d'inclusion

Ont été inclus dans cette étude les patients âgés d'au moins 50 ans ayant été présent à la Clinique durant la période couvrant l'étude et ayant donné leur consentement éclairé pour l'étude.

b) Critères à l'exclusion

Les patients n'ayant pas répondu aux critères d'exclusion n'ont pas fait l'objet de l'étude.

c) Taille de l'échantillon

Un échantillonnage non probabiliste a été constitué.

L'échantillon était constitué de 50 patients hommes et femmes en fonction de l'ordre d'arrivée à la consultation pour le diagnostic pendant toute la durée de l'étude.

2.2.3 MATÉRIEL

2.2.4 MATÉRIEL BIOLOGIQUE

Le matériel biologique de l'étude est le sang des malades prélevés et soumis au bilan lipidique au Laboratoire Riviera Clinic.

Les constituants cliniques ont été dosés dans le sang, un liquide biologique vital pour l'être humain. Il est composé du plasma dans lequel baignent les éléments minéraux, les composés organiques ainsi que les cellules sanguines.

Parmi les composés organiques figurent les lipides sanguins, de nature hydrophobe, qui ne sont rendus hydrosolubles que lorsqu'ils sont véhiculés par les apoprotéines et toute forme des lipoprotéines.

2.2.5 ECHANTILLON BIOLOGIQUE

Les constituants cliniques ont été dosés dans le sérum, partie liquide du plasma sanguin, de couleur ombrée, transparente, exempté d'éléments figurés et qui surnage après séparation du caillot sanguin par l'ajout de fibrinogène en fibrine.

2.2.6 MATÉRIELS ET RÉACTIFS DE LABORATOIRE

Pour le dosage quantitatif de paramètres lipidiques chez les patients diagnostiqués, du matériel et des réactifs suivants ont été utilisés:

a) Matériel

- Gants, seringue montée d'une aiguille, garrot et coton imbibé d'alcool dénaturé ayant servi à la ponction veineuse;
- Tube à hémolyse ayant permis de recueillir l'échantillon de sang total;
- Micropipette, embouts jaunes et bleu qui ont servi au prélèvement des réactifs et du sang;
- La semi automate du type Mindray a servi pour la détermination des résultats par spectrophotométrie.

b) Réactifs

Les réactifs utilisés pour le dosage quantitatif des paramètres lipidiques sanguins sont:

- Kit de cholestérol total composé de
 - Flacon R1: Tampon phosphate; Chloro-phénol, sodium chlorate et triton.
 - Flacon R2: cholestérol oxydase, cholestase, peroxydase et 4 amino-antipyrine.
 - Flacon R3: étalon.
- Kit de triglycéride composé de
 - Flacon R1: Tampon; pH 7,5; Chloro-phénol.
 - Flacon R2: lipoprotéine lipase, glycérol kinase, glycérol-3-phosphate, oxyde, peroxydase, 4-aminophénazone et ATP.
 - Flacon R3: triglycéride standard.
- Kit de cholestérol HDL composé de
 - Flacon R1: acide phosphotungstique et chlorure de magnésium.
 - Flacon R2: cholestérol standard.

- Kit de cholestérol LDL composé de
 - Flacon R1: cholestérol estérase, cholestérol oxydante et catalase.
 - Flacon R2: peroxydase et sérum lyophilisé.

2.2.7 MÉTHODES ET TECHNIQUES

2.2.7.1 PONCTION VEINEUSE

Avant chaque prélèvement, chaque patient a été conseillé de se présenter à jeun depuis 12 heures, le matin du jour du prélèvement avec une étiquette portant son identité collée sur le tube de prélèvement.

Le sang total a été prélevé sur un tube à hémolyse (sans anticoagulant) les échantillons de sérum hémolysés ont été évincés. Le sérum extrait a été conservé à la température ambiante, sur la paillasse. Dans le cas où l'analyse était différée, le sérum était conservé au frais, à +4°C.

2.2.7.1.1 PRINCIPE

La ponction veineuse consiste à prélever un volume désiré de sang destiné à un ou des examens nécessitant une assez importante quantité du sang.

2.2.7.1.2 TECHNIQUE

Les préalables de la technique consistent en:

- L'apprêtement de tout le matériel nécessaire au prélèvement de sang veineux;
- La lecture attentive du bon de demande de l'examen du patient;
- L'estimation de la quantité du sang à prélever devant correspondre aux examens demandés par le clinicien;
- La préparation des tubes à hémolyse pourvus d'anticoagulant-EDTA;
- La demande au patient de s'asseoir convenablement près de la table de prélèvement.

Après cela, le démarche consiste à:

- Repérer la région d'intérêt montrant des veines accessibles;
- Poser le garrot en amont de l'endroit de la piqûre;
- Bien ajuster l'aiguille au niveau de la seringue
- Désinfecter l'endroit de la piqure à l'aide d'un coton imbibé d'alcool dénaturé;
- Introduire l'aiguille jusqu'à l'intérieur de la veine;
- Desserrer le garrot avant d'aspirer la quantité de sang nécessaire;
- Appliquer l'ouate sèche avant de retirer l'aiguille de la veine;
- Délivrer le sang prélevé dans un tube à hémolyse sec.

2.2.7.2 MÉTHODES ANALYTIQUES

Les données ont été collectées de la manière suivante:

Pour tout patient répondant aux critères d'inclusion, les prélèvements sanguins étaient directement effectués sur place à l'hôpital après un consentement éclairé de chacun.

Le prélèvement était fait à jeun sur tube sec sans anticoagulant. La procédure de prélèvement utilisée est celle de la ponction veineuse franche, cinq (5) mL de sang total, centrifugé après coagulation à 5000 tours par minute, permettant l'obtention du sérum utilisé pour les différentes analyses biochimiques.

Ces échantillons de sang prélevés ont été directement acheminés au laboratoire de Riveria Clinic pour les différentes analyses biochimiques notamment le bilan lipidique.

Par rapport à l'identification, aux antécédents et aux autres caractéristiques relatives à la dyslipidémie des patients, les dossiers d'hospitalisation et le questionnaire d'enquête ont permis le recueil des données.

2.2.7.2.1 DOSAGE DU CHOLESTÉROL TOTAL

a) Principe

Le cholestérol total est mesuré après hydrolyse enzymatique puis oxydation. L'indicateur quinoneimine est formé à partir du peroxyde d'hydrogène et de l' amino-4 antipyrine en présence de phénol et de peroxydase.

La détermination enzymatique est faite selon les réactions suivantes:

- Ester du cholestérol + H₂O $\xrightarrow{\text{cholestérol estérase}}$ cholestérol+acide gras
 - cholestérol + O₂ $\xrightarrow{\text{cholestérol oxydase}}$ cholesténe -4-one 3+H₂O₂
 - H₂O₂+phénol+amino-4-antipyrine $\xrightarrow{\text{peroxydase}}$ quinoneimine rose
- La qualité de quinoneimine formé est proportionnelle à la concentration de cholestérol.

b) Protocole expérimental

- Préparer la solution de travail en mélangeant 20μL du réactif 1 avec 20μL du réactif 2 et laisser reposer à la température ambiante pendant 30 minutes;
- Préparer 3 tubes, puis ajouter une quantité d'eau physiologique dans le premier tube;
- Prélever 10 μL d'étalon et les mélanger avec 1 mL de la solution de travail dans un autre tube;
- Prélever 10 μL d'échantillon de sérum et les mélanger avec 1 mL de la solution de travail, laisser reposer pendant 5 minutes à la température ambiante;
- Allumer la semi-automate, sélectionner l'option dosage et choisir le paramètre cholestérol total;
- Prendre la sonde de l'automate et introduire dans le tube contenant de l'eau; appuyer sur l'option rinçage pour que la machine absorbe de l'eau;
- Soumettre aussi le tube contenant l'échantillon et imprimer le résultat en appuyant sur l'option imprimer;
- Le résultat est exprimé en mg/dL et la valeur de référence est < 200 mg/dL.

2.2.7.2.2 DOSAGE DES TRIGLYCÉRIDES

a) Principe

Les triglycérides sont déterminés selon les réactions suivantes:

- Triglycérides $\xrightarrow{\text{lipoprotéine lipase}}$ glycérol+acides grès
- Glycérol+ATP $\xrightarrow{\text{glycérol lipase, Mg}^{2+}}$ glycérol-3-P+ADP
- Glycérol-3-phosphates +O₂ $\xrightarrow{\text{glycérol-3-phosphate oxydase}}$ H₂O₂+ d'hydroxy acetone
- H₂O₂+Amino-4-antipyrine+chloro-phénol $\xrightarrow{\text{péroxydase}}$ quinine rose+H₂O

b) Protocole expérimental

- Préparer la solution de travail en mélangeant 20μL du réactif 1 avec 20μL du réactif 2 et laisser reposer à la température ambiante pendant 30 minutes;
- Préparer 3 tubes, puis ajouter une quantité d'eau physiologique dans le premier tube;
- Prélever 10 μL d'étalon et les mélanger avec 1 mL de la solution de travail dans un autre tube;
- Prélever 10 μL d'échantillon de sérum et les mélanger avec 1 mL de la solution de travail, laisser reposer pendant 5 minutes à la température ambiante;
- Allumer la semi-automate, sélectionner l'option dosage et choisir le paramètre Triglycéride;
- Prendre la sonde de l'automate et introduire dans le tube contenant de l'eau; appuyer sur l'option rinçage pour que la machine absorbe de l'eau;
- Soumettre aussi le tube contenant l'échantillon et imprimer le résultat en appuyant sur l'option imprimer;
- Le résultat est exprimé en mg/dL et la valeur de référence se trouve dans la fourchette de 35 à 150 mg/dL.

2.2.7.2.3 DOSAGE DU CHOLESTÉROL HDL

a) Principe

Les chylomicrons et les lipoprotéines de très faible densité (HDL) et les lipoprotéines de faible densité (LDL) contenus dans l'échantillon sont précipités par addition d'acide phosphatungistique en présence d'ions magnésium. Le surnagent obtenu après centrifugation contient les lipoprotéines de haute densité (HDL) dont le cholestérol est dosé au spectrophotomètre après une réaction enzymatique.

b) Protocole expérimental

- Prélever 100 μL d'étalon à introduire dans un tube à essai;
- Prélever encore 1000 μL du réactif 1 et les mélanger avec 100 μL de l'échantillon du sérum et laisser reposer pendant 10 minutes à la température ambiante;
- Allumer la semi-automate, sélectionner l'option dosage et choisir le paramètre Cholestérol LDL;
- Prendre la sonde de l'automate et introduire dans le tube contenant de l'eau; appuyer sur l'option rinçage pour que la machine absorbe de l'eau;
- Faire la même chose pour le tube contenant l'étalon;
- Absorber le contenu du tube contenant l'échantillon et imprimer le résultat en appuyant sur l'option imprimer;
- Le résultat est exprimé en mg/dL et la valeur de référence se trouve dans la fourchette de 35 à 150 mg/dL.

2.2.7.2.4 DOSAGE DES FRACTIONS DU CHOLESTEROL LDL

a) Principe

Les lipoprotéines contenues dans le sérum sont précipitées par l'ajout de l'acide phosphotungistique et du chlorure de magnésium pour les HDL et du cholestérol estérase et du sérum lyophilisé pour les LDL. Après centrifugation, le surnagent claire contenant la fraction de HDL, est testée avec le réactif du Kit pour la détermination de HDL et LDL Cholestérol.

b) Protocole expérimental

- Prélever 600 μL de l'étalon à introduire dans un tube à essai;
- Prélever encore 200 μL du réactif 1 et mélanger avec 200 μL du réactif 2 et laisser reposer pendant 10 minutes à la température ambiante;
- Prélever 200 μL de la solution de travail et le mélanger avec 100 μL de l'échantillon du sérum;
- Allumer la semi-automate, sélectionner l'option dosage et choisir le paramètre Cholestérol LDL;
- Prendre la sonde de l'automate et introduire dans le tube contenant de l'eau; appuyer sur l'option rinçage pour que la machine absorbe de l'eau;
- Faire la même chose pour le tube contenant l'étalon;
- Absorber le contenu du tube contenant l'échantillon et imprimer le résultat en appuyant sur l'option imprimer;
- Le résultat est exprimé en mg/dL et varie dans la fourchette de 35 à 150 mg/dL.

2.3 SAISIE ET COLLECTE DE DONNÉES

Les données collectées étaient saisies sur Microsoft Excel 2010. L'analyse des données, la gestion du fichier et l'analyse statistique ont été réalisées moyennant le logiciel SPSS version 2020. Les tableaux de contingence ont été réalisés en utilisant le test Khi-deux de Pearson avec un seuil de signification de 5% soit un intervalle de confiance de 95% ($p \leq 0,05$).

2.4 CONSIDÉRATIONS ÉTHIQUES

La participation à l'étude a été volontaire. Un consentement individuel a été obtenu de chaque participant avant son inclusion. Les analyses biologiques des patients étaient gérées dans l'anonymat.

3 PRESENTATION DES RESULTATS ET DISCUSSION

Les résultats obtenus sont présentés ci-après ainsi que leur analyse et la discussion y afférente.

3.1 PRÉSENTATION DES RÉSULTATS

Les résultats obtenus sont repris dans les tableaux qui suivent:

3.1.1 REPARTITION DES SUJETS SELON LE SEXE

Tableau 1. Répartition des sujets selon le sexe

Sexe	Fréquence	Pourcentage
Masculin	31	62,0 %
Féminin	19	38,0 %
TOTAL	50	100

Les sujets de sexe masculin sont majoritaires (62,0%) par rapport à ceux du sexe féminin. (38,0 %)

3.1.2 REPARTITION DES SUJETS SELON LA TRANCHE D'ÂGE

Tableau 2. Répartition des sujets selon la tranche d'âge

Tranche d'âge	Fréquence	Pourcentage
50 -59	22	44,0%
60-69	18	36,0 %
70 – 79	07	14,0 %
80 -89	03	6,0 %
TOTAL	50	100 %

La tranche d'âge majoritaire est celle de 50 à 59 ans soit 44,0% de cas avec l'âge moyen de $61,64 \pm 9,24$ ans.

3.1.3 REPARTITION DES SUJETS SELON LA PROFESSION

Tableau 3. Répartition des sujets selon la Profession

Profession	Fréquence	Pourcentage
Enseignant	5	10,0%
Médecin	3	6,0 %
Avocat	3	6,0 %
Sans emploi	9	18,0 %
Autres	30	60 %
TOTAL	50	100 %

Au regard de ce tableau 18,0% des sujets étaient sans emploi, la majorité (60%) ont d'autres emplois non spécifiés et 10,0% des enseignants.

3.1.4 REPARTITION DES SUJETS SELON LES FACTEURS GENERAUX INFLUENÇANT LA DYSLIPIDEMIE

Tableau 4. Répartition des sujets selon les facteurs généraux influençant la dyslipidémie

Facteurs	Réponses	Oui		Non		Indécis	
		N	%	N	%	N	%
Antécédents diabétiques		15	30,0	28	56,0	7	14,0
Parents fumeurs		14	28,0	29	58,0	7	14,0
Antécédents d'AVC		11	22,0	32	64,0	7	14,0
Crise d'AVC		11	22,0	39	78,0	00,0	00,0
Fumeurs		13	26,0	37	74,0	00,0	00,0
Diabétiques		6	12,0	44	88,0	00,0	00,0
Activités physiques		20	40,0	30	60,0	00,0	00,0

La lecture de ce tableau révèle que 40,0% des sujets réalisent les activités physiques et 30,0 % ont des antécédents diabétiques.

3.1.5 DESCRIPTION DES FACTEURS NUTRITIONNELS INFLUENÇANT LA DYSLIPIDEMIE

Tableau 5. Description des facteurs nutritionnels influençant la dyslipidémie

Facteurs	Réponses	Oui		Non	
		N	%	N	%
Régime alimentaire		11	22,0	39	78,0
Alcoolique		31	62,0	19	38,0
Consommation de plus de 2 œufs par mois		36	72,0	14	28,0
Crise d'AVC		11	22,0	39	78,0
Fumeurs		13	26,0	37	74,0

D'après le tableau ci-haut, 72,0% de sujets consomment plus de deux œufs de poule par mois. La prise d'alcool a été observée dans la majorité de cas (62,0%) par contre, la minorité ne respectait pas le régime alimentaire (22,0%).

3.1.6 REPARTITION DES SUJETS SELON LES PARAMETRES LIPIDIQUES SERIQUES

Tableau 6. Répartition des sujets selon les paramètres lipidiques sériques

	Normocholestérolémie		Hypocholestérolémie		Hypercholestérolémie	
	N	%	N	%	N	%
Cholestérol total	35	70,0	00,0	00,0	15	30,0
Cholestérol-HDL	NormoHDLémie		Hypo HDLémie		HyperHDLémie	
	N	%	N	%	N	%
	41	82,0	2	40,0	7	14,0
Cholestérol-LDL	NormoLDLémie		HypoLDLémie		HyperLDLémie	
	N	%	N	%	N	%
	42	84,0	1	20,0	7	14,0
Triglycéridémie	Normotriglycéridémie		Hypotriglycéridémie		Hypertriglycéridémie	
	N	%	N	%	N	%
	43	86,0	00,0	00,0	7	14,0

Il ressort de ce tableau ce qui suit:

- 30,0 % des sujets présentant une hypercholestérolémie ;
- 14,0% de sujets ont révélé l'hyperHDLémie et l'hypertriglycéridémie.

3.1.7 TRIS CROISES ENTRE LA TRANCHE D'ÂGE ET LA CHOLESTEROLEMIE

Tableau 7. Tris croisés entre la tranche d'âge et la cholestérolémie

Tranche d'âge	Cholestérolémie		Total	Khi-deux de Pearson	Signification asymptotique (bilatérale)
	Normale	Elevée			
50-59	15	7	22	2,408	,492
60-69	13	5	18		
70-79	4	3	7		
80-89	3	0	3		
Total	35	15	50		

L'hypercholestérolémie était plus fréquente chez les sujets âgés de 50 à 59 ans (14,0%). L'analyse montre qu'il n'existe pas de différence significative entre l'âge et la variation de la cholestérolémie ($P = 0.05$)

3.1.8 TRIS CROISES ENTRE LE SEXE ET LE TAUX DE CHOLESTEROL

Tableau 8. Tris croisés entre le sexe et le taux de Cholestérol

Sexe	Cholestérolémie		Total	Khi-deux de Pearson	Signification asymptotique (bilatérale)
	Normale	Elevée			
F	12	7	19	,683 ^a	,409
M	23	8	31		
Total	35	15	50		

L'hypercholestérolémie était légèrement plus observée chez les hommes avec un écart de 2,0% par rapport aux femmes. L'étude n'a pas montré de différence significative entre la cholestérolémie et le sexe.

3.1.9 TRIS CROISES ENTRE LA TRANCHE D'ÂGE ET LE TAUX DE HDL

Tableau 9. Tris croisés entre la tranche d'âge et le taux de HDL

HDL (mg/l) V35 -150 (Regroupé)	Tranche d'âge (ans)				Total	Khi-deux de Pearson	Signification asymptotique (bilatérale)
	50-59	60-69	70-79	80-89			
31-34	0	1	0	1	2	4,846	,564
35-150	12	13	8	8	41		
151-261	1	1	3	2	7		
Total	13	15	11	11	50		

Il ressort de ce tableau 6,0% de l'hyperHDLémie chez les sujets âgés de 50 à 59 ans.

3.1.10 TRIS CROISES ENTRE LA TRANCHE D'ÂGE ET LE TAUX DE LDL

Tableau 10. Répartition de la tranche d'âge en fonction du taux de LDL

LDL, '(mg/l) VR* 35-150	Tranche d'âge				Total
	50-59	60-69	70-79	80-89	
24-34	1	0	0	0	1
35-150	11	12	8	11	42
151-295	1	3	3	0	7
Total	13	15	11	11	50

* VR: Valeur de référence

Les sujets âgés de 60 à 69 ans et de 70 à 79 ans ont présenté 6,0% d'hyperLDLémie pour chaque cas.

4 DISCUSSION

En réalisant la présente étude sur la prévalence de la dyslipidémie chez les patients âgés d'au moins 50 ans, nous avons voulu répondre à la question principale suivante:

Quelle serait la prévalence de dyslipidémie chez les patients âgés d'au moins 50 ans diagnostiqués à Riviera Clinic ?

Cette préoccupation a soulevé deux questions secondaires ci-après:

- L'âge des patients a-t-il une influence sur la dyslipidémie ?
- Quel serait l'impact du sexe des patients sur la dyslipidémie ?

L'hypothèse répondant à la question principale était la suivante:

- Les patients d'au moins 50 ans présenteraient une prévalence importante de dyslipidémie supérieure à 10%,

Les deux hypothèses qui répondent aux questions secondaires stipulent que:

- L'âge des patients aurait une influence significative dans la survenue de dyslipidémies.
- Le sexe aurait un impact considérable sur celle –ci.

Des résultats attendus de l'hypothèse principale, l'étude révèle ce qui suit:

Les sujets sont âgés entre 50 à 89 ans avec un âge moyen de $61,64 \pm 9,24$ ans. Dans cette étude, malgré la non prise en compte de tous les risques cardiovasculaires, la majorité des sujets sont inclus dans l'intervalle d'âge de 50 à 59 ans qui correspond à 44,0% (22 individus).

Ces résultats confirment l'hypothèse formulée.

S'agissant des hypothèses secondaires, il se révèle que l'âge influe sur la survenue de la dyslipidémie et la répartition des patients selon le sexe montre une prédominance masculine avec 62,0% versus 38,0% des sujets féminins.

L'échantillon de l'étude comptait 30,0% de cas ayant une hypercholestérolémie. Différentes études épidémiologiques associent l'hypercholestérolémie à l'augmentation du risque cardiovasculaire [6]. On note comme exemple l'étude El Achhab et al [3] qui décrit l'hypercholestérolémie comme un facteur de risque cardiovasculaire indépendant et l'analyse d'Austin et Hokanson qui montre que l'élévation du taux de cholestérol entraîne une augmentation du risque cardiovasculaire [3].

L'hypercholestérolémie a été plus observée chez 7 sujets âgés de 50 à 59 ans. L'analyse montre qu'il n'existe pas une différence significative entre l'âge et la variation de la cholestérolémie ($P = 0.05$). Elle était légèrement plus observée chez les hommes avec un écart de 2,0% par rapport aux femmes. Ce qui ne justifie pas une différence significative entre la cholestérolémie et le sexe.

Ces résultats ne correspondent pas à ceux des autres études, qui ont montré une relation linéaire entre le taux de LDL-c et la survenue d'événements cardiovasculaires aussi bien en prévention primaire que secondaire [4].

L'étude a révélé une hyperHDLémie chez 14,0% des patients. Ces résultats ne sont pas compatibles avec l'étude ATP III (Adult Treatment Panel III) [5] cela pourrait se justifier dans le sens que cette dernière n'avait pas catégorisé les âges.

5 CONCLUSION

Dans cette étude, il a été question d'étudier la prévalence de la dyslipidémie chez les sujets d'au moins de 50 ans pendant la période du 20 septembre au 20 novembre 2023.

La dyslipidémie est un facteur de risque lipidique modifiable des MCV, La recherche dans ce domaine est essentielle afin d'améliorer la compréhension de la dyslipidémie, dans le souci d'optimiser sa prise en charge thérapeutique.

L'étude confirme la prévalence importante de la dyslipidémie chez les adultes sains d'au moins 50 ans. Cette prévalence élevée est liée à l'association de plusieurs facteurs de risques modifiables et non modifiables dans la population étudiée.

L'idéal serait de réaliser une étude épidémiologique qui suivrait les patients sur plusieurs années, avec l'établissement d'un contrôle glycémique et lipidique stricts avec tous ce que cela implique, régime diététique, activité physique, traitements antidiabétiques et hypolipémiants et voir ainsi s'il y a aggravation, ou stabilisation du profil lipidique.

Au terme de cette étude, les résultats ne peuvent être généralisés sur l'ensemble des sujets âgés d'au moins 50 ans de la ville de Kinshasa. Les contraintes aussi bien temporelles que matérielles l'ont limitées dans l'espace choisi.

REFERENCES

- [1] Alaoui, W. (2021). La dyslipidémie conseils à l'officine, p5-25.
- [2] Atlas, L., Catapano, L., I., G., & Debaecker, G. (2014). Guidelines for the management of dyslipidemias 2014; vol 37, p-291.
- [3] Austin, M-A., King, M-C., Vranizan, K-M., & Krauss, R-M. (2014). Atherogenic lipoprotein phenotype: a proposed genetic marker for coronary heart disease risk. *Circulation*, 82, 495-506.
- [4] Chapman, Ginsberg, H-N & Amarenco, P (2011). triglyceride-rich lipoproteins and high-density lipoprotein cholesterol in patients at high risk of cardiovascular disease; evidence and guidance for management. *Eurheart.J* 32; 1345-61.
- [5] Durand, G & Beaudeau, J.L. (2008). Biochimie médicale, marqueurs actuels et perspectives. 2^{ème} édition. Paris: Lavoisier.
- [6] Jardillier, J-C., Rerol, A., Siest, G., Stahl, A., Metais, P., Agneray, J., Ferard, G. & Furchat, J-G. *Biochimie Clinique*. 2015; 2: 225.
- [7] Kusuayi, G. (2018). Prévalence et déterminants des facteurs de risque cardiovasculaire liés à la sédentarité des employés d'une entreprise de Kinshasa en 2018.
- [8] Organisation Mondiale de la Sante (2014). Plan d'action 2008-2014 Pour la stratégie mondiale de lutte contre les maladies non transmissibles. Genève: Organisation Mondiale de la Sante. 2014: 48-48. Report no: 9769242597417.
- [9] Thombiano, L-P., Mbaye, A., Sarr, S-A., Ngaide, A-A., Kane, A., Diao, M-T & Kane, A. (2015). Prevalence of dyslipidemia in the rural population of gueoul (senegal) *anncardolangeiol* 2015; 65 (2): 77-80.
- [10] URM Guadeloupe. (2016). Facteurs des risques cardiovasculaires en consultations de médecine libérale en Guadeloupe.

ANNEXE 1. QUESTIONNAIRE D'ENQUÊTE**QUESTIONNAIRE D'ENQUETE N°****DATE : /...../2022****CONSIGNE :**

Dans le cadre de l'étude sur la dyslipidémie, vos avis sont sollicités sur les questions qui suivent.

Soyez rassuré d'avance de la confidentialité des réponses que vous fournirez.

Merci d'avance pour votre collaboration

I. IDENTITE DU REPONDANT (Données socio-démographiques)

I.1. Sexe :

1. Masculin

☐

2. Féminin

☐

I.2. Age :ans

I.3. Profession :

1. Enseignant

☐

2. Médecin

☐

3. Avocat

☐

4. Sans emploi

☐

5. Autre à préciser :

I.4. Commune de résidence :

II. QUESTIONS PROPREMENT-DITES

II. 1. Avez-vous un parent ayant souffert d'un MVC ?

1.Oui

☐

2. Non

☐

3. Indécis

☐

II. 2. Avez -vous un parent ayant souffert du diabète ?

1.Oui

☐

2. Non

☐

3. Indécis

☐

II.3. Aviez – vous un parent fumeur ?

1.Oui

☐

2. Non

☐

3. Indécis

☐

II.4. Etes- vous diabétique ?

1.Oui

☐

2. Non

☐

II.5. Avez-vous déjà fait une crise d'AVC ?

1.Oui

☐

2. Non

☐

Si oui suivez-vous un régime alimentaire ?

1.Oui

☐

2. Non

☐

II.6. Avez-vous des activités physiques quotidiennes ?

1.Oui ☐ 2. Non ☐

Si oui combien de fois par semaine ? A préciser

.....

II.7. Avez-vous l'habitude de fumer ?

1.Oui ☐ 2. Non ☐

II.7. Consommez-vous fréquemment l'alcool ?

1.Oui ☐ 2. Non ☐

II.8. Consommez-vous plus de deux œufs par semaine ?

1.Oui ☐ 2. Non ☐

Si oui combien ? A préciser.....

.....

.

Prévalence de la protéinurie diagnostiquée chez les femmes enceintes reçues en consultation prénatale

[Prevalence of diagnosed proteinuria in pregnant women seen in prenatal consultation]

Jean-Pierre Kimbuya Lutonadio¹ and Patrick Kalonji Tshishimb²

¹Docteur en Didactique de la chimie & Evaluation, Département de chimie, Faculté des Sciences, Université Pédagogique Nationale, Kinshasa, RD Congo

²Licencié en Biologie médicale, Département de Biologie médicale, Faculté des sciences de la santé, Université Pédagogique Nationale, Kinshasa, RD Congo

Copyright © 2024 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: Present study concerned the prevalence of proteinuria diagnosed in 50 pregnant women received in prenatal consultation at the St Anne Health Center in the municipality of Selembao in Kinshasa. She revealed that these women have a high prevalence of proteinuria, most diagnosed in the second quater of pregnancy. Other urinary biochemical parameters are also disturbed. The results obtained made it possible to show the existence of pathologies endangering pregnant African women in general and Congolese women in particular. These data are to be taken into consideration during the CPN.

KEYWORDS: prevalence, proteinuria, albumin, prenatal consultation.

RESUME: La présente étude a concerné la prévalence de la protéinurie diagnostiquée chez 50 femmes enceintes reçues en consultation prénatale au Centre de santé Ste Anne dans la commune de Selembao à Kinshasa. Elle a révélé que celles-ci présentent une prévalence élevée de la protéinurie, plus diagnostiquée au deuxième trimestre de la grossesse. D'autres paramètres biochimiques urinaires sont également perturbés.

Les résultats obtenus ont permis de montrer l'existence des pathologies mettant en péril la femme enceinte africaine en général et la femme congolaise en particulier. Ces données sont à prendre en considération de lors des Consultations Périnatales.

MOTS-CLEFS: prévalence, protéinurie, albumine, consultation prénatale.

1 INTRODUCTION

1.1 PROBLÉMATIQUE

La grossesse est un état physiologique normal. Elle entraîne des modifications physiques et biochimiques chez la femme. Ces modifications bien que bénéfiques pour le fœtus, peuvent se révéler pathologiques pour la mère [5].

Dans le souci d'améliorer la santé de sa population, l'Etat congolais s'est fixé l'objectif de santé pour tous tel que recommandé par la conférence de l'Organisation Mondiale de la Santé (OMS) d'Alma Ata de 1978 en République du Kazakhstan.

Le système de santé a ainsi été réorganisé afin de permettre à tout congolais où qu'il se trouve d'avoir accès à des prestations des soins aussi bien d'ordre préventif que curatif. L'un des points de cette politique de santé est de promouvoir la surveillance de la santé maternelle et infantile dans le cadre de la santé de la reproduction.

Cependant, malgré la généralisation des soins dispensés à la mère et à l'enfant, le taux de mortalité maternelle demeure préoccupant en RDC. Ce taux est quasi nul dans les pays occidentaux du fait d'une surveillance très complète de la grossesse.

La surveillance prénatale est en effet primordiale car elle permet de dépister les risques éventuels et de les prévenir grâce à un examen clinique minutieux renforcé par des examens biomédicaux dont les examens biochimiques urinaires.

Parmi les examens biologiques préconisés en début de grossesse certains sont obligatoires tels que la protéinurie et la glycosurie. Ces examens sont très importants dans le dépistage des pathologies fonctionnelles telles que celles du rein, du cœur, du foie qui sont aggravées par la grossesse [2]. Dépistées pendant la grossesse, et mieux avant la grossesse chez la femme en âge de procréer, des précautions peuvent être prises par les prescripteurs afin de minimiser les risques pour la mère et l'enfant [3].

Compte tenu du taux important de la mortalité maternelle et périnatale en RDC et de l'impact de la surveillance prénatale sur l'issue heureuse de la grossesse, la présente étude a été initiée. La protéinurie dont l'intérêt est certain dans le suivi de la grossesse a fait l'objet de la présente étude.

Au cours de la grossesse, le débit sanguin rénal et le débit de la filtration glomérulaire augmentent d'environ 40%. Cette augmentation est accompagnée d'une baisse de la créatinémie et de l'uricémie.

Le problème majeur de cette étude est la présence des protéines dans les urines chez les femmes enceintes.

Cette étude réalisée, a voulu répondre à la question principale suivante: « Quelle est la fréquence de la protéinurie, chez les femmes enceintes » ?

L'interrogation ci-haut soulève trois questions secondaires:

- Sous quelle forme la protéinurie est-elle fréquente chez la femme enceinte ?
- La protéinurie est-elle dépendante du nombre de la parité ?
- L'âge de la femme enceinte a-t-elle un lien avec la présence des protéines dans les urines ?

1.2 HYPOTHÈSES

L'hypothèse qui répond à cette question principale est la suivante:

- La fréquence de la protéinurie serait élevée aux deuxièmes et troisièmes trimestres de la grossesse.

Les hypothèses secondaires ci-après répondent aux questions secondaires posées:

- La protéinurie est influencée par la parité de la femme enceinte.
- L'âge de la femme enceinte influencerait sur la présence des protéines dans les urines.
- La protéinurie est plus fréquente sous forme des traces chez les femmes enceintes.

1.3 OBJECTIFS

1.3.1 OBJECTIF GÉNÉRAL

L'objectif général de cette étude est de déterminer la prévalence de la protéinurie diagnostiquée chez les femmes enceintes qui viennent en consultation prénatale.

1.3.2 OBJECTIFS SPÉCIFIQUES

Pour atteindre l'objectif général, les objectifs spécifiques ci-après ont été définis:

- Montrer la relation entre la protéinurie et la parité de la femme enceinte.
- Etablir le lien entre la protéinurie et l'âge de la femme enceinte.
- Préciser la forme sous laquelle la protéinurie est plus fréquente chez la femme enceinte.

1.4 CHOIX ET INTERET DU SUJET

Le choix de cette étude était dicté par le souci de contribuer à la promotion de la santé maternelle.

Ce sujet revêt un doublet intérêt à savoir:

- **Sur le plan scientifique**, apporter des connaissances sur la protéinurie et sa fréquence chez les femmes enceintes, indispensables pour la communauté scientifique des biologistes médicaux, des chimistes cliniciens et des domaines connexes.
- **Sur le plan médical**, contribuer à la prévention et à la gestion de la protéinurie afin d'assister les médecins biologistes dans la prise en charge et le suivi de la grossesse.

1.5 DOMAINE DE LA RECHERCHE

Cette étude s'inscrit dans le domaine de biologie médicale, précisément de la Biochimie clinique.

1.6 DÉLIMITATION DE L'ÉTUDE

Sur le plan spatial, l'étude a concerné les femmes enceintes en consultation prénatale reçues au Centre de santé et maternité Saint Anne dans la commune de Selembao dans la ville-province de Kinshasa.

Sur le plan temporel, elle a couvert la période du 06 au 26 octobre 2021, consacrée à l'enquête et aux analyses.

2 METHODOLOGIE

2.1 CONTEXTE DE L'ÉTUDE

Il s'agit d'une étude prospective et descriptive sur la prévalence de la protéinurie chez les femmes enceintes reçues en consultation prénatale au Centre de Santé Ste Anne à Selembao dans la ville de Kinshasa en République démocratique du Congo.

2.2 MÉTHODES

Une étude prospective a été effectuée en utilisant deux méthodes: l'enquête et la méthode expérimentale.

2.2.1.1 MÉTHODE D'ENQUÊTE

Elle a permis de recueillir les avis des femmes enceintes sur certains paramètres.

La technique du questionnaire a été utilisée moyennant un questionnaire fermé comme outil de collecte des informations. Le questionnaire est présenté avec tous les détails à l'annexe 1.

2.2.1.2 MÉTHODE EXPÉRIMENTALE

2.2.1.2.1 TECHNIQUE

La technique d'analyse semi-quantitative d'urines sur bandelette réactive ou tigelette a été utilisée.

2.2.1.2.2 MATÉRIELS

Les matériels ci-après ont été utilisés pour réaliser l'étude:

- Bandelette réactive (tigellette)
- Flacons stériles et secs pour recueillir les urines
- Fiche de la consultation prénatale
- Carnets de consultation prénatale
- Stylo
- Marker

Les résultats d'analyse obtenus par bandelettes réactives étaient consignés dans une fiche comprenant les paramètres ci-après:

- Bilirubine
- Urobilinogène
- Corps cétoniques
- Glucose
- Protéines
- Sang
- Nitrites
- pH
- Densité
- Leucocytes

Une fiche d'enquête contenant les données sociodémographiques de la population a aussi été utilisée. (En annexe)

2.2.1.2.3 RÉACTIFS

La bandelette réactive a été utilisée comme réactif. Le test contient le réactif dedans ayant permis la détermination des différents paramètres biochimiques.

Les bandelettes réactives permettent de détecter la protéinurie au lit du malade. Ces bandelettes doivent être utilisés peu de temps après leur fabrication et conservés au frais et à l'obscurité sinon ils ne réagissent plus. La réaction est en effet basée sur la variation de la couleur des colorants présents dans les bandelettes lorsqu'ils sont en présence de protéines. Ces colorants sont sensibles à la lumière: ils peuvent changer de couleur spontanément. Leur seuil de détection correspond à peu près à un taux de protéines de 0,30 g/L, c'est-à-dire au-dessus de la limite physiologique pour un débit urinaire normal [2]

2.2.2 POPULATION D'ÉTUDE

La population d'étude est constituée des femmes enceintes admis dans le service de la Consultation Prénatale du Centre de santé et maternité Saint Anne pendant la période d'étude.

2.2.3 ÉCHANTILLONNAGE

Il a été question d'un échantillon de convenance constitué de 50 femmes enceintes sélectionnées de manière occasionnelle. Ce sont des femmes trouvées sur place lors des descentes de terrain.

Le critère d'inclusion a été mis à profit, c'est-à-dire la prise en compte des femmes dont les résultats à la bandelette urinaire pour la recherche de la protéinurie s'est révélé positif durant la période de l'étude.

Le critère de non inclusion a concerné les femmes enceintes dont les résultats à la bandelette urinaire pour la recherche de la protéinurie s'était révélé négatif.

2.2.4 ANALYSE DES ÉCHANTILLONS

2.2.4.1 PRÉLÈVEMENT

Pour le prélèvement, un flacon à large ouverture a été remis à chaque femme afin de réaliser la récolte des urines du matin.

2.2.4.2 ANALYSE SEMI-QUANTITATIVE D'URINES SUR BANDELETTE REACTIVE (TIGETTE)

PRÉCAUTIONS

En ce qui concerne les conditions opératoires, le test à la bandelette doit impérativement être effectué sur une urine non centrifugée.

2.2.4.2.1 PROTÉINURIE PAR BANDELETTE RÉACTIVE

PRINCIPE

Lorsque les protéines se lient au colorant (le bleu de bromophénol), la modification du pH est responsable d'un changement de sa couleur dont l'intensité est grossièrement proportionnelle à la quantité des protéines.

PROTOCOLE EXPÉRIMENTAL

- Apprêter le matériel;
- Porter les gants;
- Mélanger par le mouvement de retournement l'échantillon d'urines recueillies dans un flacon propre et bouché;
- Plonger la bandelette dans l'urine;
- Sortir la bandelette de l'urine;
- Attendre environ deux minutes;
- Comparer la couleur obtenue à l'échelle des couleurs sur le flacon des bandelettes;
- Noter la concentration correspondante à la couleur obtenue, celle-ci correspond à la concentration des protéines dans l'urine.

2.2.4.2.2 GLYCOSURIE PAR BANDELETTE RÉACTIVE

PRINCIPE

Pour mettre le glucose en évidence, les bandelettes réactives sont utilisées en présence de glucose oxydase et de peroxydase. Le glucose oxydase oxyde le glucose en gluconate avec production de l'eau oxygénée (H_2O_2). L'eau oxygénée réagit grâce la peroxydase pour former un composé coloré sur la bandelette.

MODE OPÉRATOIRE

- Tremper la bandelette réactive dans le tube contenant l'urine;
- Enlever aussitôt la bandelette réactive et éliminer l'excès d'urine en la tapotant sur le bord du tube;
- Attendre 60 secondes pour faire la lecture;
- Ensuite, comparer la coloration sur la bandelette aux différentes colorations de référence sur la boîte contenant les bandelettes.

2.2.4.2.3 RECHERCHE DES CORPS CÉTONIQUES

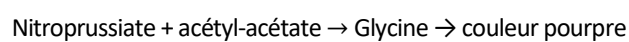
CONTEXTE CLINIQUE

Ce sont des produits du catabolisme lipidique. Lors de cette dégradation, il se forme de l'acide acétyl acétique, précurseur de l'acétone et de l'acide hydroxy butyrique. La technique utilisée sur bandelette permet de détecter avec excellente sensibilité l'acide acétyl acétique.

PRINCIPE

La zone réactive pour les corps cétoniques utilise la réaction de Rothera modifiée, aussi appelée test de Legal.

Le principe chimique est le suivant:



Le tampon utilisé est du Na_2HPO_4 . Du lactose est ajouté pour intensifier la coloration. La recherche des corps cétoniques dans les urines peut être réalisée en utilisant les bandelettes réactives en présence de nitroprussiate, et on obtient un composé coloré.

MODE OPÉRATOIRE

- Apprêter le matériel;
- Tremper la bandelette réactive dans le tube contenant l'urine;
- Enlever aussitôt la bandelette réactive;
- Éliminer l'excès d'urine en la tapotant sur le bord du tube;
- Attendre 60 secondes pour faire la lecture.

Ensuite comparer la coloration sur la bandelette aux différentes colorations de référence sur la boîte contenant les bandelettes.

2.2.4.2.4 RECHERCHE DE SANG

PRINCIPE

La zone réactive pour le sang contient un dérivé de la benzidine, la tetraméthylbenzidine et un peroxyde organique; l'hydro peroxyde de Cumène. Au contact de l'eau, le réactif organique libère du peroxyde qui par l'activité pseudo peroxydase de l'hémoglobine oxyde le dérivé de la benzidine en un complexe bleu. Le bâtonnet réagit à la présence d'érythrocytes (réaction en plage). Comme le réactif détecte l'hémoglobine, la première étape de la réaction est l'analyse des érythrocytes. Le bâtonnet détecte aussi la présence d'hémoglobine libre et de myoglobine.

2.2.4.2.5 RECHERCHE DES LEUCOCYTES

PRINCIPE

Les leucocytes, surtout les polynucléaires, sont connus pour posséder plusieurs estérases. Certaines de ses estérases, dites estérases leucocytaires, se retrouvent dans les granules azurophiles des granulocytes et des monocytes. La zone réactionnelle des leucocytes contient un substrat, le carboxy-ester d'indoxyl, qui est hydrolysé, une estérase leucocytaire libérant ainsi de l'indigo. Un réactif diazo est ajouté pour augmenter la coloration, ce qui permet une lecture après un temps raisonnable.

2.2.4.2.6 RECHERCHE DE NITRITES

PRINCIPE

Certaines bactéries sont capables de réduire les nitrates en nitrites. La majorité des bactéries à Gram négatif, impliquées dans l'infection des voies urinaires, sont réductrices.

Pour que ce test fonctionne il faut:

- Que la bactérie réduise les nitrates;
- Que l'urine contienne une quantité appréciable de nitrates (alimentation);
- Que le temps de contact entre les bactéries et les nitrates soit suffisamment long.

La zone réactionnelle contient de l'acide p-arsanilique en pH acide. La présence de nitrites forme avec l'acide p-arsanilique en pH acide un composé diazo qui réagit avec la naphthyl-éthylène-diamine pour former un dérivé azo coloré.

Le principe chimique est le suivant:

$NO_2 + \text{ac. p-arsanilique} \rightarrow \text{composé diazoté}$

$\text{diazoté} + \text{naphthyl-éthylène-diamine} \rightarrow \text{rose.}$

2.2.4.2.7 BILIRUBINE

PRINCIPE

Une hausse de la bilirubine dans l'urine est toujours associée à une hausse de la bilirubine conjuguée. Seule la bilirubine conjuguée accède à l'espace urinaire lors de la filtration glomérulaire. La zone réactionnelle contient un diazo (4-dichloroaniline, NaN_2O_3 , pH acide) qui forme avec la bilirubine un dérivé azobilirubine.

2.2.4.2.8 UROBILINOGENE

PRINCIPE

L'urobilinogène est détecté par la réaction d'Ehrlich. La zone contient le p-diméthylaminobenzaldéhyde avec un tampon acide.

La réaction est positive avec l'urobilinogène, le porphobilinogène et l'acide p-aminosalicylique. Le spécimen doit être frais, car l'urobilinogène s'oxyde à l'air pour former l'urobiline.

Dans cette étude, les calculs de la moyenne arithmétique, du pourcentage et l'écart type ont été effectués.

2.3 DÉROULEMENT DE L'ÉTUDE

Une pré-enquête a été effectuée auprès de 5 femmes ne faisant pas partie de l'échantillon en amont de l'enquête proprement-dite. Le questionnaire leur était administré en format papier.

2.4 TRAITEMENT DES DONNÉES

L'analyse des données recueillies a été effectuée moyennant le logiciel SPSS 22 (Statistical Package for Social Science). Le test statistique utilisé est le Khi-deux afin de déterminer la relation entre la variable protéinurie et les autres variables [1].

Le niveau de signification des résultats est de 0,05 (5%), soit un intervalle de confiance de 95%.

3 PRESENTATION DES RESULTATS ET DISCUSSION

3.1 PRÉSENTATION DES RÉSULTATS

3.1.1 RÉSULTATS DE L'ENQUÊTE

Ces résultats sont présentés en fonction des variables dans les tableaux qui suivent.

Tableau 1. *Résultats de l'échantillon selon l'âge*

Tranche d'âge	Fréquence	Pourcentage
16 – 20 ans	7	14%
21 – 25 ans	15	30%
26 – 30 ans	22	44%
31 – 35 ans	5	10%
36 – 40 ans	1	2%
TOTAL	50	100%

Ce tableau renseigne que dans la population de l'étude les femmes enceintes âgées de 26 à 30 ans sont majoritaires (44%), suivies de la tranche d'âge de 21 à 25 ans (30%). Celles se retrouvant entre 16 et 20 ans représentent 14% et celles de 31 à 35 ans sont dans une proportion de 10%. Les femmes âgées de 36 à 40 ans sont minoritaires, soit 2%.

Cet échantillon des répondantes est représenté graphiquement sous forme d'un diagramme circulaire (camembert) à la figure 3.1.

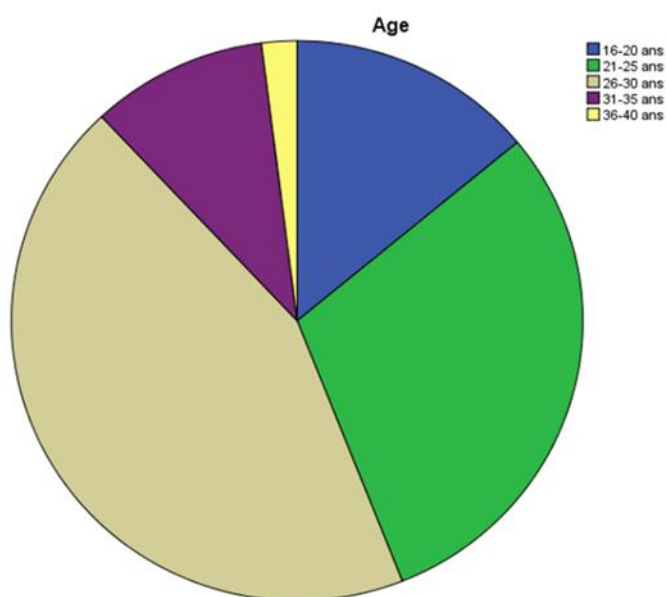


Fig. 1. *Répartition des répondantes selon la tranche d'âge*

La moyenne d'âge calculée est de: $\frac{1286}{50} = 25,72$ ans.

Tableau 2. Répartition des répondantes selon la commune

Commune	Fréquence	Pourcentage
Mont Ngafula	7	14%
Selembao	23	46%
Ngaliema	11	22%
Kisenso	2	4%
Lemba	6	12%
Sans indication	1	2%
TOTAL	50	100%

Au regard de ce tableau, les répondantes majoritaires provenaient de la commune de Selembao (46%), suivie respectivement de la commune de Ngaliema (22%), de Mont Ngafula (14%) et de Lemba (12%). 2% des répondantes n'ont donné aucun avis.

Tableau 3. Répartition des répondantes selon la profession

Profession	Fréquence	Pourcentage
Ménagère	27	54%
Elève	2	4%
Commerçante	6	12%
Etudiante	4	8%
Autres	11	22%
TOTAL	50	100%

Ce tableau montre que la majorité de femmes sont ménagères (54%) suivie par celles exerçant d'autres fonctions (12%).

Tableau 4. Répartition des répondantes selon la parité

Parité	Fréquence	Pourcentage
Primipare	14	28%
Multipare	16	32%
Nullipare	20	40%
TOTAL	50	100%

Ce tableau indique que les femmes nullipares sont majoritaires (40%) contrairement aux multipares (32%) et aux primipares (28%).

Tableau 5. Répartition des répondantes en fonction des antécédents médicaux personnels

	Fréquence	Pourcentage
Diabète	1	2%
Drépanocytose	0	0%
HTA	3	6%
Total	4	8%

Au regard de ces trois tableaux, il se dégage que 8% de la population de l'étude ont présenté des antécédents médicaux personnels dominés par l'hypertension artérielle (6%). Les diabétiques étant minoritaires (2%).

Tableau 6. Répartition des répondantes en fonction des antécédents chirurgicaux

Antécédents	Fréquence	Pourcentage
Césarienne	4	8%
Curetage	6	12%
TOTAL	10	20%

Les résultats de ce tableau montrent que 20% de femmes enceintes ont présenté des antécédents chirurgicaux dont 12% de cas de curetage et 8% de césariées.

Tableau 7. *Répartition des gestantes selon l'âge de la grossesse*

Age de grossesse	Fréquence	Pourcentage
1 ^{ère} trimestre	3	6%
2 ^{ème} trimestre	26	52%
3 ^{ème} trimestre	21	42%
TOTAL	50	100%

La majorité des gestantes étaient au 2^e trimestre de la grossesse (52%), suivies de celles du 3^e trimestre (42%). Les gestantes étant au 1^{er} trimestre n'ont représenté que 6%.

3.1.2 RESULTATS DES ANALYSES SEMI-QUANTITATIVES DES ÉCHANTILLONS D'URINES

Ces résultats sont donnés ci-après avec une priorité de la protéinurie globale.

Tableau 8. *Répartition des résultats de la protéinurie (protéines)*

Résultat	Fréquence	Pourcentage
Positif	5	10%
Négatif	17	34%
Traces	26	52%
100 (++)	1	2%
500 (+++)	1	2%
TOTAL	50	100%

Ce tableau renseigne que la protéinurie est positive pour 10 % de cas contre 34% de cas négatifs. Elle se manifeste sous forme de traces dans 52% de cas. Cependant, il y a 1% de cas avec 2 plus (++) et 1% avec 3 plus (+++).

Tableau 9. *Répartition des résultats selon les taux de la protéinurie à la bandelette urinaire*

Concentration massique	Fréquence	Pourcentage
Traces	26	52%
1 croix (30mg/dL)	5	10%
2 croix (100mg/dL)	1	2%
3 croix (500mg/dL)	1	2%
TOTAL	33	66%

A la lecture de ce tableau, il se dégage que la protéinurie sous forme de traces a été fréquente avec 52%, suivie de celle d'une croix avec une concentration massique de 30 mg/dL (10%) et enfin de celles de 2 et 3 croix respectivement avec des concentrations massiques de l'ordre de 100 mg/dL et 500 mg/dL.

3.1.3 AUTRES PARAMÈTRES BIOCHIMIQUES

Les résultats des autres paramètres biochimiques sont donnés ci-dessous:

Tableau 10. Résultats des autres paramètres urinaires

Paramètre biochimique	Positif	Négatif	Pourcentage positif	Pourcentage négatif
Leucocyte	15	35	30%	70%
Densité	0	50	0	100%
Glucose	2	48	4%	96%
Corps cétonique	1	49	2%	98%
Urobilinogène	4	46	8%	92%
Bilirubine	1	49	2%	98%
Nitrites	2	48	4%	96%
Sang	1	49	2%	98%
TOTAL	50			

Les autres paramètres urinaires évalués ont été prédominés par la présence des leucocytes (30%).

4 DISCUSSION DES RESULTATS

En réalisant l'étude sur la prévalence de la protéinurie diagnostiquée chez les femmes enceintes en consultation prénatale, une enquête a été menée auprès des sujets concernés.

Cette étude répond à la question principale suivante: « Quelle est la fréquence de la protéinurie, chez les femmes enceintes » ?

Selon l'hypothèse principale: « La fréquence de la protéinurie serait élevée aux deuxièmes et troisièmes trimestres de la grossesse ».

L'échantillon comprenait 50 femmes dont l'âge moyen était 25,72 ans avec des extrêmes allant de 16 à 40 ans. Les tranches d'âges les plus représentées sont celles de 26 à 30 ans.

Le jeune âge de l'échantillon reflète la population féminine en âge de procréation. Coulibaly a obtenu un âge moyen de 24,79 ans [3]. Ces résultats sont comparables à ceux de l'étude. C'est dans cette moyenne d'âge que la population est la plus féconde. La majorité de femmes étaient au 2^e trimestre de la grossesse (52%). Ceci prouve que la fréquence de la protéinurie est liée à l'âge de la grossesse. Fournier et ses collaborateurs ont également fait ce constat [5]. Ceci confirme l'hypothèse principale.

Selon la première hypothèse principale, le test de khi-deux a montré la relation entre la parité et la protéinurie. Celle-ci étant influencée par la première. Ce qui confirme cette hypothèse.

L'âge de la femme enceinte influe sur la protéinurie. Ceci est démontré par test de khi-deux après les tris croisés entre les variables de l'âge et celles des protéines.

Selon la troisième hypothèse secondaire, la protéinurie serait plus fréquente sous forme des traces chez les femmes enceintes.

Ceci est démontré par les résultats obtenus par l'étude moyennant le test de khi-deux. 66% de femmes étaient positives et dont la forme des traces était plus fréquente (52%). La protéinurie à une croix (30mg/dL) a été notée chez 10% de sujets.

La prévalence de la protéinurie obtenue dans l'étude (66%) est de loin supérieure à celles rapportées par Coulibaly (8,9%) au terme de son étude sur la protéinurie et grossesse à Bamako [3]; Chaweau a trouvé 4,6% (2).

Cette prévalence élevée peut être justifiée par une prise en charge inadéquate. Par contre elle se rapproche de celle rapportée par hytten (48%) [5]. Ces résultats prouvent bien le risque de prééclampsie qu'encourent les femmes enceintes congolaises.

Ce constat confirme l'hypothèse que la protéinurie est fréquente sous forme des traces dans le cadre de la présente étude.

La recherche de la bilirubine a été positive 2% de gestantes. Les zones réactives de la bilirubine sont associées presque exclusivement à la fonction hépatique. Une hausse de la bilirubine dans l'urine est toujours associée à une hausse de la bilirubine conjuguée. Seule la bilirubine conjuguée accède à l'espace urinaire lors de la filtration glomérulaire [6], [7].

Dans cette étude, la bilirubine plasmatique n'a pas été dosé. Ceci pousse à se réserver sur l'état de la fonction hépatique de gestantes impliquées.

Il faut aussi signaler que seule la protéinurie globale a été déterminée. Il n'a pas été possible de le faire particulièrement pour l'albumine, la myoglobine et l'hémoglobine suite aux contraintes de temps et des matériels. Ceci constitue les limites de l'étude.

5 CONCLUSION

La présente étude a concerné la prévalence de la protéinurie diagnostiquée chez les femmes enceintes en consultation prénatale.

Elle s'est déroulée dans la ville province de Kinshasa, dans la zone de santé de Selembao, au Centre de Santé Saint Anne.

L'étude a abouti au constat ci-après: Les femmes enceintes présentent une prévalence élevée de la protéinurie qui est plus diagnostiquée au deuxième trimestre de la grossesse. D'autres paramètres biochimiques urinaires sont également perturbés.

Les résultats obtenus ont permis de montrer l'existence des pathologies mettant en péril la femme enceinte africaine en général et la femme congolaise en particulier. Ces données sont à prendre en considération lors de la prise en charge des CPN.

Ces informations, quoique reflétant celles d'un échantillon non représentatif de la population congolaise puisque limité à une seule structure de santé, donnent l'image du profil de la protéinurie et d'autres paramètres biochimiques urinaires au cours de la grossesse. Elles ne peuvent à ce stade être généralisées ni pour la ville de Kinshasa non plus pour toute la République Démocratique du Congo.

Elles permettent d'envisager des études à plus grande échelle.

REFERENCES

- [1] Albarello L., (2007). Apprendre à chercher, l'acteur social et la recherche scientifique, Bruxelles, De Boeck Université, 3^{ème} édition.
- [2] Ayoub Ecmoujahid, (2016). *Aspects biologiques des syndromes néphrotiques*, Thèse de doctorat, Maroc Rabat, Université Mohamed V.
- [3] Borel J., Chanard J; Gougeon J., Leutenegger M., Potron G., Randoux A., Zettoun P., (1981). *Comment prescrire et interpréter un examen de biochimie*, Paris, Maloine S.A Editeur.
- [4] Coulibaly D. Etude de la protéinurie au cours de la grossesse à propos de 59 cas, Mali, Bamako, Thèse de médecine.
- [5] Hytten Fr., Linda T T. (1994). Paramètres biologiques dans la grossesse, Ciba Geigy LTDpubl., Basle- Switzer land.
- [6] Mimboe Bilongo S., (2016). *Filtration glomérulaire chez les patients (es) diabétiques et hypertendus*, C. créatine, NE, protéinurie et urémie, Cameroun, Mémoire de Master, Université de Ngaoundéré.
- [7] Thoulon J-M., (2005). Petits maux de la grossesse encyclopédie médico-chirurgicale: gynécologie obstétrique, Lyon, Université Claude Bernard.

ANNEXE 1. QUESTIONNAIRE D'ENQUÊTE

QUESTIONNAIRE D'ENQUETE N°.....

Date :/...../2021

CONSIGNE :

Dans le cadre d'une étude sur la prévalence de la protéinurie, vos avis sont sollicités à propos de quelques paramètres vous concernant sur votre identité et votre état de santé, en tant que femme enceinte.

Pouvez-vous répondre sincèrement aux questions qui suivent ?

Vos informations étant confidentielles, votre identité ne sera pas dévoilée. Merci de votre collaboration.

I. Question d'identification

1.1. Nom :

1.2. Post-nom :

1.3. Age :

1. 16 – 20 ans

☐

3. 26 – 30 ans

☐

5. 36 – 40 ans

☐

2. 21 – 25 ans

☐

4. 31 – 35 ans

☐

1.4. Quartier

1.5. Commune

1. Mont – Ngafula

☐

3. Ngaliema

☐

5. Lemba

☐

2. Selembao

☐

4. Kisenso

☐

6. Sans indication

☐

1.6. Profession

1. Ménagère

☐

4. Etudiante

☐

2. Elève

☐

5. Fonctionnaire

☐

3. Commerçante

☐

6. Autres

☐

II. Questions proprement-dites

2.1. Parité

1. Primipare

☐

3. Multipare

☐

2. Nullipare

☐

4. Pauci parité

☐

2.2. Antécédents médicaux personnels

A. Diabète

1. Oui

☐

2. Non

☐

B. Drépanocytose

1. Oui

☐

2. Non

☐

C. HTA

1. Oui

☐

2. Non

☐

2.3. Antécédents chirurgicaux

A. Césarienne

1. Oui

☐

2. Non

☐

B. Avortement

1. Oui

☐

2. Non

☐

2.4. Age de la grossesse

1. Premier trimestre

:

1^{ère} à 12^{ème} semaine (3 mois) :☐

2. Deuxième trimestre

:

2^{ème} à 28^{ème} semaine (3 mois) :☐

3. Troisième trimestre

:

29^{ème} à 40^{ème} semaine (3 mois) :☐

Evaluation of conductive energy flux within cultivated land based on biophysical parameters: A case study in the Yamoussoukro area

Sahi Roland Diomande, Yao N'Guessan, and Kotchi Rémi N'Guessan

Laboratoire de Mécanique et Sciences des Matériaux, Institut National Polytechnique Félix Houphouët-Boigny (INP-HB), BP 1093 Yamoussoukro, Côte d'Ivoire

Copyright © 2024 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: With global warming, heat stress is a phenomenon that is having a major impact on agricultural production. The extreme amounts of conductive heat during periods of drought to which soil surfaces and plants are subjected produce heat stress in crops. To predict these extreme conditions and anticipate actions to adapt our staple crops, an assessment of the energy potential within soils based on long-term hygrothermal behaviour has been carried out. This document assesses the conductive energy flux penetrating cultivated land in the Yamoussoukro area, based on biophysical properties, with the aim of controlling average seasonal and annual changes in energy fluxes. The study considered the closed energy balance model and modified it to obtain an estimate of heat fluxes in real time and space. The results showed that the Yamoussoukro area has two dry seasons contrasted by two rainy seasons with decreasing rainfall since 2013. High amounts of conductive energy were obtained between November and April, and between August and September, varying between -50 W/m^2 and -25 W/m^2 , while they were high (0 to 50 W/m^2) in the rainy seasons. The calculated average annual net radiant heat flux, latent heat flux, sensible heat flux and conductive heat flux are 221.405 W/m^2 , 218.592 W/m^2 , 44.290 W/m^2 and -22.270 W/m^2 , respectively. The lightness indices varied from 0.26 to 0.7 , while the leaf area indices of the cocoa leaves varied from 2 to $5.42 \text{ m}^2/\text{m}^2$.

KEYWORDS: Net radiant heat flux, latent heat flux, sensible heat flux, conductive heat flux, biophysical parameters, cultivated land.

1 INTRODUCTION

As climate change warms the planet's surface, crops are being exposed to excessive amounts of thermal energy [1]. This is because cultivated land is a heterogeneous environment whose surfaces are exposed to the effects of direct and indirect solar radiation [2]. During the day, solar radiation heats the earth's surface. Except for energy losses through turbulence, some of the sun's energy is transmitted by radiation to the earth's surface and penetrates the soil to give life to the environment (plants, microorganisms, etc.). Heat within the soil is an inseparable component of the energy balance at the earth's surface. This heat is important in the energy balance generated by the earth's surface during periods when solar radiation is unavailable [3]. For this reason, knowledge of the energy balance within soils is of interest to several fields of application [3, 4] including agriculture, civil engineering, bioenergy, communication networks, biology, meteorology, hydrogeology, etc. [5, 6].

The energy balance of soils consists mainly of heat fluxes from net solar radiation, latent heat fluxes and sensible heat fluxes producing a conductive heat flux in the soil [4]. Consequently, the resulting conductive heat flux plays a crucial role in the variation of environmental hydrothermal properties and plant development. This is made possible by thermo-hydric exchanges in the soil-plant-atmosphere system. Heat propagation in soils is essentially by conduction [2]. In the absence of the necessary plant cover, the intensity of conductive energy within the soil is sometimes significant and can exceed the needs of the plants. A large amount of this conductive energy acts on plant roots, causing heat stress to crops [7].

To cushion the effects of excessive heat, accurate prediction of the conductive energy flux of cultivated land will enable crops to be grown that are adapted to the soil and climate, thereby increasing crop productivity. In fact, this practice will enable plants to withstand bad weather. Plant cover therefore plays a vital role in the heat and water exchange between the soil-

plant-atmosphere system [8]. Unfortunately, the exact estimation of the conductive energy flux in the soil layers necessary for plant development is often difficult because of the study assumptions made, which leave out certain important biophysical parameters.

Several models have been developed in the past to estimate the heat flux within soils. These models fall into two broad categories: models based on direct measurements of soil heat flux and models based on indirect methods. Direct methods involve estimating soil heat from the temperature gradient using multi-layer [8, 9, 10] or single layer [11] observation data, and models based on the integration of soil heat fluxes requiring temperature and moisture measurements in deep soils [12]. Indirect techniques are based either on the ratio of heat stored in the soil at a reference depth where the heat is measured by plates, or are derived from the gradient method [13], or on the residual of the energy balance equation [14, 15], or on the propagation of heat in sinusoidal or harmonic form, or on Fourier's law [13, 16].

However, most of the direct and indirect models that escape the closed energy balance [9, 17, 18, 19, 20], generate significant calculation errors and do not provide an optimal representation [21, 22]. Previous techniques for estimating soil energy fluxes are confronted with energy imbalance problems related to the estimation scale, soil surface heterogeneity and turbulent fluxes [18, 23]. These problems influence the calibration and validation of these models [16, 24]. Measurement errors, corrections and heat flux fingerprints have attracted a great deal of scientific attention [18, 19, 24, 25, 26, 27]. This observation makes the present study an evaluation of thermal potentials based on the principle of closed energy balance.

In addition, as weather conditions and soil surface heterogeneity change, energy and moisture exchanges between the soil surface and its surrounding environment are affected [28]. The main exchanges of heat and water vapour that drive global and local weather conditions between the earth's surface and the atmosphere are mainly via turbulent and diffusive fluxes in the earth's surface layers. Many weather and climate phenomena are therefore influenced by processes associated with land-atmosphere interactions, in which soil moisture and its control through evapotranspiration play a major role [29]. The projection of reliable regional climate parameters requires the establishment of improved models of the soil-plant-atmosphere system. In indirect methods, the exchanges between the soil surface and its feedback processes with the atmosphere, under different climatic regimes for land properties and land use, must be represented [28]. In establishing models of conductive energy flux into or out of soils, albedo [30] plant properties and environmental parameters must be taken into account along with the role of vegetation.

The aim of this article is to assess the conductive energy flux of cultivated land based on meteorological and biophysical data. Specifically, the overall objective has been divided into three parts: i) Assessment of average hygrothermal parameters in the Yamoussoukro area from 2011 to 2021; ii) Estimation of energy fluxes within croplands from biophysical parameters; iii) Establishment of the relationship between turbulent energy fluxes and available energy fluxes.

2 MATERIALS AND METHODS

2.1 MATERIALS

2.1.1 PRESENTATION OF THE STUDY AREA

The study site is a cocoa field located in the village of Ménou, belonging to the department of Yamoussoukro, situated between latitudes 6°20'N and 7°00'N and longitudes 4°40'W and 5°30'W with an area of 478938 km² [31], in central Côte d'Ivoire. This 320m×960m field has been used exclusively for growing dated cocoa for more than 15 years. The site is subject to a humid tropical climate with forest vegetation [32] consisting of mesophilous forest, gallery forest and shrubby Savannah, as well as two rainy seasons, with mean annual rainfall and temperature of 1148 mm/year and 26.39°C, respectively [33]. The Yamoussoukro area is not very hilly and is marked by wooded Savannah plateaux. The geomorphological landscape of this area is characterised by pediplains with quasi-rectilinear slopes, flat lowlands and flattened, low granite mountain ranges with an average altitude of 200 m [31, 32]. The soils studied are moderately humified ferralitic with sandy-clay textures on granitic and sedimentary rocks, which are the most abundant in this department. [35]. The volumetric moisture content of the saturated soil, the field capacity and the wilting point are 0,641 m³/ m³, 0,435 m³/ m³ and 0,201 m³/ m³ respectively.

2.1.2 METEOROLOGICAL DATA

Weather forecasting in an area requires decadal data [36]. This study used meteorological data recorded in 1-minute steps over 11 years (2011 to 2021) by the Vantage Pro2 station installed at INP-HB (Ivory Coast). The station consists of two main components: outdoor sensors (ISS) version 6152EU and a reception console. The ISS measures outdoor temperature, outdoor

relative humidity, global irradiation, precipitation, wind speed and direction. Temperature and relative humidity were measured using a digital sensor placed in a standardised, naturally ventilated shelter. Rainfall is measured using a double tilting trough (when a trough is full, the system tilts and the console counts 0.225 mm of rain) and the troughs are emptied automatically. The anemometer/wind vane can be detached from the ISS to measure wind speed and direction, and is fitted with a 12 m cable. Among the data measured, ambient temperature, relative humidity, precipitation, global irradiation and wind speed were used as input parameters for the model. Each data unit contained 95040 values (24 hours X 30 days X 12 months X 11 years), making a database of 475200 values.

2.2 METHODS

2.2.1 EVALUATION OF AVERAGE HYGROTHERMAL PARAMETERS IN THE YAMOOUSSOUKRO AREA (2011–2021)

The meteorological data was processed and analysed, and the average daily, monthly and annual values were used as input parameters for the model. The meteorological database was analysed using Microsoft Excel software, which enabled temporal variations in the environmental parameters considered to be observed. The estimation of solar and rainfall potentials made it possible to determine the average daily, monthly and annual variations in global solar irradiation, the brightness index, rainfall and relative air humidity in the Yamoussoukro area.

The clearness index (K_t) indicates the degree of reduction in global solar radiation incident by the sky, providing information on the transparency of the atmosphere in a given area [37]. This index corresponds to the ratio between the intensity of global solar radiation and the intensity of extraterrestrial solar radiation [38] :

$$K_t = \frac{G}{R_a} \text{ [Eq. 1]}$$

G : average global solar radiation intensity (W/m^2) ; R_a : extraterrestrial solar radiation (W/m^2).

The extraterrestrial solar radiation intensity of a surface reflects its capacity to receive solar radiation outside the atmosphere. This energy potential is invariant from one year to the next, but depends only on the number of days in the year, the coordinates of the sun and the geography of the site under consideration. It is expressed as follows [39] :

$$R_a = 37.6 \cdot d_r [\omega_c \sin(\varphi) \sin(\delta) + \cos(\varphi) \cos(\delta) \sin(\omega_c)] \text{ [Eq. 2]}$$

d_r : earth-sun distance, ω_c : hour angle at sunset, φ : latitude of location (radian) ; δ : declination of location (radian).

The distance from the earth to the sun is calculated by the equation:

$$d_r = 1 + 0.033 \cdot \cos \left[\frac{2\pi}{365} * n_j \right] \text{ [Eq. 3]}$$

n_j : number of day j in the year.

2.2.2 ESTIMATION OF ENERGY FLUXES WITHIN CULTIVATED LAND BASED ON BIOPHYSICAL PARAMETERS

2.2.2.1 NET ENERGY BALANCE EQUATION AT GROUND SURFACE

Accurate assessment of energy fluxes at the earth's surface requires the energy balance equation to be closed [24, 37, 38, 39]. The energy balance equation at the earth's surface governs the periodic variation of net solar radiation, sensible heat flux, latent heat flux and conductive heat flux [43]. Neglecting the effects of photosynthesis and the amount of energy stored in soils due to their low intensities, the net energy balance equation at the earth's surface is given [2, 3] :

$$R_{net} = G_0 + (H + \lambda E) \text{ [Eq. 4]}$$

G_0 : flux of heat by conduction in the soil at time t and depth z_j (W.m^{-2}) ; H : flux of sensible heat or heat by convection at the soil surface at time t (W.m^{-2}) ; λE : flux of latent heat or evapotranspiration at time t (W.m^{-2}).

2.2.2.1.1 STUDY HYPOTHESES

The relationships between the components of the soil-plant-atmosphere system have been established on the basis of the following assumptions:

- Heat fluxes through net solar radiation and convection are the main sources of energy for soils and plants;
- Heat exchanges within the soil take place vertically in both directions (downwards by conduction and upwards by evaporation) ;
- The spatio-temporal characteristics of a layer of soil and ambient air measured/calculated at a given depth/height for a given time are constant;
- Plants in the same plot have the same average size (average canopy height), leaf resistance and leaf temperature;
- Cultivated land has a constant rate of plant cover.

2.2.2.1.2 NET SOLAR RADIATION INTENSITY

Net solar radiation represents the proportion of global solar radiation that reaches the ground surface directly or indirectly. The variation in net solar radiation intensities is expressed by the Stefan-Boltzmann law [45] :

$$R_{net} = (1 - \alpha) \cdot R_{swd} + \varepsilon \cdot \sigma (\varepsilon_a T_{am}^4 - T_s^4) \text{ [Eq. 5]}$$

ε : ground surface emissivity; σ : Stefan-Boltzmann constant ($5.67 \cdot 10^{-8} \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}^4$) ; ε_a : effective emissivity of the atmosphere; T_{am} : ambient air temperature; T_s : soil surface temperature measured at a depth of 8cm; R_{swd} : downward solar radiation; α : albedo of the ground surface. The albedo of a natural dual surface covered with vegetation is 0.25 compared with a value of 0.13 for bare ground surfaces [46].

The downward radiation is given by the formula [47] :

$$R_{swd} = \left(a_s - b_s \frac{n_i}{N} \right) W_d \text{ [Eq. 6]}$$

$a_s = 0.2$ and $b_s = 0.5$: values of empirical regression coefficients recommended in the literature [48] ; n_i : actual daily sunshine duration; N : maximum daily sunshine duration; $\frac{n_i}{N}$: relative sunshine duration ($n_i/N \in [0 ; 1]$) ; W_d : daily astronomical radiation ($\text{W} \cdot \text{m}^{-2}$).

The maximum sunshine duration is expressed by the relationship [49] :

$$N = \frac{24}{\pi} \cdot \arccos(-\tan(\varphi) \cdot \tan(\delta)) \text{ [Eq. 7]}$$

The actual daily sunshine duration was obtained by counting the hours during which the intensity of global solar irradiation is non-zero.

The declination was calculated using the expression [49] :

$$\delta = 23.45 \cdot \sin((2\pi(n_j + 284)/365)) \text{ [Eq. 8]}$$

The daily astronomical radiation intensity is calculated using the relationship :

$$W_d = \frac{N}{2\pi} K_D \cdot I_0 \cdot [\omega_0 \cdot \sin(\phi) \cdot \sin(\delta) + \cos(\phi) \cdot \sin(\omega_0)] \text{ [Eq. 9]}$$

K_D : correction coefficient for the Earth-Sun distance or correction factor for the eccentricity of the Earth's orbit; I_0 : solar constant ($1657 \frac{\text{W}}{\text{m}^2}$) ; ω_c : hourly angle.

The Earth-Sun distance correction coefficient is a function of the number of days in the year and is evaluated by:

$$K_D = 1 - 0.034 \cdot \sin\left(\frac{2\pi(n_j - 94)}{180}\right) \text{ [Eq. 10]}$$

The hour angle at sunrise is calculated by the relationship :

$$\omega_L = \arccos(-\tan(\varphi) \cdot \tan[(\delta)]) \text{ [Eq. 11]}$$

The expression for the hour angle at sunset (ω_c) is the opposite of that at sunrise. In fact, $\omega_L = \omega_0$ at sunrise and $\omega_c = -\omega_0$, at sunset. The hour angle (ω_0) is counted positive in the afternoon and corresponds to ω_c while its values are negative pre-morning, corresponding to ω_L .

The emissivity of the earth's surface is represented by the relationship:

$$\varepsilon = \varepsilon_V \cdot f_C(\xi) + \varepsilon_g \cdot f_S(\xi) + 4 \cdot \Delta\varepsilon \cdot f_S(\xi) \text{ [Eq. 12]}$$

$f_C(\xi)$: fraction of vegetation cover where ξ is the correction angle of the fraction of vegetation cover or the observation angle; $f_S(\xi)$: fraction of uncovered soil surface; $\Delta\varepsilon$: model tolerance ($\Delta\varepsilon \in [0 ; 0.02]$) ; ε_V : emissivity of a soil surface completely covered by vegetation in the spectral region between 10.5 μm and 12.5 μm ($\varepsilon_V = 0.985 \pm 0.007$); ε_g : emissivity of a bare soil surface in the spectral region between 10.5 μm and 12.5 μm ($\varepsilon_g = 0.96 \pm 0.01$). The value of the emissivity of the earth's surface calculated in this study is 0.986.

The vegetation cover fraction is defined as the vertical projection of the surface proportion of the landscape occupied by green vegetation [50]. The vegetation cover fraction is a function of the leaf area index (LAI) of the plants and is represented as follows:

$$f_C(\xi) = 1 - \exp\left(\frac{-0.5 \cdot \text{LAI}}{\cos(\xi)}\right) \text{ [Eq. 13]}$$

To determine the leaf area index, the LAI MOD15A2 version 2021 product was used per season with an applied spatial resolution of 500 m at a height of 10 m. The link to the MOD15A2 LAI product is as follows (<http://eospso.gsfc.nasa.gov>) [51]. The MODIS product has been widely used and provides accurate resolution [42, 47, 49]. The value of the canopy fraction correction angle (ξ) simulated in this study is 5°. This correction angle is the angular value that maximises the fraction of the uncovered soil surface, while it minimises that of the vegetation cover. The fraction of the soil surface not covered by plant leaves is calculated by the relationship [50] :

$$f_S(\xi) = 1 - f_C(\xi) \text{ [Eq.14]}$$

The effective emissivity of the atmosphere is given by equation:

$$\varepsilon_a = 1.24 \left(\frac{e_a}{T_{am} + 273.16} \right)^{1/7} \text{ [Eq. 14]}$$

e_a : air vapour pressure at the reference surface (kPa).

The air vapour pressure at the reference surface is given by the expression [29] :

$$e_a = 0.6108 \cdot \exp\left(\frac{17.27}{T_{am} + 237.3}\right) \left(\frac{RH_a}{100}\right) \text{ [Eq. 15]}$$

RH_a : relative humidity of the ambient air (%).

2.2.2.1.3 EVALUATION OF SENSIBLE HEAT FLUX

2.2.2.1.3.1 MODIFICATION OF THE SURFACE ENERGY BALANCE SYSTEM (SEBS) MODEL

The Surface Energy Balance System model is used to evaluate the evaporative fraction of the soil and the transpiring fraction of the plant surface. Based on equations from previous studies, the sensible heat flux and evaporative heat flux equations have been transformed to give an improved expression. This new model makes up for the deficiencies in the complexity of previous SEBS models. A ground surface covered by vegetation subject to the seasonal effects of environmental parameters (wind speed, rain, sunshine, etc.) is subject to sensible heat flux. Vidal [47] has highlighted the influence of aerodynamic resistance (r_{ae}) and soil resistance (r_{soil}) on variations in sensible heat flux. However, this author and previous studies did not take into

account the influence of stomatal resistance of plant leaves on sensible heat flux. The introduction of plant leaf resistance is of interest insofar as plant leaves are part of the shading sources of irradiation profiles at the soil surface. In the present study, the impact of resistances (stomatal resistance of plant leaves, soil resistance, aerodynamic resistance (for the layer above the canopy) and air resistance (r_{am}) (for the layer below the canopy)) on the variation in sensible heat flux was taken into account. The modified form of the sensible heat flux equation is written:

$$H = k \cdot \mu \cdot \frac{\rho_{air} \cdot C_{p,air}}{r_{soil} + r_a + r_{leaves}} \cdot (T_s - T_{am}) \cdot \left[\ln \left(\frac{z-d_0}{z_{0h}} \right) - \underbrace{\Psi_h \left(\frac{z-d_0}{L} \right) + \Psi_h \left(\frac{z_{0h}}{L} \right)}_a \right]^{-1} \quad [\text{Eq. 17}]$$

r_{leaves} : stomatal resistance of collected leaves (s/m) ; r_{soil} : vapour diffusion resistance of the soil (s/m) ; r_a : equivalent air resistance between the aerodynamic resistance at the reference surface, calculated at 10 metres (r_{ae}) (s/m), and the resistance of the layer of air below the canopy (r_{am}), calculated at 2 metres from the ground surface.; $C_{p,air}$: specific heat of the air (J/kg) ; Ψ_h : correction function for sensible heat stability, L : Obukhov's length; $\rho_{air} = \frac{0.34838 \cdot P_{atm}}{T_a + 273.15}$: density of the ambient air (kg.m⁻³) ; P_{atm} : measured atmospheric pressure (kPa) ; z : height at which wind speed is measured, expressed as $z = z_h + 2$ (m), (z_h is the average height of the canopy (m)) ; $d_0 = \frac{2}{3} \cdot z_h$: height of the zero displacement plane (m) ; $k = 0.46$: Von Kármán constant; z_{0h} : length of thermal roughness (m) ; T_a : average of ambient temperatures measured at 2 metres (T_{am}) and 10 metres (T_{ae}).

The stomatal resistance of leaves depends on the turgidity of the guard cells. This resistance is controlled by solar radiation, rainfall, relative humidity of the ambient air, wind speed, soil type and the density of the leaves themselves [53] The stomatal resistance of the leaves was measured during the day and at night using an SC-1 porometer [54]. The average value of this resistance is 300 s/m, for several leaves collected in dry and rainy seasons, was used.

The underlined term in equation (Eq.17), is calculated from the wind speed measured at height z and the ratio between the length of mechanical roughness (z_{0m}) and the length of thermal roughness (z_{0h}) [44] :

$$\left(\frac{\mu}{\mu_*} \right) \cdot k = \left[\ln \left(\frac{z-d_0}{z_{0m}} \right) - \Psi_m \left(\frac{z-d_0}{L} \right) + \Psi_m \left(\frac{z_{0m}}{L} \right) \right] \quad [\text{Eq. 18}]$$

Ψ_m : Stability correction function for momentum transfer; z_{0m} : mechanical roughness length for momentum at the earth's surface ($z_{0m} = 0.13 \cdot z_h$) ; μ : wind speed measured at reference height at 2 metres (m/s) ; μ_* : friction velocity (m/s).

The stability correction function for momentum transfer is expressed as follows:

$$-\Psi_m \left(\frac{z-d_0}{L} \right) + \Psi_m \left(\frac{z_{0m}}{L} \right) = \left(\frac{\mu}{\mu_*} \right) \cdot k - \ln \left(\frac{z-d_0}{z_{0m}} \right) \quad [\text{Eq. 19}]$$

This expression originates from the work of SU in 2002 [55] and was improved by Hamimed *et al.*, in 2018 [56]. The latter relied on similarity theory using the parameter $k \cdot B^{-1}$ to relate the thermal roughness length to the mechanical roughness length as follows [55] :

$$\frac{z_{0m}}{z_{0h}} = \frac{1}{\exp(kB^{-1})} \quad [\text{Eq. 20}]$$

kB^{-1} : characteristic parameter of the model.

2.2.2.1.3.2 RELATIONSHIP BETWEEN THERMAL ROUGHNESS LENGTH AND MECHANICAL ROUGHNESS LENGTH

From Figure 1, it was assumed that the relationship [Eq.20] is only valid for characterising the density of the plant layer (thickness of the intermediate layer) because this layer balances the thermomechanical properties in the ambient air ($\Psi_h = \Psi_m$). For a better estimate of the sensible heat in the air layer below the thickness of the plant leaves and the sensible heat produced above the plant surface, the above relationship is no longer appropriate. A new relationship based on a proportionality coefficient was established. This new relationship considered that the variations in the quantities of heat and motion (thermal properties and environmental mechanical properties are different ($\Psi_m \neq \Psi_h$)). In this relationship, the thermal properties (thermal roughness length and stability correction function for sensible heat) and mechanical properties

(mechanical roughness length and stability correction function for momentum transfer) are linked by a proportionality coefficient K according to the relationship:

$$\frac{z_{0m}}{z_{0h}} = \frac{1}{\exp(kB^{-1})} * K \quad [\text{Eq. 21}]$$

$$\text{Such as } K = k' \cdot \frac{-\psi_m\left(\frac{z-d_0}{L}\right) + \psi_m\left(\frac{z_{0m}}{L}\right)}{-\psi_h\left(\frac{z-d_0}{L}\right) + \psi_h\left(\frac{z_{0h}}{L}\right)}$$

The purpose of the proportionality coefficient is to take into account the reduction in heat flux as it reaches the ground surface after passing through obstacles caused by the layers of plant leaves and environmental factors. The parameters of the momentum stability function such as aerodynamic resistance, the ambient temperature (T_{ae}) and mechanical roughness length were measured above the average canopy surface while those of the sensible heat transfer stability function, the ambient temperature (T_{am}), soil surface temperature and soil resistance were measured below the lower leaf boundary layer. The intermediate layer characterises shading (a layer resistant to thermal and mechanical diffusion). The intermediate layer minimises the intensity of heat transfer by radiation, convection and conduction. According to SU *et al.*, (2019) [57], the study of the energy balance at the earth's surface consists of decomposing the cultivated domain into three vertical layers (surface below the leaves, density layer of the leaves and layer above the canopy) by considering the sensible heat fluxes and long-wave radiations in the tree canopy, the forest airspace and the soil surface layers of forest ecosystems. Figure 1 summarises the different levels of measurement of the model's characteristic parameters.

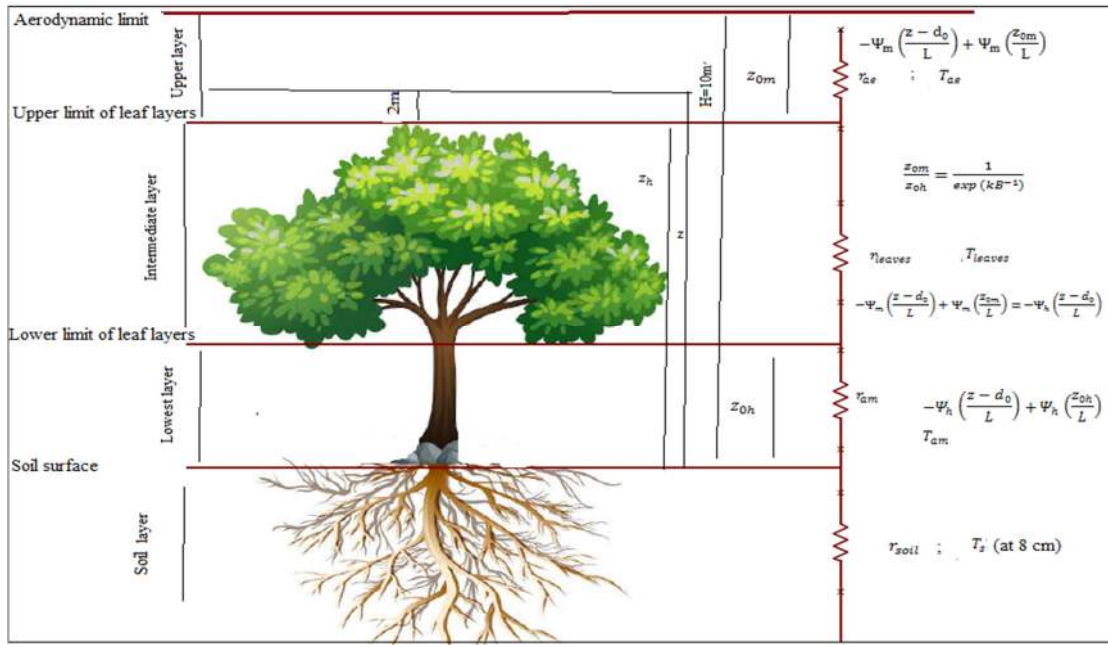


Fig. 1. Conditions for finding equilibrium between the stability correction functions for quantities of motion and sensible heat transfer

In the intermediate layer, thermomechanical equilibrium is reached when $K = 1$, which corresponds to an equilibrium between the thermal and mechanical properties, i.e. $k' = 1$ et $-\psi_m\left(\frac{z-d_0}{L}\right) + \psi_m\left(\frac{z_{0m}}{L}\right) = -\psi_h\left(\frac{z-d_0}{L}\right) + \psi_h\left(\frac{z_{0h}}{L}\right)$.

According to the first principle of thermodynamics, all systems naturally seek a state of equilibrium. Unfortunately, because of the variability of meteorological parameters, thermomechanical equilibrium is never reached outside the intermediate layer. In the search for a state of thermomechanical equilibrium, an expression for the sensible heat flux has been derived from the momentum stability correction function (inflow) and the sensible heat transfer correction function (outflow of leaf density) :

$$\frac{z_{0m}}{z_{0h}} = \frac{1}{\exp(kB^{-1})} * k' \cdot \frac{-\psi_m\left(\frac{z-d_0}{L}\right) + \psi_m\left(\frac{z_{0m}}{L}\right)}{-\psi_h\left(\frac{z-d_0}{L}\right) + \psi_h\left(\frac{z_{0h}}{L}\right)} \quad [\text{Eq. 22}]$$

$$\text{where } k' = \frac{k_2}{k_1}, \text{ with } k_1 = \frac{r_{leaves}}{r_a} \text{ and } k_2 = \frac{r_{soil}}{r_{leaves}}.$$

The heat flux from the sun passes through the layers of plant leaves and cloud cover to penetrate the soil, according to the proportional relationship below:

$$k' = \frac{(r_{leaves})^2}{r_a \cdot r_{soil}} \text{ [Eq. 23]}$$

$$\text{Where } r_{leaves} = \frac{\sum_{i=1}^{n_f} r_{leave(i)}}{n_f - n_i}$$

Equation [Eq. 21] becomes :

$$-\psi_h \left(\frac{z-d_0}{L} \right) + \psi_h \left(\frac{z_{0h}}{L} \right) = k' * \left(-\psi_m \left(\frac{z-d_0}{L} \right) + \psi_m \left(\frac{z_{0m}}{L} \right) \right) \text{ [Eq. 24]}$$

Relations [Eq. 18] and [Eq. 24] allow us to write:

$$-\psi_h \left(\frac{z-d_0}{L} \right) + \psi_h \left(\frac{z_{0h}}{L} \right) = k' * \left(\left(\frac{\mu}{\mu_*} \right) \cdot k - \ln \left(\frac{z-d_0}{z_{0m}} \right) \right) \text{ [Eq. 25]}$$

From the equations established above, the expression for sensible heat was finally established. The net energy balance model is based on realistic physical conditions, which makes it more favourable and usable in environmental conditions where climatic variations are felt [53, 54]. The relationship between the sensible heat flux of a soil surface covered with vegetation is given by :

$$H = k \cdot \mu \cdot \frac{\rho_{air} \cdot C_{p,air}}{r_{soil} + r_a + r_{leaves}} \cdot (T_s - T_a) \cdot \left[\ln \left(\frac{z-d_0}{z_{0h}} \right) + K * \left(\left(\frac{\mu}{\mu_*} \right) \cdot k - \ln \left(\frac{z-d_0}{z_{0h} \cdot \exp(kB^{-1})} \right) \right) \right]^{-1} \text{ [Eq. 26]}$$

The relative (Λ_r) and real (Λ) evaporative fractions were evaluated by [55] :

$$\Lambda_r = \frac{\lambda \cdot E}{\lambda \cdot E_{wet}} = 1 - \frac{H - H_{wet}}{H_{dry} - H_{wet}} \text{ [Eq. 27]}$$

And,

$$\Lambda = \frac{\lambda \cdot E}{R_n - G_0} = \frac{\Lambda_r \cdot \lambda \cdot E_{wet}}{R_n - G_0} \text{ [Eq. 28]}$$

E_{wet} : evaporation from the ground surface; γ : psychrometric constant; H_{wet} : sensible heat flux in wet conditions; H_{dry} : sensible heat flux in dry conditions.

Recent models for estimating evapotranspiration from plant cover dissociate evaporation from the soil surface from transpiration from the plant cover and their interception. Evapotranspiration simulates changes in canopy structure and stomatal resistance. The Penman-Monteith formula was used, the advantage of which was that it took into account the evapotranspiration of a closed plantation [55, 56]. The balance of the energy balance at the surface of the plant cover results from the balance of the energy fluxes of all the surfaces present: leaves, stems and soil surfaces. This involved defining the expression of the sensible heat flux of the soil-plant-atmosphere system [47] by superimposing the layers that exchange energy. For gaseous exchange, leaf surfaces were considered to have the same temperature and the same average stomatal resistance. Since the leaf resistances were considered to be connected in series, the sensible heat fluxes under dry and wet conditions were calculated:

$$\begin{cases} H_{wet} = \frac{(R_n - G_0)_{wet} - \frac{\rho_{air} \cdot C_{p,air}}{r_a + r_{leaves} + r_{soil}} \cdot \frac{e_s \cdot e_a}{\gamma}}{\left(1 + \frac{\Lambda}{\gamma}\right)} & (a) \\ \lambda \cdot E_{wet} = (R_n - G_0)_{wet} - H_{wet} & (b) \\ H_{dry} = (R_n - G_0)_{dry} & (c) \end{cases} \text{ [Eq. 29]}$$

The resistance to turbulent transfer was estimated by considering theoretical approaches, in particular those of Businger *et al.*, (1971) [62]. These approaches are based on the use of logarithmic profiles of mass and energy transfer in the ground surface boundary layer and the ground surface-atmospheric air surface boundary layer coupling operated at the flux level on the basis of the convective boundary layer. Integration of the wind speed and friction profiles leads to two similarity functions (ψ_m and ψ_h). These functions are parameterised by the regime of convective exchanges of quantities of movement and heat. In SEBAL models, the resistance to turbulent transfer expresses the introduction of plant parameters [23]. Thus, the resistance to water vapour diffusion in the soil is defined by the relationship [63] :

$$r_{soil} = \exp \left(a_{rss} - b_{rss} \frac{\theta^*}{\theta^*_{sat}} \right) \text{ [Eq. 30]}$$

$a_{rss} = 8.2$ and $b_{rss} = 4.3$ are empirical constants whose values are given by the authors; θ^* : soil water content measured between 0 and 5 cm in the soil (%); θ^*_{sat} : water content at soil saturation (%).

The equivalent air resistance is given by:

$$r_a = r_{ae} + r_{am} \text{ [Eq. 31]}$$

The characteristic parameters of the aerodynamic boundary layer used to calculate the aerodynamic resistance were measured at a height of 10 metres. This resistance is expressed as follows [20] :

$$r_{ae} = \frac{1}{k^2 \cdot \mu_{2m}} \cdot \ln \left(\frac{z-d_0}{z_{0m}} \right) \cdot \ln \left(\frac{z-d_0}{z_{0h}} \right) \text{ [Eq. 32]}$$

And the air resistance of the layer below the canopy is deduced from that of the leaf layer, and the aerodynamic resistance is calculated as follows:

$$r_{am} = \frac{r_{leaves} - \frac{r_{ae}}{r_{leaves}}}{r_{leaves}} \text{ [Eq. 33]}$$

Vidal (1989) [47] used the expression of Perrier (1982) to calculate the length of thermal roughness as a function of leaf area index and canopy height

$$z_{0h} = \left(1 - \exp \left(-\frac{LAI}{2} \right) \cdot \exp \left(\frac{\left(\frac{LAI}{2} \right)}{z_h} \right) \right) \text{ [Eq. 34]}$$

The values of the parameter $k \cdot B^{-1}$ for a surface covered with vegetation were calculated using the relation [18] :

$$k \cdot B^{-1} = \frac{k \cdot C_d}{4 \cdot C_t \cdot \left(\frac{\mu_*}{\mu} \right) \left(1 - \exp \left(-\frac{n^*}{2} \right) \right)} f_C^2(\xi) + 2 \cdot f_C(\xi) \cdot f_S(\xi) \cdot \frac{k \cdot \left(\frac{\mu_*}{\mu} \right) \left(\frac{z_{0m}}{z_h} \right)}{C_t^*} + K B_S^{-1} \cdot f_S^2(\xi) \text{ [Eq. 35]}$$

$C_t = 0.01$: Canopy heat transfer coefficient; μ_* : friction velocity or friction speed in m/s; μ : wind speed measured at 2 metres and 10 metres; $C_d = 0.2$: leaf flow resistance coefficient; C_t^* : soil heat transfer coefficient; n^* : model parameter.

The n^* parameter is a function of the ratio of friction speed to wind speed, the leaf area index, the coefficient of resistance to leaf flow and the heat transfer coefficient of the plant canopy. This parameter is calculated using the relationship [59, 51] :

$$n^* = \frac{C_d \cdot LAI}{2 \cdot \left(\frac{\mu_*}{\mu} \right)^2} \text{ [Eq. 36]}$$

The ratio between friction speed and wind speed is given by the expression:

$$\frac{\mu_*}{\mu} = 0,32 - 0,2 \cdot \exp(-15,1) \cdot LAI \text{ [Eq. 37]}$$

The ground heat transfer coefficient (C_t^*) is given by the equation:

$$C_t^* = P_r^{-2/3} \cdot R_e^{-1/2} \text{ [Eq. 38]}$$

P_r : Prandtl number with a value of 0.7; R_e : Reynolds number.

The Reynolds number is calculated as follows:

$$R_e = \frac{h_s \cdot \mu_*}{\nu} \text{ [Eq. 39]}$$

h_s : height of ground roughness, assumed constant with a value of 0.009 m; ν : kinetic viscosity of the air.

The friction speed is a fictitious function that considers the variation in the intensities of the transfers of momentum and heat as being constant and homogeneous phenomena. The kinetic viscosity of air is calculated by the formula:

$$\nu = 1,327 \cdot 10^{-5} \left(\frac{P_0}{P} \right) \left(\frac{T_s}{273,16} \right)^{1,81} \text{ [Eq. 40]}$$

P_0 : standard atmospheric pressure with a value of 1013.15 hPa; P : atmospheric pressure measured at the site.

The estimated parameter kB^{-1}_s on a bare ground surface is given by the relation [23]:

$$kB_s^{-1} = 2,46 \cdot R_e^{1/4} - \ln(7,4) \text{ [Eq. 41]}$$

The height of the zero displacement plane is defined by the expression:

$$d_0 = \frac{3}{4} z_h \text{ [Eq. 42]}$$

The density of air is expressed by the relationship [26]:

$$\rho_{air} = \frac{P}{R_a \cdot T_a} \left(1 - \frac{0,378 \cdot RH_a \cdot e_s}{P} \right) \text{ [Eq. 43]}$$

$R_a = 287,04 \frac{J}{kg \cdot K}$: gas constant for air; RH_a : relative air humidity (%).

The relative humidity of the air is related to the specific humidity of the air q_a ($Kg_{water}/Kg_{hmid air}$) by the relationship:

$$q_a = 0,622 \cdot \left(\frac{P}{RH_a \cdot e_s} - 0,378 \right) \text{ [Eq. 44]}$$

The psychrometric constant (γ) is defined by [27]:

$$\gamma = \frac{C_p}{\lambda} = \frac{C_p \cdot P}{0,622 \cdot \lambda} \text{ [Eq. 45]}$$

C_p : specific heat of air at constant pressure ($J/kg/^\circ K$); λ : latent heat of vaporisation ($J \cdot kg^{-1}$).

The correction for the specific heat intensity of the air at constant pressure takes into account the specific humidity of the air and the latent heat of dry air according to the relationship [28]:

$$C_p = (1 + 0,84 \cdot q_a) \cdot C_{pd} \text{ [Eq. 46]}$$

C_{pd} : latent heat of dry air ($\approx 1004,64 J/Kg/^\circ K$).

The specific latent heat of vaporisation (λ) is expressed by:

$$\lambda = 4,2 \cdot (597 - 0,6 \cdot (T_a - 273)) \cdot 1000 \text{ [Eq. 47]}$$

The Clausius-Clapeyron equation is used to calculate the saturation vapour pressure gradient at room temperature. This function relates the saturation vapour pressure of the air to the ambient temperature:

$$\Delta = \frac{373.15e_s}{T_a^2} (13.3185 - 3,952T_{rad} - 1,9335T_{rad}^2 - 0,5196T_{rad}^3) \text{ [Eq. 48]}$$

with T_{rad} : radiometric temperature

The radiometric temperature is calculated by the equation:

$$T_{rad} = (f_c(\xi) \cdot T_{veg}^4 + f_s(\xi) \cdot T_s^4)^{\frac{1}{4}} \text{ [Eq. 49]}$$

T_{veg} : Canopy temperature, measured by an IR-8BT infrared thermal camera with a 80x80 pixel infrared image for temperature ranges from -20° to +380°C.

The air vapour pressure at saturation (e_s) is calculated using the relationship [65] :

$$e_s = P_0 \cdot \exp(13,3185 \cdot T_{rad} - 1,976T_{rad}^2 - 0,6445T_{rad}^3 - 0,1299T_{rad}^4) \text{ [Eq. 50]}$$

2.2.2.1.4 ASSESSMENT OF LATENT HEAT OR POTENTIAL EVAPOTRANSPIRATION

Latent heat is the energy equivalent of evapotranspiration and refers to the processes involved in transforming water from a liquid to a gaseous state. This heat represents the height of water evaporated per unit of time. This energy promotes a change in the state of water at the soil surface and plant transpiration through the leaves, resulting in a vapour pressure gradient and a renewal of the air mass (turbulence). The contribution of transpiration to evapotranspiration is variable and can reach almost 100% for dense plant cover. Evapotranspiration is an appropriate index of the moisture status of the soil surface on a timescale [32] known as real evapotranspiration. It is the sum of the heat flux evaporated by the soil surface and the heat flux transpired by the vegetation, corresponding to the residual of the energy balance. The expression for evapotranspiration ($\lambda \cdot E$) can be deduced from equation [Eq. 26 (b)] [66] :

$$\lambda \cdot E = A \cdot (R_n - G_0) \text{ [Eq. 51]}$$

2.2.2.2 ESTIMATING THE CONDUCTIVE ENERGY FLUX OF CULTIVATED LAND

The conductive heat of cultivated land, calculated under in situ conditions, is governed by variations in environmental thermohydric properties (radiation balance, amount of rainfall, relative air humidity) and biophysical properties (plant properties, wind speeds). By modelling the above parameters, the soil conductive heat flux equation is deduced from the net closed energy balance equation:

$$G_0 = R_{net} - (H + \lambda E) \text{ [Eq. 52]}$$

2.2.3 INTERACTION BETWEEN TURBULENT ENERGY FLUXES ($R_n - G_0$) AND AVAILABLE ENERGY FLUXES ($H + \lambda E$)

Turbulent energy expresses the energy losses produced on a given surface, whereas available energy is the energy supplied to this surface to meet the needs of users. The interactions between turbulent and available energy fluxes can be understood [61, 62] by calculating the difference between the heat flux from net solar radiation and the conductive heat flux from the ground as a function of the sum of sensible and latent heat fluxes.

3 RESULTS AND DISCUSSION

3.1 AVERAGE HYGROTHERMAL POTENTIAL OVER ELEVEN YEARS (2011-2021)

3.1.1 MONTHLY VARIATIONS IN MEAN GLOBAL SOLAR IRRADIATION, RAINFALL AND RELATIVE HUMIDITY (2011-2021)

Figures 2a and 2b show the monthly variations in relative humidity, global irradiation and average rainfall measured over 11 years. In Figure 2a), the relative humidity of the air increases from 65% to 82% with rainfall (from 0.7 mm/day to 7.5 mm/day), with the highest values observed in June and October, with 7.5 mm/day and 6.9 mm/day respectively and an average monthly humidity of 80%. As for Figure 2b), average monthly global irradiation is high from mid-November to April and from mid-July to mid-September, with an average of 496 Wh /m²/month, for low rainfall. Contradictory trends are observed in the period from mid-May to mid-October, with an average of 450 Wh /m²/month.

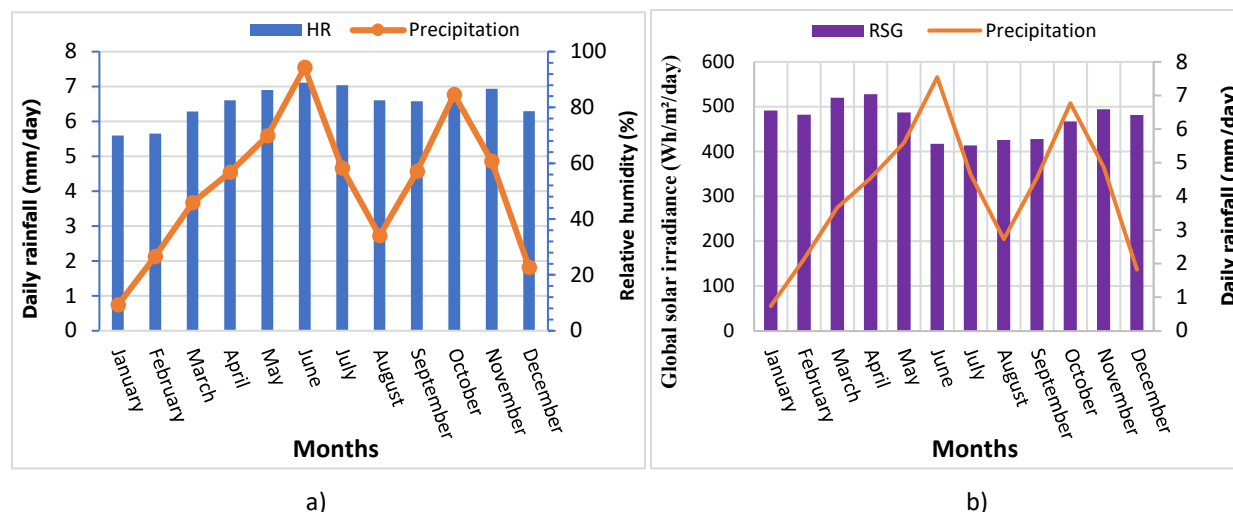


Fig. 2. Average monthly variations in ambient air humidity, global solar irradiance and daily precipitation

Figures 3a) and 3b) show the monthly and annual variations in average rainfall over the 11 years. Analysis of Figure 3a) shows that June and October have more rainfall, with 35 mm/month and 35.1 mm/month respectively, whereas January and February have less rainfall, with 1.1 mm/month and 2.4 mm/month respectively. In addition, the months of May, June, September and October have average rainfall of over 20 mm/month. An analysis of Figure 3b) reveals rainfall variability over the eleven years. The years 2013, 2015, 2017 and 2021 have average rainfall in excess of 50 mm/month. From 2013 to 2020, there is a downward trend in annual rainfall.

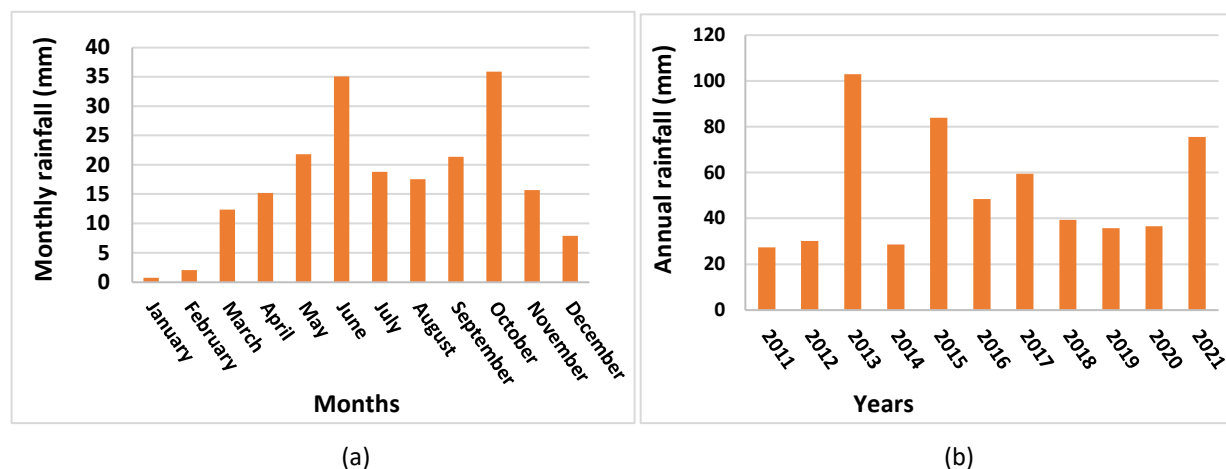


Fig. 3. Precipitation variations: (a) monthly and (b) annual

From the above analyses, it can be deduced that the Yamoussoukro area has two rainy seasons: the main rainy season, which extends from mid-May to mid-July, and the short rainy season, which runs from mid-September to mid-November. The two main rainy seasons are identified by rainfall peaks. The rainy seasons mark the growth of plants that produce pollen grains and other fine plant particles that can be transported by natural (mainly wind and run-off water) and man-made agents. The combination of plant particles and dust particles in the air forms aerosols [69]. During rainy seasons, pronounced vertical wind shear profiles are created, leading to a high degree of convective organisation. In addition, the sky is cleaned by the large quantities of rain that eliminate aerosol loads. Produced from the cloud layers, the relative humidities and large amounts of rain increase the intensity of diffuse irradiation, providing a small amount of solar radiation reaching the earth's surface. According to the work of Kniffka *et al.* (2019) [36], precipitation destabilises local radiation budgets. Pante *et al.* (2021) [70] analysed spatio-temporal variations in precipitation, aerosols, radiation, clouds and visibility at surface stations and in space to identify potential indicators of anthropogenic air pollution on rainfall trends. To do this, they used meteorological data from 1983 to 2017. The results of their work showed that rainfall in dry seasons in the Yamoussoukro area remains below 4 mm/day,

while it is around 8 mm/day in rainy seasons, with relative humidity of up to 95%. These results confirm those obtained in our studies. The results of their work went on to show that climate trends in the Yamoussoukro region have been decreasing rainfall since 2015, which is in line with our results. The Yamoussoukro region, on the other hand, has two dry seasons: the short dry season between mid-July and mid-September, and the long dry season between mid-November and April. The four seasons alternate in such a way that the rainy seasons are interrupted by the dry seasons. In the dry seasons, aerosol movements are increased by the cessation of heavy rain and the drying of the air [71]. From November onwards, we see the arrival of the harmattan, which produces significant advection from the southern monsoon and transports aerosols over long distances. These phenomena increase cloud cover, reducing horizontal visibility and radiation at the earth's surface. The moderation of the strong winds caused by the rapid retreat of the monsoon in February favours an increase in the amount of irradiation. Maranan et al. (2018) [71] studied the relationship between weather, climate and air pollution in southern West Africa from 1998 to 2013. The results of their work gave profiles similar to those observed in our work.

3.1.2 MONTHLY AND ANNUAL VARIATIONS IN THE CLARITY INDEX FROM 2011 TO 2021

Figures 4a), b, c, and d) illustrate the monthly and annual profiles of the lightness index in the Yamoussoukro region. Analysis of this figure allows us to classify the monthly evolution of the clarity index into two categories:

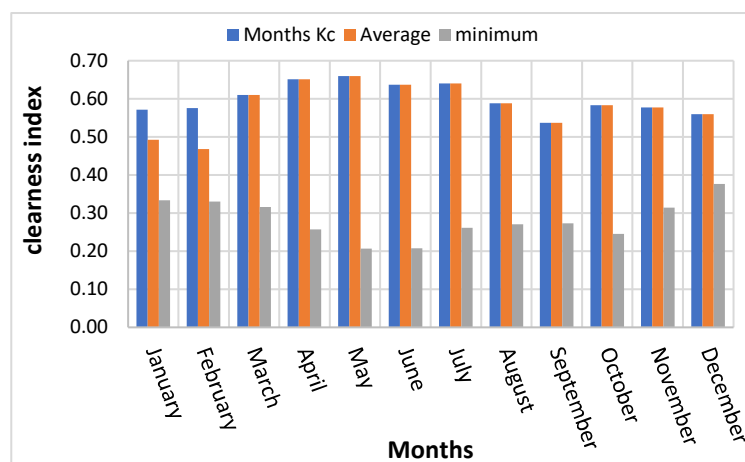
- Class 1: from November to February, the lightness index falls from 0.577 to 0.47, and from July to September, it falls from 0.64 to 0.54.
- Class 2: from March to June, the clarity index increases from 0.61 to 0.64, and from mid-September to October, the clarity index increases from 0.54 to 0.58.

In addition, the monthly trend shows that the clarity index varies between 0.26 and 0.7. Finally, annual variations in the clarity index (Figures 4b, c, and d) show an irregular, non-linear character with rainfall from one year to the next. This makes it difficult to compare rainy years based on annual values. However, the values of this index give an indication of its variational range for a given region.

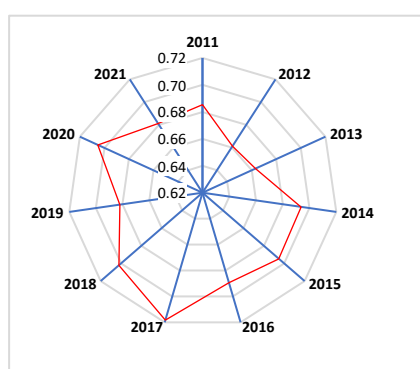
Yéboua *et al.*, (2019) [72] carried out a study based on one year's data (2017) to classify solar radiation in the Yamoussoukro region. The method of averages of the brightness index was used with a distribution independent of season and site. The results showed a variation in lightness index from 0 to 0.7 for processed data. This first range is in line with the results of our studies. However, the second range of clarity index values in their studies varied from -1 to 0.7 for biased data. Since the clearness index is a parameter varying from 0 to 1 [73], this range shows not only the incapacity of their method, but also that their study, which used data from a single year, will not be able to be generalized because of the high climatic variability. Ayodele and Ogunjuyigbe (2015) [73]

studied monthly, seasonal and annual variations in global solar radiation, brightness index and scattering fractions at Alice (South Africa) using eight years of data (2000–2008). The results of their work showed that the largest mean value of the clearness index was 0.62 and the smallest mean value was 0.54, obtained in summer and winter, respectively, compared with large and small values of 0.66 and 0.58 obtained in our study, respectively.

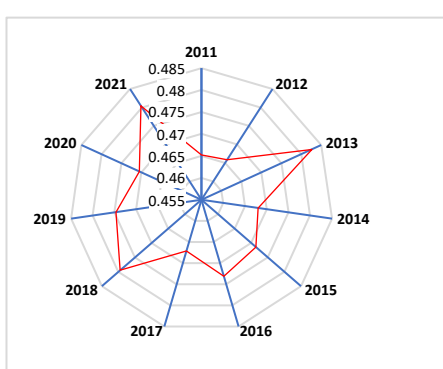
The clearness index is an atmospheric attenuation characteristic that fluctuates with season, geographical location, time of year and climatic conditions. The small clarity index values of 0.33, 0.29 and 0.35 were obtained in July, August and September, respectively, confirming the results of our studies. The higher the rainfall, the higher the clarity index. Apeh et al. (2021) [37] evaluated monthly, seasonal and annual variations in global solar radiation, the clarity index and diffuse fractions in Alice, South Africa, from 2017 to 2020. The results of their work showed that the clearness index evolves with monthly rainfall but, inversely, with global irradiance. The maximum values of the clarity index (0.74) were obtained in rainy seasons, when the earth's surface faces the sun, compared with the low values of 0.11 obtained in dry seasons, when the earth's surface is inclined to that of the sun. Furthermore, they concluded that the clarity index is influenced not only by atmospheric conditions such as dust and turbidity, but also by the sun's movements. The large discrepancies observed between mean and minimum values in the rainy season reflect unstable weather conditions due to high humidity, the presence of shifting cloud layers, and fluctuating solar radiation at the earth's surface. In the dry season, however, the sky is in a state of dynamic stability.



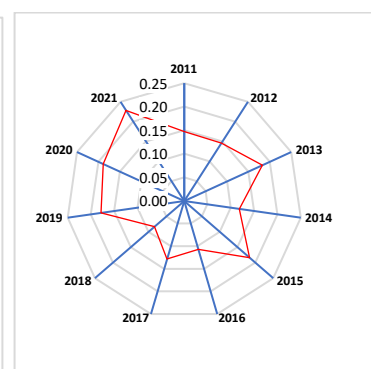
(a)



(b)



(c)



(d)

Fig. 4. Variations in the clearness index in the Yamoussoukro region: (a) : monthly, (b) : annual maximum, (c) : annual averages and (d) : annual minimum.

3.2 ENERGY BALANCE IN CULTIVATED LAND BASED ON BIOPHYSICAL PARAMETERS

3.2.1 BIOPHYSICAL PARAMETERS OF COCOA CROPS AND EVAPORATIVE FRACTIONS

3.2.1.1 LEAF AREA INDEX

Figure 5 illustrates the variation profile of the monthly leaf area index. Analysis of this figure shows that LAI increases progressively from May, with a value of $3.5 \text{ m}^2/\text{m}^2$, to October, with a maximum of $5.4 \text{ m}^2/\text{m}^2$. Outside this range, LAI drops and remains virtually constant with values below $3 \text{ m}^2/\text{m}^2$. Overall, LAI rose from $2 \text{ m}^2/\text{m}^2$ to $5.42 \text{ m}^2/\text{m}^2$.

Leaf area index (LAI) provides information on crop growth trends over the year. It represents one of the most important biophysical parameters of plants. LAI is a decisive parameter for understanding the state of crop development. Leaf area increases with rainfall, which shows an increase between April and October, with a discontinuity marked by the late effects of the short dry season between September and October. In the dry seasons, the drying out of the leaves reduces the density and thickness of the leaves produced by the increase in radiative balances. Our results were confirmed by those of [47, 52, 69].

In fact, from December to mid-April, crops are in a state of thermal stress governed by a water deficit (drop in relative air humidity and rainfall), reducing leaf size and sometimes contributing to the loss of some leaves. With the presence and gradual increase in rainfall and relative air humidity observed from April onward, leaf surfaces increase along with plant organs until they reach their maximum size. Leaf size remains almost constant until a new thermal cycle produces opposite effects. Zhao et al. (2020) [50] proposed a probability theory-based method for estimating canopy fraction using leaf area index and global leaf agglutination index monthly from 2013 to 2015 in Europe. The results of their study showed that LAI varies between $3 \text{ m}^2/\text{m}^2$ and $8 \text{ m}^2/\text{m}^2$. This range is higher than that obtained in our study because the food crops they studied grew strongly

with the canopy in rainy seasons. Unlike the rice plants, the cocoa trees we studied had already reached maturity and did not undergo any particular variation in size, apart from their leaves. Goswami *et al.*, (2015) [75] studied the relationships between LAI, biomass and leaf area index for six plant species in Barrow, Alaska, from 1972 to 2008. Results showed LAI variation from $0.83 \text{ m}^2/\text{m}^2$ to $6 \text{ m}^2/\text{m}^2$. They noted that LAI increased with biomass and was a function of plant species.

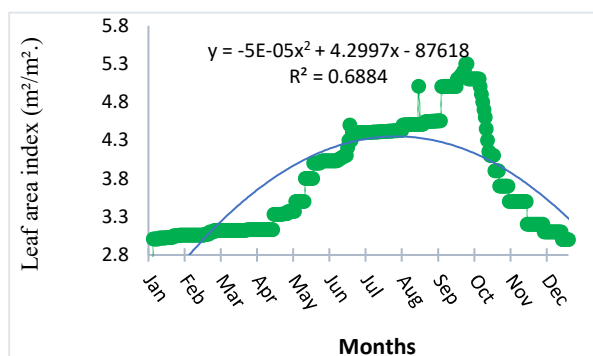


Fig. 5. Variation in leaf area index (LAI)

3.2.1.2 DAILY AND ANNUAL VARIATIONS IN RELATIVE AND REAL EVAPORATIVE FRACTIONS

Figures 6a) and 6b) respectively illustrate the results of daily and annual variations in the fraction of water likely to be evaporated, known as the relative evaporative fraction or potential evapotranspiration (ETP), and the fraction of water evaporated, known as the real evaporative fraction or real evapotranspiration (ETR). According to figure 6a), the relative evaporative fraction shows a high frequency of dispersion from November to April, with values ranging from 0.35 to 0.9 mm/day, with an average of 0.51 mm/day. Relative evapotranspiration is high and continuous from May to July and in October, with intensities ranging from 0.6 mm to 0.7 mm per day. As for the analysis of the profile of the actual evaporative fraction, values are practically constant in the dry seasons at 1.5 mm/day, and increase in the period from May to October, varying from 2 mm/day to 6 mm/day.

Analysis of Figure 8b) shows that the years 2011–2016 and 2020 have average relative evaporative fractions greater than 1 mm/year. In particular, the years 2015 and 2016 have high average relative evaporative fraction values between 1.4 and 1.7 mm/year. If we consider the evolution of real annual evaporative fractions, we see that they vary from 5 mm/year to 120 mm/year. The years 2015 and 2021 show the highest values of real evapotranspiration, with 82 mm/year and 119 mm/year, respectively.

Liu *et al.* (2019) [76] examined the variation of the actual evaporative fraction from the relative evaporative fraction at hourly, diurnal and daily scales calculated and measured by Eddy's Covariance technique at different stages of the 2015 and 2016 rice evolution in China. The results showed that the relative evaporative fraction varies during rice growth from 0.8 to 0.92 mm/day with an average of 0.79 mm/day and reaches a maximum of 1 mm/day during the late maturity phase of the plant. Daily values of this fraction are high at sunrise and sunset, due to high ambient humidity, and decrease with increasing solar radiation intensity. Moreover, this fraction decreases sharply with decreasing soil moisture. The difference in seasonal evaporative fraction values is attributed to the phenological characteristics of crops, which are influenced by weather conditions.

In addition, the results of their work showed actual evaporative fractions ranging from 0 to 3.835 mm/day and from 0 to 3.816 mm/day in 2015 and 2016, respectively. The relative evaporative fraction values obtained in their study are lower than those in our study, although they worked on annual crops. On the other hand, annual crops grow rapidly throughout the year, but have lower evaporative fraction values than multiannual crops. As for cocoa crops, despite the slow evolution of their evaporative fraction, they have maximum values because they have reached maturity (crops over 15 years old). The results of Liu *et al.* agree with those of our work. Timmermans *et al.*, (2013) [77] evaluated the actual evapotranspiration of a rice field, and the results of their study gave an average daily variation of between 0 and 7 mm/day, while relative evapotranspiration ranged from 0 to 14 mm/day. From July to August, the actual evaporative fraction varied from 3.14 mm to 6.73 mm per month. The values of this fraction are higher than those of our work, as these authors worked in a subtropical climate in the presence of cold monsoon winds, which increased relative humidity and reduced the intensity of global solar radiation. They also concluded that actual evapotranspiration increases with leaf area index. According to the findings of Chávez *et al.* (2008) [78], weather instability is felt on a small (hourly) scale. It is therefore recommended to carry out a large-scale assessment (daily,

monthly or annual) of actual evapotranspiration to overestimate its values. This actual evapotranspiration is largely influenced by available surface energy. Wu *et al.* (2015) [67] evaluated annual actual evapotranspiration in 2011 and China. The results gave an annual average value of 270.6 mm per year. This value is significantly higher than that of our study due to the low solar potential in their study area.

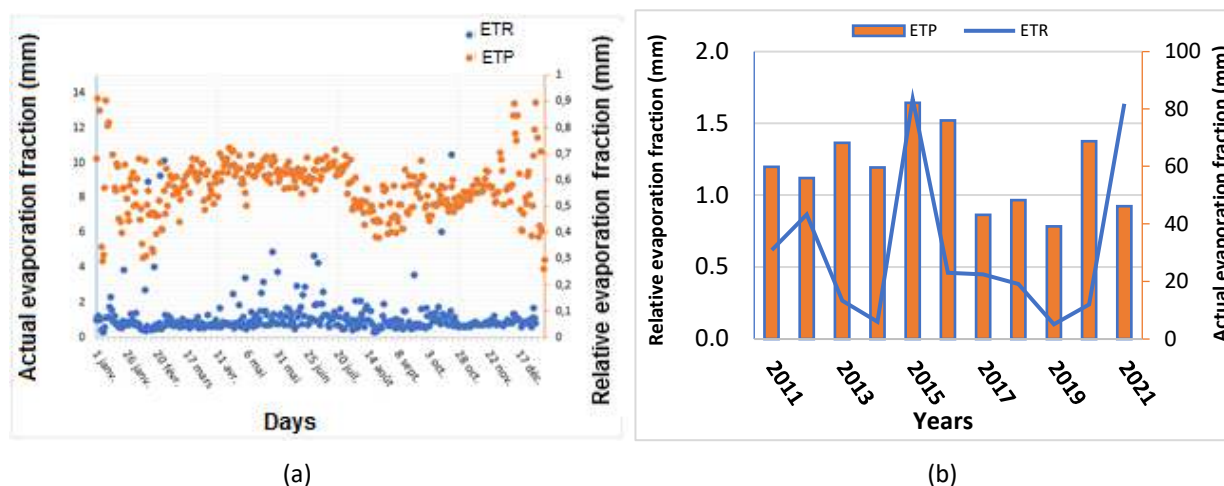


Fig. 6. Daily and annual variations in relative and real evaporative fractions

3.2.2 ENERGY BALANCE IN CULTIVATED LAND

Table I shows the average values of energy fluxes modelled for cocoa-growing land over eleven years (2011–2021). Analysis of this table gave mean values for net solar radiation heat flux of 221.405 Wh/m²/year, latent heat flux of 44.290 W/m²/year, sensible heat flux of 218.592 W/m²/year, and conductive heat flux of -22.270 W/m²/year.

Moorhead *et al.*, (2017) [74] evaluated the average energy flux values using a lysimeter and scintillometer. The results of the study showed that sensible heat measured with a lysimeter varied from -761.7 to 426.4 W/m², with an average of -11.4 W/m². The lysimeter gave a wider range of sensible heat values than the scintillometer, due to the measurement scales associated with the two different types of equipment.

Table 1. Average energy flux

Average R_n (W/m ² /year)	Average H (W/m ² /year)	Average λE (W/m ² /year)	Average G_0 (W/m ² /year)
221,405	44,290	218,592	-22,270

Figures 9a) and 9b) show, respectively, the daily and monthly variations in the soil energy balance. Analysis of Figure 9a) shows that latent and sensible heat fluxes evolve in contradictory ways. Net solar radiation heat flux and latent heat flux have the highest values, while conductive energy flux and sensible heat flux have the lowest. The sequential analysis of energy flux trends was carried out by splitting their annual profile into three parts: from January to April (period 1), from May to September (period 2), and from October to the end of December (period 3). High values for net solar radiation heat flux and sensible heat flux are obtained in periods 1 and 3. In period 1, net solar radiation heat flux, sensible heat flux and conductive heat flux (in absolute values) are high. Net solar radiation heat flux and sensible heat flux decrease from 250 W/m²/day to 230 W/m²/day and from 150 W/m²/day to 50 W/m²/day, respectively, while conductive heat increases from -50 W/m²/day to -10 W/m²/day. In period 3, net solar radiation heat flux and sensible heat flux undergo progressive increases to reach new high values, as does conductive heat, which decreases, but with lower intensities than in period 1. However, in period 1, latent heat flux has lower intensities than net radiation heat, while the opposite phenomenon occurs in period 3.

During period 2, the conductive heat flux undergoes a strong dispersion, governed by the daily variability of the latent heat flux. Conductive heat increases from -10 W/m²/day to 45 W/m²/day until the end of September. During this period, the latent heat flux increases from 150 W/m²/day to almost 300 W/m²/day, reaching higher values than the net solar radiation energy flux, and then decreases from July onwards, reaching low values in August. In contrast to latent heat flux, net solar radiation

heat flux and sensible heat flux decreased to low intensities of 245 W/ m²/day to less than 200 W/m²/day and 50 W/m²/day to 10 W/m²/day, respectively, in August.

Analysis of the monthly energy fluxes in ascending order (Figure 9b), showed that February (in period 1) and November (in period 3) have the lowest amounts of conductive heat in the year, with -55 W/m²/month and -40.5 W/m²/month, respectively. In contrast, in period 2, the month of July shows the highest levels of conductive heat, with 14 W/m²/month. In absolute terms, conductive heat evolves in the same direction as sensible heat flux and net solar radiation flux.

Energy and water exchanges between the components of the soil-plant-atmosphere system at the earth's surface are produced by the radiation balance, plant transpiration and evaporation from water and soil surfaces. These processes have a considerable impact on the energy balance within the soil. While latent heat explains the transpiration of plant leaves and the evaporation of water surfaces in the universe [77, 78], sensible heat explains the evaporation of soil surfaces in the atmosphere. The combination of latent and sensible heat results in evapotranspiration. Latent heat fluxes are energy losses produced by aerodynamic and hydric factors (soil water and canopy water) that destabilize the large quantities of solar energy in the soil.

The above-mentioned system operates as an open system, exchanging heat, water and matter [29] between its three components in the search for thermo-hydric equilibrium between them. Solar radiation is the only source of energy for this process, whose intensities at the earth's surface are represented by the heat flux of net solar radiation. Part of the solar radiation is reflected by airborne particles, plant cover and soil mineral surfaces, and the remaining part of the radiation flux is absorbed by the soil, increasing its conductive heat (in absolute terms) and sensible heat. Conductive heat flux is higher the drier the ground surface and the clearer the sky. These facts lead to a decrease in latent heat flux in the dry season and are contrasted in the rainy season. From October to the end of December, despite the high intensity of net solar radiation, the quantities of sensitive and conductive energy fluxes are lower than in the period from January to April, due to the presence of the harmattan, which are dynamic factors contributing to the reduction of net solar radiation intensities through the contribution of the cool monsoon winds. The overall observation of monthly and annual variations in heat fluxes enables us to group them into two classes: class 1 is made up of periods 1 and 3 with negative conductive heat flux values, and class 2 is made up of period 2 with largely positive conductive heat fluxes.

The negative signs explain thermal penetration into the soil (energy gain for the soil), while the soil loses its energy [81] (represented by the positive sign) with the universe by plant transpiration, explained by the increase in turbulent energy (presence of rain and ambient humidity, wind). When plant leaf density decreases, it contributes to an increase in conductive heat flux. This was observed in the work of Taylor *et al.* (2019) [69] and Pante *et al.* (2021) [70], who found that deforestation and urbanization enhance convective triggering by increasing turbulent fluxes of sensible heat. Latent energy is the main consuming source of radiant energy fluxes [76], which decrease sensible and conductive energy fluxes. The reasons are governed by the decrease in plant transpiration rates during the plant growth phase and the increase in advection observed when latent heat flux exceeds net solar radiation heat flux which decrease sensible and conductive energy fluxes. The reasons are governed by the decrease in plant transpiration rates during the plant growth phase and the increase in advection observed when latent heat flux exceeds net solar radiation heat flux [74].

Nelli *et al.*, (2019) [42] evaluated the closure of the surface energy balance in an arid environment through a comprehensive analysis of surface radiation and heat fluxes at seasonal and diurnal time scales using the Eddy Covariance method. The results showed that sensible heat flux intensity remains below 20 W/m² throughout the year, while latent heat flux intensity is below 30 W/m². The differences in amplitudes are due to differences in climatic conditions. Their study area has an arid climate, so the high east wind speed allowed cooling of the plant canopy surfaces. This contributes to a reduction in surface and internal heat flux, in contrast to a humid tropical climate with high solar potential. During the day and dry seasons, a three-way balance prevails between sensible heat, ground heat fluxes and net surface radiative flux, while at night and in the rainy seasons, the last two attempt to balance each other out essentially. These fluxes are around 25% greater in the dry season than in the winter.

Moorhead (2019) [81] measured evapotranspiration using a scintillometer to calculate energy fluxes in two regions in Amarillo, America. The regions studied have cold climates. The results of their work showed that the daily mean latent heat flux was between 10 W/m² and 20 W/m², and the daily mean sensible heat flux was between 5 and 15 W/m². The differences in turbulent heat fluxes between the two regions are mainly due to vapour pressure deficits.

Sensible heat flux is the energy that increases atmospheric temperature, causing advection, while latent heat corresponds to the energy available for water evaporation. This also justifies the strong increase in sensible heat flux with net radiation intensity and ambient temperature in dry seasons, compared with its low values in rainy seasons [82]. In dry seasons, radiation intensity is at a maximum, so it limits the flux of water between the components of the soil-plant-atmosphere system to reduce biological phenomena (plant transpiration and microbial respiration) ; low latent heat values are therefore obtained. As a result

of evaporation from soil surfaces due to the effects of radiant reflection in the universe, sensible heat flux and conductive heat flux are reduced in relation to sensible heat flux. In addition, latent heat intensity remained lower than that of net solar radiation. On the other hand, unexpected events are sometimes produced by major advection phenomena that cool the ambient air, minimizing the effects of net radiant fluxes and intensive biological and water exchanges. Large crops with high leaf density dampen solar radiation thermal effects more, thus minimizing net surface flux, and hence conductive and sensitive fluxes, than crops with deciduous leaves. Our results are similar to those of Su et al., (2019) [83]. According to the work of Lee et al. (2016) [68], trees perform better than grasslands in mitigating heat stress and promoting heat attenuation within the soil.

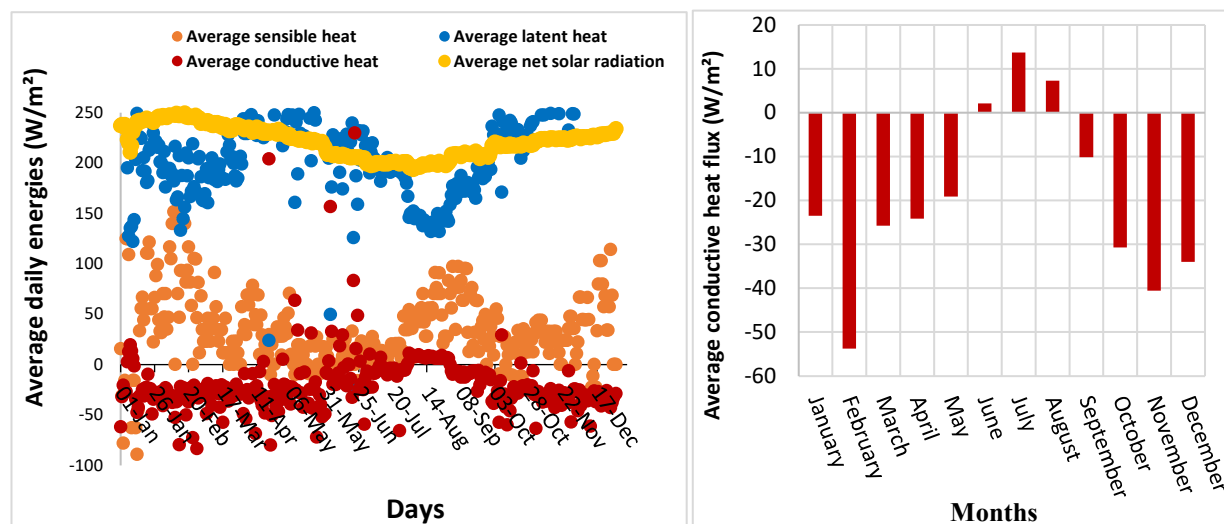


Fig. 7. Soil energy balance: a) Heat flux from vegetation-covered soil; b) Conductive energy within the soil

3.3 RELATIONSHIP BETWEEN TURBULENT ENERGY FLUXES ($R_n - G_0$) AND AVAILABLE ENERGY FLUXES ($H + \lambda E$)

The study of the variation of $R_n - G_0$ as a function of $H + \lambda E$ yielded a linear regression line with a regression coefficient R^2 de 0,997. of 0.997. The equation for predicting the available energy flux components from the turbulent energy fluxes obtained is $y = 1.008x + 17,29$. The variations in $R_n - G_0$ and $H + \lambda E$ are in the range from -200 W/m² to 600 W/m² (Figure 10). These results are in line with those reported in the literature [83, 84].

Lui et al., (2020) [76] studied mean diurnal variations in energy balance components at different phenological stages of rice over two years (2015–2016). The results showed that turbulent heat flux is controlled by latent heat flux, given that heat transfer phenomena are continuous processes. At night, transpiration from leaf surfaces and evaporation from soil surfaces increase ambient humidity in the absence of solar irradiation. As a result, thermal energy stored in the soil, canopy air and biomass during the day is partially released during the night. These phenomena rapidly reduce the available energy to the benefit of turbulent energy. However, during the day, the progressive increase in solar radiation intensity inevitably leads to an increase in available energy, while sensible heat is consumed by latent heat, reducing the turbulent energy flux. According to their results, if $R_n - G_0 < 0$ and $LE > 0$, then turbulent energy flux dominates that of available energy and vice versa. According to the results of work by Su et al., (2009) [66], turbulent fluxes are strongly affected by advection, which unbalances the energy available at the ground surface by increasing evaporation from the land surface. These energy transition processes are cyclical from one day to the next and from one season to the next, and they explain the symmetrical negative and positive evolutions between available and turbulent energy fluxes. Low wind speeds, high humidity and high precipitation in the rainy seasons mean that the wetter the earth's surface, the greater the evaporation, and the more stable the atmosphere. These processes lead to reduced turbulence and atmospheric mixing. The opposite is true in the dry seasons.

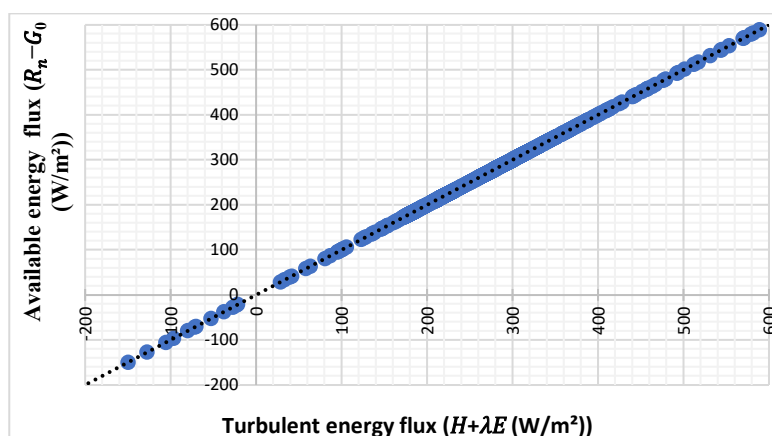


Fig. 8. Variation of available energy ($R_n - G_0$) as a function of turbulent energy ($H + \lambda E$)

4 CONCLUSION

The present study used 11 years of meteorological data and plant biophysical properties to accurately assess conductive heat flux within croplands, under in-situ conditions. Our study used the closed-energy balance model to develop an improved version to determine daily, monthly and annual heat flux variations in the Yamoussoukro area. The results showed that rainfall in this area has been falling since 2013, increasing sensible and conductive heat fluxes. Two typical seasons were observed, including a short dry season, a long dry season, a short rainy season, and a long rainy season.

Crop growth depends on rainfall and is reduced by the dry seasons, which have a strong influence on the evolution of the leaf area index (LAI). LAI is practically constant during the long dry season, with a value of less than $2 \text{ m}^2/\text{m}^2$, and increases progressively during the rainy season, reaching a maximum of almost $6 \text{ m}^2/\text{m}^2$. Consequently, in dry seasons, latent heat fluxes are high, with rapid growth in the plant's biophysical properties. On the other hand, conductive energy quantities are high in dry seasons, ranging from -50 W/m^2 to 50 W/m^2 . Excessive values in dry seasons demonstrate a demand for irrigation or the adaptation of crop types that can withstand hygrothermal changes. The water requirements of cultivated land for better plant development are felt when conductive heat has high intensities (a state of thermal stress).

This model has the advantage of being developed for all crops of interest in different zones. It can also be used in any application requiring knowledge of heat fluxes within the soil at any spatiotemporal scale.

REFERENCES

- [1] M. Kabir *et al.*, « Climate change due to increasing concentration of carbon dioxide and its impacts on environment in 21st century; a mini review », *J. King Saud Univ. - Sci.*, vol. 35, n° 5, p. 102693, juill. 2023, doi: 10.1016/j.jksus.2023.102693.
- [2] E. Shahraeeni et D. Or, « Thermo-evaporative fluxes from heterogeneous porous surfaces resolved by infrared thermography », *Water Resour. Res.*, vol. 46, n° 9, p. 2009WR008455, sept. 2010, doi: 10.1029/2009WR008455.
- [3] J. Ogée, E. Lamaud, Y. Brunet, P. Berbigier, et J. M. Bonnefond, « A long-term study of soil heat flux under a forest canopy », *Agric. For. Meteorol.*, vol. 106, n° 3, p. 173-186, févr. 2001, doi: 10.1016/S0168-1923(00)00214-8.
- [4] M. M. Rahman, W. Zhang, et K. Wang, « Assessment on surface energy imbalance and energy partitioning using ground and satellite data over a semi-arid agricultural region in north China », *Agric. Water Manag.*, vol. 213, p. 245-259, mars 2019, doi: 10.1016/j.agwat.2018.10.032.
- [5] Z. Xu, Y. Ma, S. Liu, W. Shi, et J. Wang, « Assessment of the Energy Balance Closure under Advective Conditions and Its Impact Using Remote Sensing Data », *J. Appl. Meteorol. Climatol.*, vol. 56, n° 1, p. 127-140, janv. 2017, doi: 10.1175/JAMC-D-16-0096.1.
- [6] T. Zhang, C. Wang, S. Liu, N. Zhang, et T. Zhang, « Assessment of soil thermal conduction using artificial neural network models », *Cold Reg. Sci. Technol.*, vol. 169, p. 102907, janv. 2020, doi: 10.1016/j.coldregions.2019.102907.
- [7] H. Lee, H. Mayer, et L. Chen, « Contribution of trees and grasslands to the mitigation of human heat stress in a residential district of Freiburg, Southwest Germany », *Landsc. Urban Plan.*, vol. 148, p. 37-50, avr. 2016, doi: 10.1016/j.landurbplan.2015.12.004.

- [8] T. E. Link, G. N. Flerchinger, M. Unsworth, et D. Marks, « Simulation of Water and Energy Fluxes in an Old-Growth Seasonal Temperate Rain Forest Using the Simultaneous Heat and Water (SHAW) Model », *J. Hydrometeorol.*, vol. 5, n° 3, p. 443-457, juin 2004, doi: 10.1175/1525-7541(2004)005<0443: SOWAEF>2.0.CO; 2.
- [9] Y. Ma, Z. Su, Z. Li, T. Koike, et M. Menenti, « Determination of regional net radiation and soil heat flux over a heterogeneous landscape of the Tibetan Plateau », *Hydrol. Process.*, vol. 16, n° 15, p. 2963-2971, oct. 2002, doi: 10.1002/hyp.1079.
- [10] Z. Gao, X. Fan, et L. Bian, « An analytical solution to one-dimensional thermal conduction-convection in soil », *Soil Sci.*, vol. 168, n° 2, p. 99-107, févr. 2003, doi: 10.1097/00010694-200302000-00004.
- [11] Z. Gao, « Determination of soil heat flux in a tibetan short-grass prairie », *Bound.-Layer Meteorol.*, vol. 114, n° 1, p. 165-178, janv. 2005, doi: 10.1007/s10546-004-8661-5.
- [12] K. Yang et J. Wang, « A temperature prediction-correction method for estimating surface soil heat flux from soil temperature and moisture data », *Sci. China Ser. Earth Sci.*, vol. 51, n° 5, p. 721-729, mai 2008, doi: 10.1007/s11430-008-0036-1.
- [13] B. G. Heusinkveld, A. F. G. Jacobs, A. A. M. Holtslag, et S. M. Berkowicz, « Surface energy balance closure in an arid region: role of soil heat flux », *Agric. For. Meteorol.*, vol. 122, n° 1-2, p. 21-37, mars 2004, doi: 10.1016/j.agrformet.2003.09.005.
- [14] C. Liebethal et T. Foken, « Evaluation of six parameterization approaches for the ground heat flux », *Theor. Appl. Climatol.*, vol. 88, n° 1-2, p. 43-56, janv. 2007, doi: 10.1007/s00704-005-0234-0.
- [15] A. J. Purdy, J. B. Fisher, M. L. Goulden, et J. S. Famiglietti, « Ground heat flux: An analytical review of 6 models evaluated at 88 sites and globally », *J. Geophys. Res. Biogeosciences*, vol. 121, n° 12, p. 3045-3059, déc. 2016, doi: 10.1002/2016JG003591.
- [16] J. Zuo, J. Wang, J. Huang, W. Li, G. Wang, et H. Ren, « Estimation of ground heat flux and its impact on the surface energy budget for a semi-arid grassland », *Sci. Cold Arid Reg.*, 2011.
- [17] D. Cava, D. Contini, A. Donato, et P. Martano, « Analysis of short-term closure of the surface energy balance above short vegetation », *Agric. For. Meteorol.*, vol. 148, n° 1, p. 82-93, janv. 2008, doi: 10.1016/j.agrformet.2007.09.003.
- [18] T. Foken, « The Energy Balance Closure Problem: An Overview », *Ecol. Appl.*, vol. 18, n° 6, p. 1351-1367, 2008.
- [19] S. P. Oncley et al., « The Energy Balance Experiment EBEX-2000. Part I: overview and energy balance », *Bound.-Layer Meteorol.*, vol. 123, n° 1, p. 1-28, mars 2007, doi: 10.1007/s10546-007-9161-1.
- [20] L. Xing, « Analytical and numerical modeling of foundation heat exchangers », 2008.
- [21] L. K. Berg et S. Zhong, « Sensitivity of MM5-Simulated Boundary Layer Characteristics to Turbulence Parameterizations », *J. Appl. Meteorol.*, vol. 44, n° 9, p. 1467-1483, sept. 2005, doi: 10.1175/JAM2292.1.
- [22] M. Cuntz et al., « The impact of standard and hard-coded parameters on the hydrologic fluxes in the Noah-MP land surface model », *J. Geophys. Res. Atmospheres*, vol. 121, n° 18, sept. 2016, doi: 10.1002/2016JD025097.
- [23] X. Han, H. H. Franssen, C. Montzka, et H. Vereecken, « Soil moisture and soil properties estimation in the Community Land Model with synthetic brightness temperature observations », *Water Resour. Res.*, vol. 50, n° 7, p. 6081-6105, juill. 2014, doi: 10.1002/2013WR014586.
- [24] T. E. Twine et al., « Correcting eddy-covariance flux underestimates over a grassland », *Agric. For. Meteorol.*, vol. 103, n° 3, p. 279-300, juin 2000, doi: 10.1016/S0168-1923(00)00123-4.
- [25] Y. Cheng et al., « Failure of Taylor's hypothesis in the atmospheric surface layer and its correction for eddy-covariance measurements », *Geophys. Res. Lett.*, vol. 44, n° 9, p. 4287-4295, mai 2017, doi: 10.1002/2017GL073499.
- [26] N. Kljun, P. Calanca, M. W. Rotach, et H. P. Schmid, « A simple two-dimensional parameterisation for Flux Footprint Prediction (FFP) », *Geosci. Model Dev.*, vol. 8, n° 11, p. 3695-3713, nov. 2015, doi: 10.5194/gmd-8-3695-2015.
- [27] R. Leuning, E. Van Gorsel, W. J. Massman, et P. R. Isaac, « Reflections on the surface energy imbalance problem », *Agric. For. Meteorol.*, vol. 156, p. 65-74, avr. 2012, doi: 10.1016/j.agrformet.2011.12.002.
- [28] H.-D. Wizemann, J. Ingwersen, P. Högy, K. Warrach-Sagi, T. Streck, et V. Wulfmeyer, « Three year observations of water vapor and energy fluxes over agricultural crops in two regional climates of Southwest Germany », *Meteorol. Z.*, vol. 24, n° 1, p. 39-59, mars 2015, doi: 10.1127/metz/2014/0618.
- [29] J. Vanderborght, T. Fetzner, K. Mosthaf, K. M. Smits, et R. Helmig, « Heat and water transport in soils and across the soil-atmosphere interface: 1. Theory and different model concepts », *Water Resour. Res.*, vol. 53, n° 2, p. 1057-1079, févr. 2017, doi: 10.1002/2016WR019982.
- [30] H.-D. Wizemann, J. Ingwersen, P. Högy, K. Warrach-Sagi, T. Streck, et V. Wulfmeyer, « Three year observations of water vapor and energy fluxes over agricultural crops in two regional climates of Southwest Germany », *Meteorol. Z.*, vol. 24, n° 1, p. 39-59, mars 2015, doi: 10.1127/metz/2014/0618.
- [31] K. H. J. Kokobou, A. B. Konan-Waidhet, T. D. Soro, et J. Biemi, « Mapping of Potential Recharge Areas of Fractured Aquifers in the Departments of Yamoussoukro and Toumodi (Central Côte d'Ivoire) », *J. Geogr. Inf. Syst.*, vol. 14, n° 05, p. 527-545, 2022, doi: 10.4236/jgis.2022.145030.

- [32] K. H. J. Kokobou, A. B. Konan-Waidhet, T. D. Soro, et J. Biemi, « Mapping of Potential Recharge Areas of Fractured Aquifers in the Departments of Yamoussoukro and Toumodi (Central Côte d'Ivoire) », *J. Geogr. Inf. Syst.*, vol. 14, n° 05, p. 527-545, 2022, doi: 10.4236/jgis.2022.145030.
- [33] A. Guillaume, K.-W. Arthur Brice, S. A. Parfait, K. K. Hervé Jacques, et B. Jea, « Landsat 8 oli Satellite Imagery Mapping and Analysis of Bedrock Fracture Networks in the Departments of Yamoussoukro and Toumodi (Central Cote d'Ivoire) », *Eur. Sci. J. ESJ*, vol. 18, n° 30, p. 206, sept. 2022, doi: 10.19044/esj.2022.v18n30p206.
- [34] K. M. Ehoussou et A. M. Kouassi, « Caractérisation hydrogéochimique des aquifères fissurés de la région du béliér, centre de la Côte D'Ivoire », 2019.
- [35] A. A. Guillaume, K.-W. A. Brice, S. A. Parfait, K. K. H. Jacques, et B. Jean, « Landsat 8 Oli Satellite Imagery Mapping and Analysis of Bedrock Fracture Networks in the Departments of Yamoussoukro and Toumodi (Central Cote d'Ivoire) », *Eur. Sci. J. ESJ*, vol. 8, sept. 2022, doi: 10.19044/esipreprint.8.2022.p391.
- [36] A. Kniffka, P. Knippertz, et A. H. Fink, « The role of low-level clouds in the West African monsoon system », *Atmospheric Chem. Phys.*, vol. 19, n° 3, p. 1623-1647, févr. 2019, doi: 10.5194/acp-19-1623-2019.
- [37] O. O. Apeh, O. K. Overen, et E. L. Meyer, « Monthly, Seasonal and Yearly Assessments of Global Solar Radiation, Clearness Index and Diffuse Fractions in Alice, South Africa », *Sustainability*, vol. 13, n° 4, p. 2135, févr. 2021, doi: 10.3390/su13042135.
- [38] W. P. Kustas, C. S. T. Daughtry, et P. J. Van Oevelen, « Analytical treatment of the relationships between soil heat flux/net radiation ratio and vegetation indices », *Remote Sens. Environ.*, vol. 46, n° 3, p. 319-330, déc. 1993, doi: 10.1016/0034-4257(93)90052-Y.
- [39] T. Allmendinger, « The Thermal Radiation of the Atmosphere and Its Role in the So-Called Greenhouse Effect », *Atmospheric Clim. Sci.*, vol. 08, n° 02, p. 212-234, 2018, doi: 10.4236/acs.2018.82014.
- [40] K. Wilson et al., « Energy balance closure at FLUXNET sites », *Agric. For. Meteorol.*, vol. 113, n° 1-4, p. 223-243, déc. 2002, doi: 10.1016/S0168-1923(02)00109-0.
- [41] A. G. Barr, K. Morgenstern, T. A. Black, J. H. McCaughey, et Z. Nesic, « Surface energy balance closure by the eddy-covariance method above three boreal forest stands and implications for the measurement of the CO₂ flux », *Agric. For. Meteorol.*, vol. 140, n° 1-4, p. 322-337, nov. 2006, doi: 10.1016/j.agrformet.2006.08.007.
- [42] N. R. Nelli et al., « Micrometeorological measurements in an arid environment: Diurnal characteristics and surface energy balance closure », *Atmospheric Res.*, vol. 234, p. 104745, avr. 2020, doi: 10.1016/j.atmosres.2019.104745.
- [43] M. M. S. El-Din, « On the heat flow into the ground », *Renew. Energy*, 1999.
- [44] M. Menenti et B. J. Choudhury, « Parameterization of land surface evaporation by means of location dependent potential evaporation and surface temperature range », *IAHS Publ. no. 212*, 1993.
- [45] C. Zhan, « Quantitative estimation of land surface evapotranspiration in Taiwan based on MODIS data », vol. 4, n° 3, 2011.
- [46] G. Van Durme et M. Erpicum, « Variabilité spatio-temporelle de l'albédo. analyse menée à la résolution métrique », 2005, *Bulletin de la Société géographique de Liège*.
- [47] A. Vidal, *Estimation de l'évapotranspiration par télédétection: application au contrôle de l'irrigation*. Antony, France: Cemagref-Dicova, 1990. Consulté le: 2 mai 2020.
[En ligne]. Disponible sur: <http://public.ebookcentral.proquest.com/choice/publicfullrecord.aspx?p=3399040>.
- [48] A. Allahem, S. Boulaaras, K. Zennir, et M. Haiour, « A new mathematical model of heat equations and its application on the agriculture soil », p. 28, 2018.
- [49] V. Bourdin, « Calculs astronomiques simplifiés », p. 10, 2014.
- [50] J. Zhao et al., « Estimating fractional vegetation cover from leaf area index and clumping index based on the gap probability theory », *Int. J. Appl. Earth Obs. Geoinformation*, vol. 90, p. 102112, août 2020, doi: 10.1016/j.jag.2020.102112.
- [51] W. Zhuo, H. Huang, X. Gao, X. Li, et J. Huang, « An Improved Approach of Winter Wheat Yield Estimation by Jointly Assimilating Remotely Sensed Leaf Area Index and Soil Moisture into the WOFOST Model », *Remote Sens.*, vol. 15, n° 7, p. 1825, mars 2023, doi: 10.3390/rs15071825.
- [52] J. Liu et al., « Validation of Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer (MODIS) albedo retrieval algorithm: Dependence of albedo on solar zenith angle », *J. Geophys. Res. Atmospheres*, vol. 114, n° D1, p. 2008JD009969, janv. 2009, doi: 10.1029/2008JD009969.
- [53] G. Nizinski, G. Galat, et A. Galat-Luong, « Etude et modélisation de l'évapotranspiration des couverts végétaux : cas d'une savane et d'une plantation », 2010.
- [54] J. J. Nizinski, G. Galat, A. Galat-Luong, M. Dingkuhn, et D. Fabre, « Evapotranspiration réelle et résistance du couvert d'une savane à *Loudetia arundinacea* (bassin du Kouilou, Congo-Brazzaville) », *Climatologie*, vol. 6, p. 33-45, 2009, doi: 10.4267/climatologie.460.
- [55] Z. Su, « The Surface Energy Balance System (SEBS) for estimation of turbulent heat fluxes », *Hydrol. Earth Syst. Sci.*, vol. 6, n° 1, p. 85-100, 2002, doi: 10.5194/hess-6-85-2002.

- [56] Hamimed Abderrahmane, Abdelkader Khaldi, et Zaagane Mansour, « Méthodologie d'estimation de l'évapotranspiration et des flux énergétiques de surface à partir des données satellitaires thermiques et des modèles du bilan énergétique. », 2018, doi: 10.13140/RG.2.2.20407.98727/2.
- [57] Y. Su *et al.*, « Quantifying the biophysical effects of forests on local air temperature using a novel three-layered land surface energy balance model », *Environ. Int.*, vol. 132, p. 105080, nov. 2019, doi: 10.1016/j.envint.2019.105080.
- [58] B. A. Hssaine *et al.*, « Calibrating an evapotranspiration model using radiometric surface temperature, vegetation cover fraction and near-surface soil moisture data », *Agric. For. Meteorol.*, vol. 256-257, p. 104-115, juin 2018, doi: 10.1016/j.agrformet.2018.02.033.
- [59] J. C. B. Hoedjes, A. Chehbouni, F. Jacob, J. Ezzahar, et G. Boulet, « Deriving daily evapotranspiration from remotely sensed instantaneous evaporative fraction over olive orchard in semi-arid Morocco », *J. Hydrol.*, vol. 354, n° 1-4, p. 53-64, juin 2008, doi: 10.1016/j.jhydrol.2008.02.016.
- [60] J. J. Nizinski, G. Galat, A. Galat-Luong, M. Dingkuhn, et D. Fabre, « Evapotranspiration réelle et résistance du couvert d'une savane à *loudetia arundinacea* (bassin du Kouilou, Congo-Brazzaville) », *Climatologie*, n° Volume 6, 2009, doi: 10.4267/climatologie.460.
- [61] G. Nizinski, G. Galat, et A. Galat-Luong, « Etude et modélisation de l'évapotranspiration des couverts végétaux : cas d'une savane et d'une plantation », p. 6, 2010.
- [62] J. A. Businger, « Introduction to Obukhov's paper on »turbulence in an atmosphere with a non-uniform temperature« ».
- [63] U. Silins et R. L. Rothwell, « Forest Peatland Drainage and Subsidence Affect Soil Water Retention and Transport Properties in an Alberta Peatland », *Soil Sci. Soc. Am. J.*, vol. 62, n° 4, p. 1048-1056, juill. 1998. doi: 10.2136/sssaj1998.03615995006200040028x.
- [64] W. J. Massman, « A model study of kBHX1 for vegetated surfaces using localized near-field Lagrangian theory », *J. Hydrol.*, p. 17, 1999.
- [65] J. Hao et E. Lu, « Variation of Relative Humidity as Seen through Linking Water Vapor to Air Temperature: An Assessment of Interannual Variations in the Near-Surface Atmosphere », *Atmosphere*, vol. 13, n° 8, p. 1171, juill. 2022, doi: 10.3390/atmos13081171.
- [66] Z. (Bob) Su, « ESA Advanced training course on remote sensing SEBS - Surface Energy Balance System for estimation of turbulent heat fluxes and evapotranspiration », 2009, *International Institute for Geo-Information Science and Earth Observation (ITC), Enschede, The Netherlands B_SU@ITC.NL, www.itc.nl/wrs*.
- [67] J. Wu, S. Zhang, H. Wu, S. Liu, Y. Qin, et J. Qin, « Actual Evapotranspiration in Suli Alpine Meadow in Northeastern Edge of Qinghai-Tibet Plateau, China », *Adv. Meteorol.*, vol. 2015, p. 1-10, 2015, doi: 10.1155/2015/593649.
- [68] B. Silva Oliveira, E. Caria Moraes, M. Carrasco-Benavides, G. Bertani, et G. Augusto Verola Mataveli, « Improved Albedo Estimates Implemented in the METRIC Model for Modeling Energy Balance Fluxes and Evapotranspiration over Agricultural and Natural Areas in the Brazilian Cerrado », *Remote Sens.*, vol. 10, n° 8, p. 1181, juill. 2018, doi: 10.3390/rs10081181.
- [69] J. W. Taylor *et al.*, « Aerosol influences on low-level clouds in the West African monsoon », *Atmospheric Chem. Phys.*, vol. 19, n° 13, p. 8503-8522, juill. 2019, doi: 10.5194/acp-19-8503-2019.
- [70] G. Pante, P. Knippertz, A. H. Fink, et A. Kniffka, « The potential of increasing man-made air pollution to reduce rainfall over southern West Africa », *Atmospheric Chem. Phys.*, vol. 21, n° 1, p. 35-55, janv. 2021, doi: 10.5194/acp-21-35-2021.
- [71] M. Maranan, A. H. Fink, et P. Knippertz, « Rainfall types over southern West Africa: Objective identification, climatology and synoptic environment », *Q. J. R. Meteorol. Soc.*, vol. 144, n° 714, p. 1628-1648, juill. 2018, doi: 10.1002/qj.3345.
- [72] S. P. C. Yeboua, Y. N«Goran, et K. Konan, « Classification of Hourly Clearness Index of Solar Radiation in the District of Yamoussoukro », *Energy Power Eng.*, vol. 11, n° 05, p. 220-231, 2019, doi: 10.4236/epe.2019.115014.
- [73] T. R. Ayodele et A. S. O. Ogunjuyigbe, « Prediction of monthly average global solar radiation based on statistical distribution of clearness index », *Energy*, vol. 90, p. 1733-1742, oct. 2015, doi: 10.1016/j.energy.2015.06.137.
- [74] J. Moorhead *et al.*, « Evaluation of Sensible Heat Flux and Evapotranspiration Estimates Using a Surface Layer Scintillometer and a Large Weighing Lysimeter », *Sensors*, vol. 17, n° 10, p. 2350, oct. 2017, doi: 10.3390/s17102350.
- [75] S. Goswami, J. Gamon, S. Vargas, et C. Tweedie, « Relationships of NDVI, Biomass, and Leaf Area Index (LAI) for six key plant species in Barrow, Alaska », *PeerJ PrePrints*, preprint, mars 2015. doi: 10.7287/peerj.preprints.913v1.
- [76] X. Liu, J. Xu, X. Zhou, W. Wang, et S. Yang, « Evaporative fraction and its application in estimating daily evapotranspiration of water-saving irrigated rice field », *J. Hydrol.*, vol. 584, p. 124317, mai 2020, doi: 10.1016/j.jhydrol.2019.124317.
- [77] J. Timmermans, Z. Su, C. Van Der Tol, A. Verhoef, et W. Verhoef, « Quantifying the uncertainty in estimates of surface-atmosphere fluxes through joint evaluation of the SEBS and SCOPE models », *Hydrol. Earth Syst. Sci.*, vol. 17, n° 4, p. 1561-1573, avr. 2013, doi: 10.5194/hess-17-1561-2013.

- [78] J. L. Chávez, C. M. U. Neale, J. H. Prueger, et W. P. Kustas, « Daily evapotranspiration estimates from extrapolating instantaneous airborne remote sensing ET values », *Irrig. Sci.*, vol. 27, n° 1, p. 67-81, nov. 2008, doi: 10.1007/s00271-008-0122-3.
- [79] T. Fetzer, J. Vanderborght, K. Mosthaf, K. M. Smits, et R. Helmig, « Heat and water transport in soils and across the soil-atmosphere interface: 2. Numerical analysis », *Water Resour. Res.*, vol. 53, n° 2, p. 1080-1100, févr. 2017, doi: 10.1002/2016WR019983.
- [80] D. P. Ariyanto, Z. A. Qudsi, Sumani, W. S. Dewi, Rahayu, et Komariah, « The dynamic effect of air temperature and air humidity toward soil temperature in various lands cover at KHDTK Gunung Bromo, Karanganyar - Indonesia », *IOP Conf. Ser. Earth Environ. Sci.*, vol. 724, n° 1, p. 012003, avr. 2021, doi: 10.1088/1755-1315/724/1/012003.
- [81] J. E. Moorhead, « Field-Scale Estimation of Evapotranspiration », in *Advanced Evapotranspiration Methods and Applications*, D. Bucur, Éd., IntechOpen, 2019. doi: 10.5772/intechopen.80945.
- [82] M. M. Rahman, W. Zhang, et K. Wang, « Assessment on surface energy imbalance and energy partitioning using ground and satellite data over a semi-arid agricultural region in north China », *Agric. Water Manag.*, vol. 213, p. 245-259, mars 2019, doi: 10.1016/j.agwat.2018.10.032.
- [83] Y. Su *et al.*, « Quantifying the biophysical effects of forests on local air temperature using a novel three-layered land surface energy balance model », *Environ. Int.*, vol. 132, p. 105080, nov. 2019, doi: 10.1016/j.envint.2019.105080.
- [84] V. Raman, M. Kumar, A. Sharma, D. Froehlich, et A. Matzarakis, « Quantification of thermal stress abatement by trees, its dependence on morphology and wind: A case study at Patna, Bihar, India », *Urban For. Urban Green.*, vol. 63, p. 127213, août 2021, doi: 10.1016/j.ufug.2021.127213.
- [85] A. M. D. R. F. Jardim *et al.*, « Monitoring Energy Balance, Turbulent Flux Partitioning, Evapotranspiration and Biophysical Parameters of *Nopalea cochenillifera* (Cactaceae) in the Brazilian Semi-Arid Environment », *Plants*, vol. 12, n° 13, p. 2562, juill. 2023, doi: 10.3390/plants12132562.
- [86] A. Abdolghafoorian et L. Farhadi, « Estimation of Surface Turbulent Fluxes From Land Surface Moisture and Temperature Via a Variational Data Assimilation Framework », *Water Resour. Res.*, vol. 55, n° 6, p. 4648-4667, juin 2019, doi: 10.1029/2018WR024580.

Etude sociologique de la boisson non alcoolisée à base de mil « zoomkoom » en Côte d'Ivoire: Typologie des producteurs et des consommateurs

[Sociological study of the millet-based soft drink « zoomkoom » in Côte d'Ivoire: Typology of producers and consumers]

Djedji Bapo Alice Anne-Marie Ahiman, Doudjo Soro, and Emmanuel Nogbou Assidjo

UMRI 58, Laboratoire des Procédés Industriel et de Synthèse de l'Environnement (LAPISEN) Ecole Doctorale Polytechnique, Institut National Polytechnique Félix Houphouët BOIGNY, Yamoussoukro, Côte d'Ivoire

Copyright © 2024 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: Millet, widely got in human food especially in Africa is used both in the preparation of dishes and in that of alcoholic beverages or not such as zoomkoom. However, there is no scientific data in Côte d'Ivoire on the actors of the production and consumption of zoomkoom. The objective of this work is therefore to make their typology. We surveyed 34 producers and 118 consumers. It shows that in Côte d'Ivoire, the producers of zoomkoom are 60% Burkinabe and Ivorian women from the North, over thirty years old (74%). They are 86% school dropout but make the production of the zoomkoom a full trade. 67% of producers transform 1 to 5 kg of millet daily and 87% of them have at least ten years' experience. As for consumers, 68% are men from the North of Côte d'Ivoire and the sub-region. They are over twenty years old at 92%, and drink around 50cl of zoomkoom daily (27%). Zoomkoom lovers are of various trades and consume this drink for cultural reasons and for taste.

KEYWORDS: consumer, local beverage, producer, typology, zoomkoom.

RESUME: Le mil (*Pennisetum glaucum*), est beaucoup utilisé en alimentation humaine en Afrique. Il intervient aussi bien dans la confection des mets que dans celle des boissons alcoolisées ou non tel que le *zoomkoom*. Cependant, il n'existe aucune donnée scientifique en Côte d'Ivoire sur les acteurs de la production et de la consommation du *zoomkoom*. L'objectif donc de ce travail est de faire leur typologie. Nous avons enquêté 34 productrices et 118 consommateurs. Il en ressort qu'en Côte d'Ivoire, les producteurs du *zoomkoom* sont à 60% de femmes Burkinabés et Ivoiriennes du Nord, de plus de trente ans (74%). Elles sont à 86% déscolarisées mais font de la production du *zoomkoom* un métier à part entière (67%). Elles transforment quotidiennement entre 1 à 5 kg de mil. 87% d'entre elles ont une expérience d'au moins dix ans. Quant aux consommateurs, ils sont composés des hommes originaires du Nord de la Côte d'Ivoire et de la Sous-région (68%). Ils sont âgés de plus de vingt ans à 92%, et 27% d'entre eux boivent environ 50 cl de *zoomkoom* quotidiennement. Les amateurs de *zoomkoom* sont de divers corps de métiers et consomment cette boisson pour des raisons culturelles et pour le goût.

MOTS-CLEFS: boisson locale, consommateur, producteur, typologie, zoomkoom.

1 INTRODUCTION

Les grains de mil [*Pennisetum glaucum* (L.) R. Br.] sont très utilisés dans l'alimentation en Afrique et en Inde où environ 95% de la production sont consommés [1]. En Afrique et particulièrement en Côte d'Ivoire, les grains de mil sont transformés en couscous, bouillie, pâte, beignets [2]. Cette céréale est également utilisée pour produire des boissons locales alcoolisées tels que le *tchapalo* [3] ou des boissons non alcoolisées tels que le *zoomkoom*.

Le *zoomkoom* est une boisson non fermentée mais fermentescible produite de façon traditionnelle par des femmes à partir de la farine de mil, du gingembre, du tamarin, de la menthe et du sucre essentiellement [4]. D'autres ingrédients tels que la menthe, le riz, l'anis, la noix de muscade, le poivre et le piment sec peuvent être ajoutés selon chaque productrice. Cette boisson se consomme à l'état frais ou avec de la glace. Sa conservation se fait généralement au réfrigérateur à 6°C environ.

Originellement une boisson très consommée au Burkina Faso, le *zoomkoom* s'est fortement répandu en Côte d'Ivoire sous l'effet de l'exode des populations et semble d'ailleurs être très apprécié par un public largement diversifié [5]. De coutume, le *zoomkoom* est la première boisson présentée aux visiteurs dans certaines contrées [6]. Il est servi à l'étranger pour se rafraîchir et lui souhaiter la bienvenue. C'est une boisson qui est au cœur des cérémonies et réjouissances populaires (mariage, baptême, initiation, funérailles). A ce titre il joue un rôle socio-culturel et économique très important [12].

Ainsi, le développement des produits locaux est devenu indispensable pour l'évolution des habitudes de consommation [7], [8].

Malheureusement, le constat est que très peu de données existent sur les caractéristiques sociologiques liées à la production et la consommation du *zoomkoom* [9] en Côte d'Ivoire. Cette quasi-absence de données scientifiques sur les acteurs impliqués dans la production et la consommation du *zoomkoom*, principalement en Côte d'Ivoire, montre l'intérêt de cette étude. L'objectif de ce travail est donc de faire la typologie des productrices et consommateurs du *zoomkoom* pour une meilleure maîtrise de ces acteurs en Côte d'Ivoire.

2 MATERIELS ET METHODE

La démarche méthodologique de cette étude a consisté à sillonner les quatorze chefs-lieux de district de la Côte d'Ivoire, à interroger les productrices et consommateurs du *zoomkoom* à l'aide d'un questionnaire préalablement établi et à exploiter les données collectées.

2.1 MATERIEL DE L'ETUDE

Nos cibles sont les acteurs intervenant dans la production et la consommation du *zoomkoom*.

2.2 ENQUÊTE SOCIOLOGIQUE

Nous avons procédé par la méthode de sondage Boule de Neige pour retrouver les productrices de la boisson *zoomkoom* puisqu'il n'existe pas de groupement de productrice de *zoomkoom*.

En effet, nous nous sommes rendus dans les gares routières qui sont les lieux de prédilection de vente du *zoomkoom*. En retrouvant les vendeuses, nous avons pu remonter aux productrices. Nous les avons approchés pour un entretien à l'aide d'un questionnaire préalablement établi.

Quant aux consommateurs, nous avons approché la population présente sur les marchés et dans les gares routières de façon aléatoire pour un entretien à l'aide d'un second questionnaire puisque c'est à ces endroits que nous avons trouvé les vendeuses de *zoomkoom* dans chacune des villes que nous avons parcourues.

2.2.1 QUESTIONNAIRES

Pour répondre aux objectifs de l'enquête, deux questionnaires ont été élaborés. L'un à l'endroit des producteurs et l'autre destiné aux consommateurs. Le questionnaire conçu pour les productrices est axé sur des indicateurs mettant en exergue leur origine, leur niveau scolaire, leur expérience dans le métier, les ingrédients utilisés et leur accessibilité, la quantité de boisson vendue, le temps de conservation et la période de haute vente.

Quant au questionnaire conçu pour les consommateurs, nous avons mis l'accent sur l'origine des consommateurs, leur niveau d'étude, la fréquence et la motivation de leur consommation, l'accessibilité de la boisson, l'appréciation des consommateurs sur le goût et la qualité du *zoomkoom*.

2.2.2 TRAITEMENT DES DONNÉES

Les données recueillies ont été analysées par le logiciel Microsoft Excel 2007.

3 RESULTATS ET DISCUSSION

3.1 RESULTATS

Les résultats présentés sont issus de l'enquête réalisée dans les quatorze districts de la Côte d'Ivoire. Les districts dans lesquels la boisson *zoomkoom* est la plus produite sont le Bas-Sassandra précisément dans les villes de Soubré et San-Pédro. Ensuite le district du Goh-Djiboua notamment dans les villes de Divo et Gagnoa et le district autonome d'Abidjan suivent, comme l'illustre la figure 1.

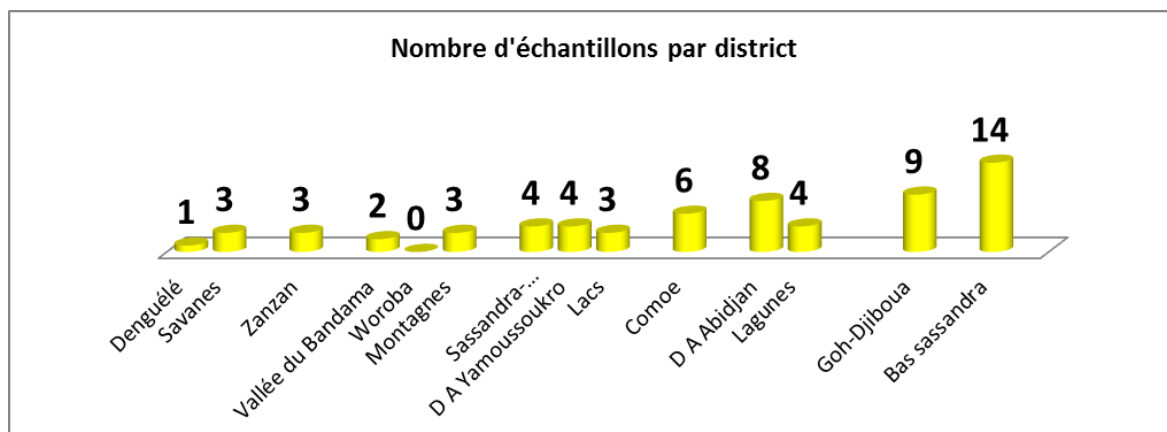


Fig. 1. Nombre d'échantillons de ZOOMKOOM par district

3.1.1 ENQUÊTE DES PRODUCTEURS

La plupart des productrices (74%) sont âgées de plus de 30 ans, 23% ont entre 21-30 ans et 3% ont moins de 20 ans (figure 2).

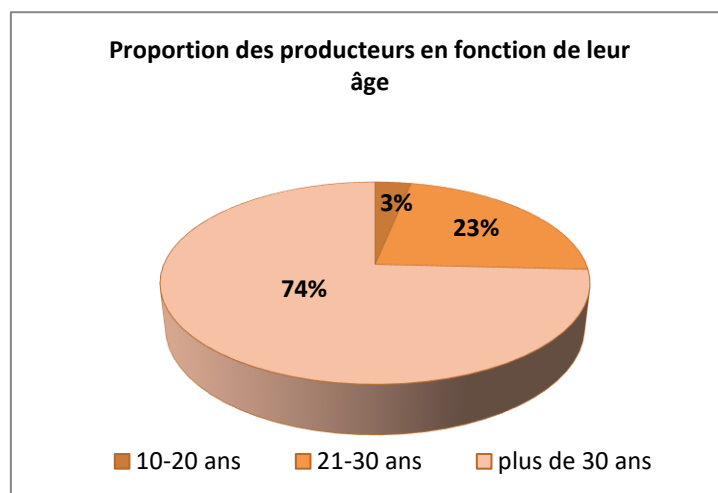


Fig. 2. Age des producteurs

Les acteurs de la transformation du mil en *zoomkoom* sont toutes des femmes (figure 3).

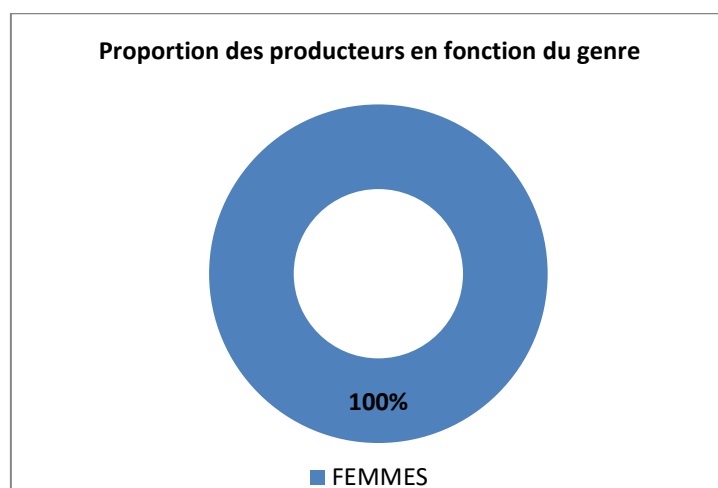


Fig. 3. Genre des producteurs

Elles sont en majorité originaires du Burkina Faso (34,5%) et du Nord de la Côte d'Ivoire (27,6%); 13,8% des productrices viennent de l'Ouest de la Côte d'Ivoire et 10,3% d'entre elles viennent du Mali. Le reste des transformatrices sont équitablement réparties entre le Centre (6,9%) et l'Est (6,9%) de la Côte d'Ivoire (figure 4).

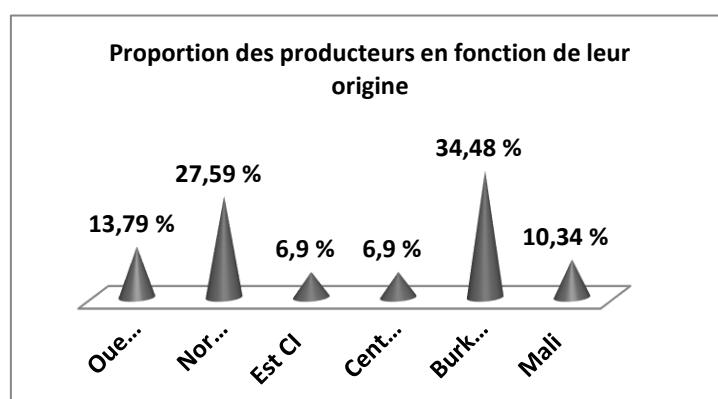


Fig. 4. Origine des productrices

Parmi ces femmes, 86,7% d'entre elles produisent la boisson depuis plus de 10 ans et en ont fait un métier à part entière (figure 5).

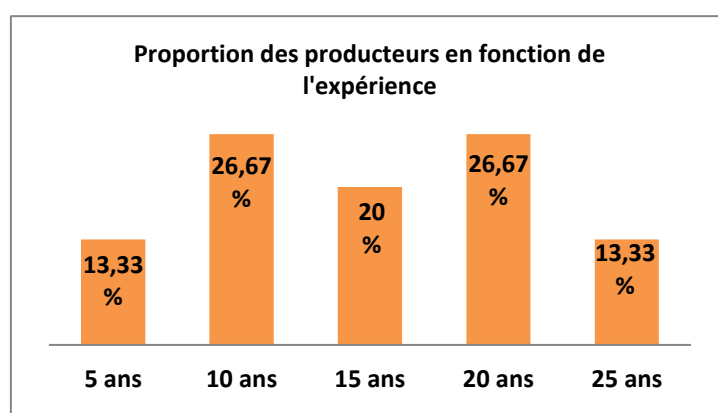


Fig. 5. Ancienneté des productrices

L'enquête a révélé que 86% de ces productrices ne sont pas scolarisées. Néanmoins 11% des productrices ont le niveau secondaire et 3% d'entre elles ont le niveau primaire (figure 6).

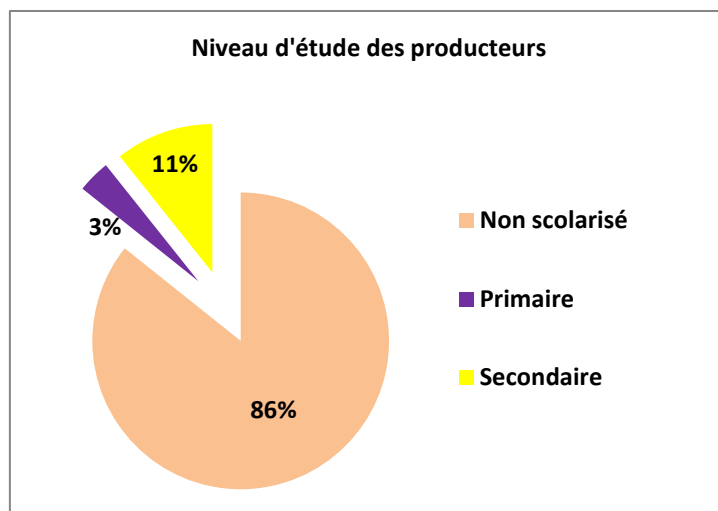


Fig. 6. Niveau d'étude des productrices

Pour les 2/3 des productrices (67%), elles produisent le zoomkoom chaque jour quant au 33% restantes, elles produisent le zomkom au moins une fois par semaine (figure 7).

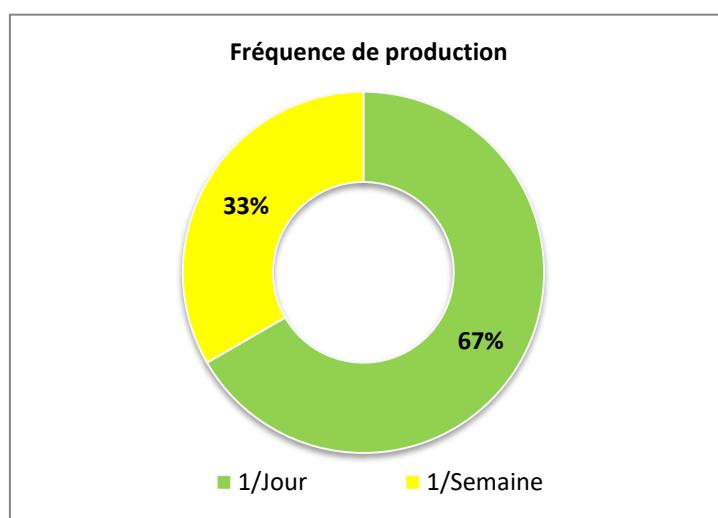


Fig. 7. Fréquence de production du jus

Toutes les femmes rencontrées (100%) transforment entre 1kg et 5kg de mil par production. Les ingrédients les plus utilisés sont: le riz, le gingembre, le tamarin et la menthe. Tous ces ingrédients sont facilement accessibles tout au long de l'année.

3.1.2 ENQUÊTE DES CONSOMMATEURS

L'enquête consommateur a porté sur cent dix-huit (118) personnes. Contrairement aux productrices, les consommateurs sont en grande partie des hommes (68%). Les 32% restant sont des femmes (figure 8).

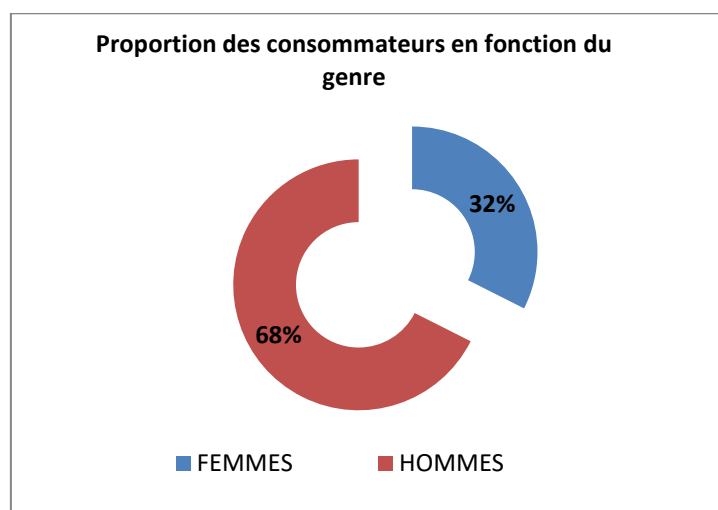


Fig. 8. Genre des consommateurs

50% des consommateurs ont une tranche d'âge comprise entre 20-30 ans; 42,1% d'entre eux ont plus de 30 ans et 7,9% ont moins de 20 ans (figure 9).

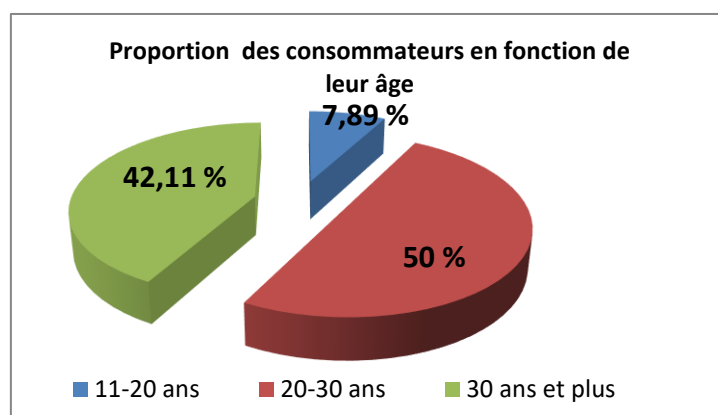


Fig. 9. Age des consommateurs

L'enquête a révélé que 44% des consommateurs de *zoomkoom* sont originaires du Nord de la Côte d'Ivoire, 28% viennent de la Sous-région (Mali, Niger, Burkina Faso), 14% sont issus de l'Ouest de la Côte d'Ivoire, 8% proviennent de l'Est et 6% du centre (figure 10).

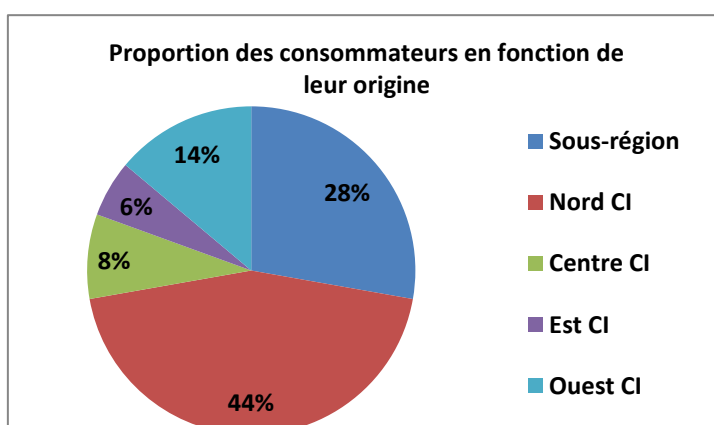


Fig. 10. Origine des consommateurs

Ces consommateurs sont également non scolarisés en grande partie (61%) mais font des métiers tels que la mécanique, le transport, le commerce, la coiffure. Cependant, 27% des consommateurs ont un niveau du cycle supérieur, 9% d'entre eux sont au secondaire et 3% au primaire (figure 11).

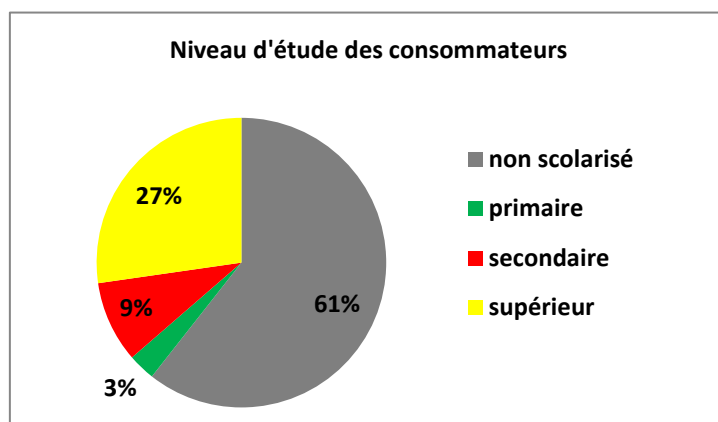


Fig. 11. Niveau d'étude des consommateurs

39% des consommateurs boivent le zoomkoom au moins une fois par semaine tandis que 28% d'entre eux consomment cette boisson au moins une fois par jour; Cependant 33% de ceux-ci consomment le zoomkoom au moins une fois par mois (figure 12).

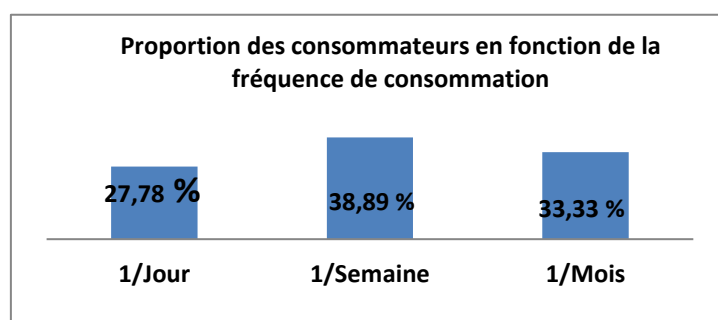


Fig. 12. Fréquence de consommation

Les quantités de boisson habituellement consommées sont à 54% celles conditionnées en 50 cl et à 46% celles conditionnées en 33 cl (figure 13).

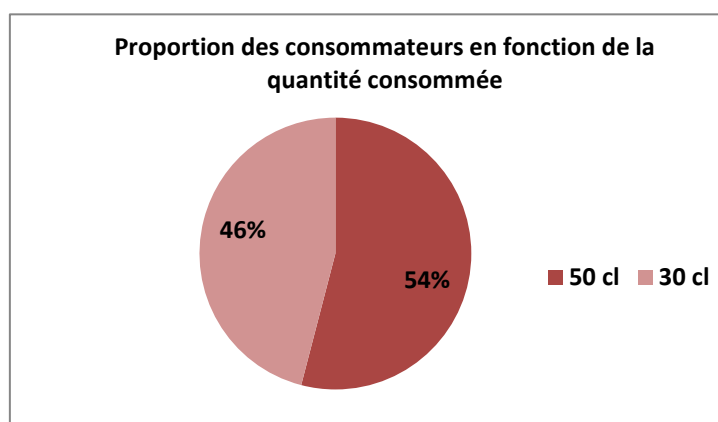


Fig. 13. Quantité habituellement consommée

D'après l'enquête réalisée, 38,2% des consommateurs boivent le *zoomkoom* pour le goût qu'ils trouvent agréable; 29,4% le consomment juste par curiosité; 20,6% d'entre eux prennent cette boisson par habitude car ils la consomment depuis leur jeune âge et 11,8% aime le *zoomkoom* par soucis de valorisation des produits locaux (figure 14).

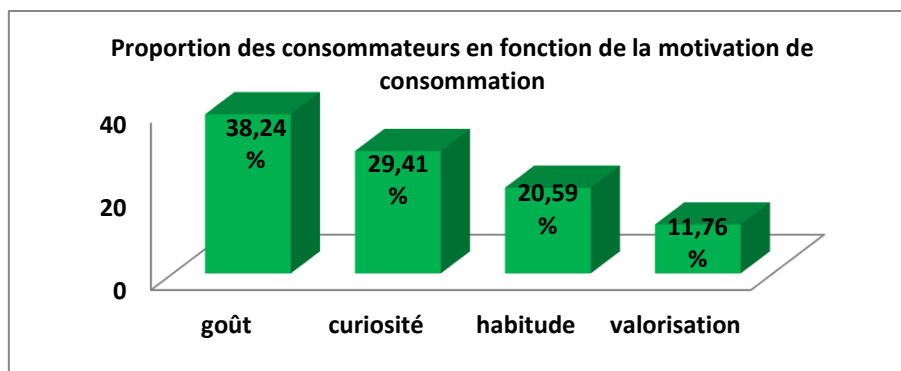


Fig. 14. Motivation de consommation

Plusieurs enquêtés trouvent que le *zoomkoom* est une boisson agréable (31%), énergisante (31%), digestive (20,7%), lactogène (13,8%). Cependant, 3,4% disent que le *zoomkoom* ne leur apporte rien de particulier (figure 15).

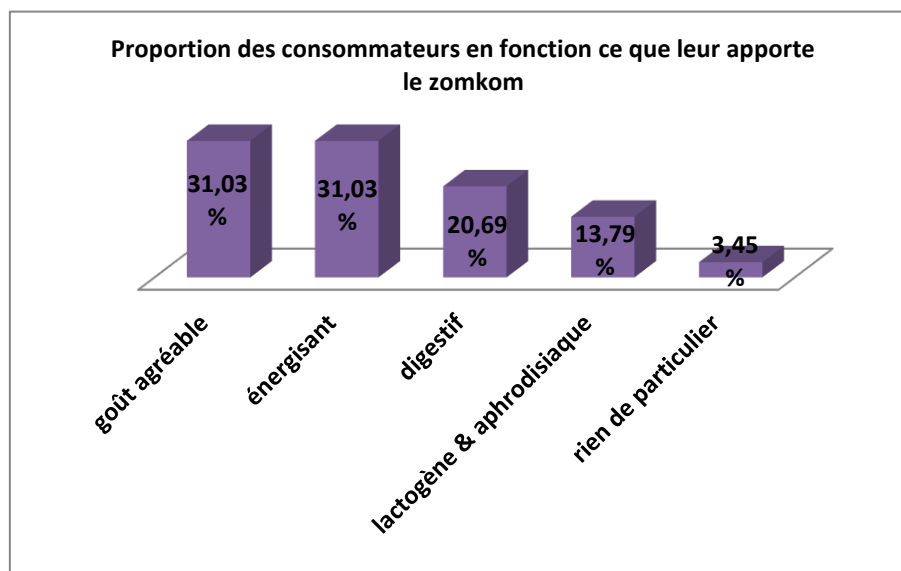


Fig. 15. Apport du jus aux consommateurs

3.2 DISCUSSION

3.2.1 ENQUÊTE DES PRODUCTEURS

Le *zoomkoom* est une boisson qui tire ses origines du Burkina Faso. Cette appellation provient de la langue Moré qui signifie l'eau de farine (zoom: farine, koom: eau). En effet, dans la culture du peuple Burkinabé cette boisson est offerte à l'étranger en signe de bienvenue. La proximité du nord de la Côte d'Ivoire avec le Burkina Faso et la forte production du mil dans cette région a favorisé l'adoption du *zoomkoom* par la population autochtone. C'est bien la raison pour laquelle la majeure partie des productrices et des consommateurs vient du nord de la Côte d'Ivoire. Cependant, la curiosité pousse d'autres ivoiriens à la consommation et à la production du *zoomkoom*. Plusieurs productrices n'étaient pas originaires du Nord de la Côte d'Ivoire mais elles ont appris le métier avec une connaissance qui est Burkinabè ou originaire du Nord de la Côte d'Ivoire. Par ailleurs, avec l'exode des populations, la production du *zoomkoom* s'est répandue sur tout le territoire national même dans les zones où le mil n'est pas produit en grande quantité. En outre, le Burkina Faso est fortement représenté en Côte d'Ivoire à travers ses ressortissants [10] C'est le cas de la région Sud-Ouest avec les villes de San-Pédro, Soubré, Gagnoa et Divo où nous avons

trouvé le plus grand nombre de commerçantes de *zoomkoom*. En effet, cette région renferme un grand nombre de Burkinabès venus travailler dans les plantations de café et cacao. Ils ont dans un premier temps apporté leur culture avec eux qui a fini par s'ingérer dans les habitudes alimentaires des Ivoiriens. Ainsi de plus en plus le *zoomkoom* s'est répandu dans diverses localités de la Côte d'Ivoire. Egalement, la production du *zoomkoom* est entièrement dédiée aux femmes. En effet, tous les acteurs de la production rencontrés sont des femmes. C'est également le cas des productrices de tchapalo en Côte d'Ivoire [3]. La majeure partie d'entre elles n'est pas scolarisée. En effet, ces productrices appartiennent à une communauté où la femme est éduquée pour tenir le foyer. Elles ne sont donc pas scolarisées et le commerce du *zoomkoom* constitue une source de revenu pour elles. Ce sont pour la plupart des femmes contribuant aux charges familiales et espérant réaliser leurs ambitions par une activité rémunératrice. C'est un métier qui s'apprend dès le bas âge avec les parents. Certaines ont jusqu'à 25 ans d'expérience dans la production de boisson locale en général et du *zoomkoom* en particulier. En outre, les deux tiers (2/3) des transformatrices de mil en *zoomkoom* produisent quotidiennement la boisson vu sa rapidité de péremption et n'utilisent pas plus de 5kg de mil pour une production. Ces résultats concordent avec ceux de [9], sur l'étude réalisée sur les productrices de *zoomkoom* au Burkina où les résultats révèlent que 80% de ces productrices transforme entre 1 et 5kg de mil par jour. Ce sont de petites productrices et ne font pas exclusivement que le *zoomkoom* mais produisent également d'autres boissons locales telles que le *bissap* (*Hibiscus Sabdariffa*), le *gnamacoudji* (*Zingiber officinale*), le *tomydji* (*Tamarindus indica*) * etc.

3.2.2 ENQUÊTE CONSOMMATEURS

Quant aux consommateurs, ce sont en majorité des hommes. En effet, une croyance superstitieuse affirme que le *zoomkoom* serait aphrodisiaque. De ce qui est vérifié, cette boisson à base de mil est hautement énergisante et tonifiante [11]. La preuve en est qu'elle est très appréciée des hommes fournissant beaucoup d'efforts comme les garagistes, les chauffeurs, les dockers etc. Cependant, une partie non négligeable n'appartenant pas à ce milieu consomme régulièrement le *zoomkoom* tels que les commerçants, les étudiants, les travailleurs. En somme, les consommateurs de *zoomkoom* sont de diverses classes sociales comme le stipule Soma Massieke au Burkina [9].

Par ailleurs, la majeure partie d'entre eux l'ont consommé depuis l'enfance. La régularité de la consommation est beaucoup plus culturelle. C'est la raison qui explique pourquoi la majeure partie des consommateurs sont originaire du Nord de la Côte d'Ivoire et de la Sous-région en l'occurrence le Burkina Faso, le Mali et le Niger où la production de mil est abondante. En second lieu vient la curiosité comme motivation de consommation. Certains consommateurs ont goûté le *zoomkoom* pour la première fois à des cérémonies de mariage ou lors d'une visite et ne se sont plus en passés. Cette assertion est confirmée par [9]. Ceux-ci affirment qu'ils ont été séduits par le goût et l'aspect désaltérant de cette boisson. En effet, le mil procure un parfum assez agréable à la boisson et le tamarin de par ses vertus digestives apporte une sensation de bien-être lors de la consommation. Le *gingembre* ajoute du piquant qui relève le goût du mil. Le citron et la menthe apportent une dose de fraîcheur. Ce cocktail est très apprécié des consommateurs réguliers si bien que pendant la haute saison de vente qui est le mois du Ramadan, le nombre de productrice de *zoomkoom* se multiplie. Les vendeuses se trouvent à chaque coin de rue.

4 CONCLUSION

Cette enquête sociologique nous a permis de connaître les caractéristiques des personnes habituées à la production du *zoomkoom* et à sa consommation. Les productrices sont originaires en majorité du Nord de la Côte d'Ivoire, du Burkina Faso et du Mali. Elles n'ont pas été scolarisées pour la plupart et font ce métier depuis la tendre enfance pour subvenir à leurs besoins. Les consommateurs quant à eux, sont de divers ordres mais proviennent principalement du Nord de la Côte d'Ivoire et de la Sous-région. La consommation du *zoomkoom* est d'abord culturelle. Cependant, la curiosité et le souci de valorisation des produits locaux entraînent d'autres peuples à intégrer cette habitude alimentaire dans leur quotidien, raison pour laquelle la production du *zoomkoom* se développe de plus en plus sur tout le territoire ivoirien.

REFERENCES

- [1] B. Bekoye, « Caractérisation chimique et minérale des grains de mil [*Pennisetum glaucum* (L.) R. Br.] de Côte d'Ivoire », *International Journal of Biological and Chemical Sciences*, vol. 5, n° 5, p. 2039, mai 2012.
- [2] N.-A. E. B. Zita, S. Doudjo, A. Sadat, A. K. David, et A. N. Emmanuel, « Evaluation Des Caracteristiques Physico-Chimiques Et Microbiologiques D'un Beignet Traditionnel A Base De Mil Fermente (Gnomy) Commercialise Dans La Ville De Yamoussoukro (Cote D'ivoire) », *ESJ*, vol. 13, n° 9, mars 2017.
- [3] A. Solange *et al.*, « Production Et Consommation Du Tchapalo À Abidjan : Typologie Des Brasseuses Et Des Consommateurs », *ESJ*, vol. 13, n° 1, p. 148, janv. 2017.
- [4] M. Soma *et al.*, « Improvement of nutritional, sanitary and organoleptic qualities of liquid zoom-koom and instant flour zoom-koom using *Lactobacillus fermentum* starter culture », *Afr. J. Biotechnol.*, vol. 18, n° 9, p. 181-196, févr. 2019.
- [5] F. W. Tapsoba, H. Sawadogo-Lingani, D. Kabore, S. Zongo, D. Compaore-Sereme, et M. H. Dicko, « Controlled fermentation of the zoom-koom dough using two isolates of lactic acid bacteria (LAB 1 and LAB 5) as starter cultures: Effect on hygienic, rheological, nutritional and sensorial characteristics of the final product », *Afr. J. Biotechnol.*, vol. 17, n° 5, p. 96-107, janv. 2018.
- [6] A. Tankoano *et al.*, « LES ASPECTS TECHNOLOGIQUES, MICROBIOLOGIQUES ET NUTRITIONNELS DES ALIMENTS FERMENTES A BASE DE LAIT ET DE MIL EN AFRIQUE DE L'OUEST. », *IJAR*, vol. 5, n° 8, p. 1509-1526, août 2017.
- [7] H. S. Soleil, K. Minzangi, et K. K. Mireille, « Evaluation chimique et microbiologique des boissons locales nouvellement introduites et produites par la population du Sud-Kivu: cas des groupements de KATANA et BUGORHE », vol. 8, n° 2, p. 7, 2014.
- [8] C. Broutin, « Investir dans les boissons naturelles, les pistes artisanales à explorer », 2012.
- [9] A. A. R. S. Massieke *et al.*, « Etude sur la capacité de production, du circuit de commercialisation et de la consommation du zoom-koom vendu dans la ville de Ouagadougou au Burkina Faso », *International Journal of Biological and Chemical Sciences*, vol. 11, n° 5, p. 2294, janv. 2018.
- [10] M. Zongo, « La diaspora Burkinabè en Côte d'Ivoire: trajectoire historique, recomposition des dynamiques migratoires et rapport avec le pays d'origine », p. 15, 2003.
- [11] R. Kumari, S. Bhatt, H. Agrawal, V. Dadwal, et M. Gupta, « Effect of fermentation conditions on nutritional and phytochemical constituents of pearl millet flour (*Pennisetum glaucum*) using response surface methodology », *Applied Food Research*, vol. 2, n° 1, p. 100055, juin 2022.
- [12] S. Aka (2008). Variabilité des propriétés physico-chimiques et dénombrement de la flore fermentaire du tchapalo, une bière traditionnelle de sorgho en Côte d'Ivoire. *Afrique Science*. Volume 02. Numéro 04. Pp. 274-286.

