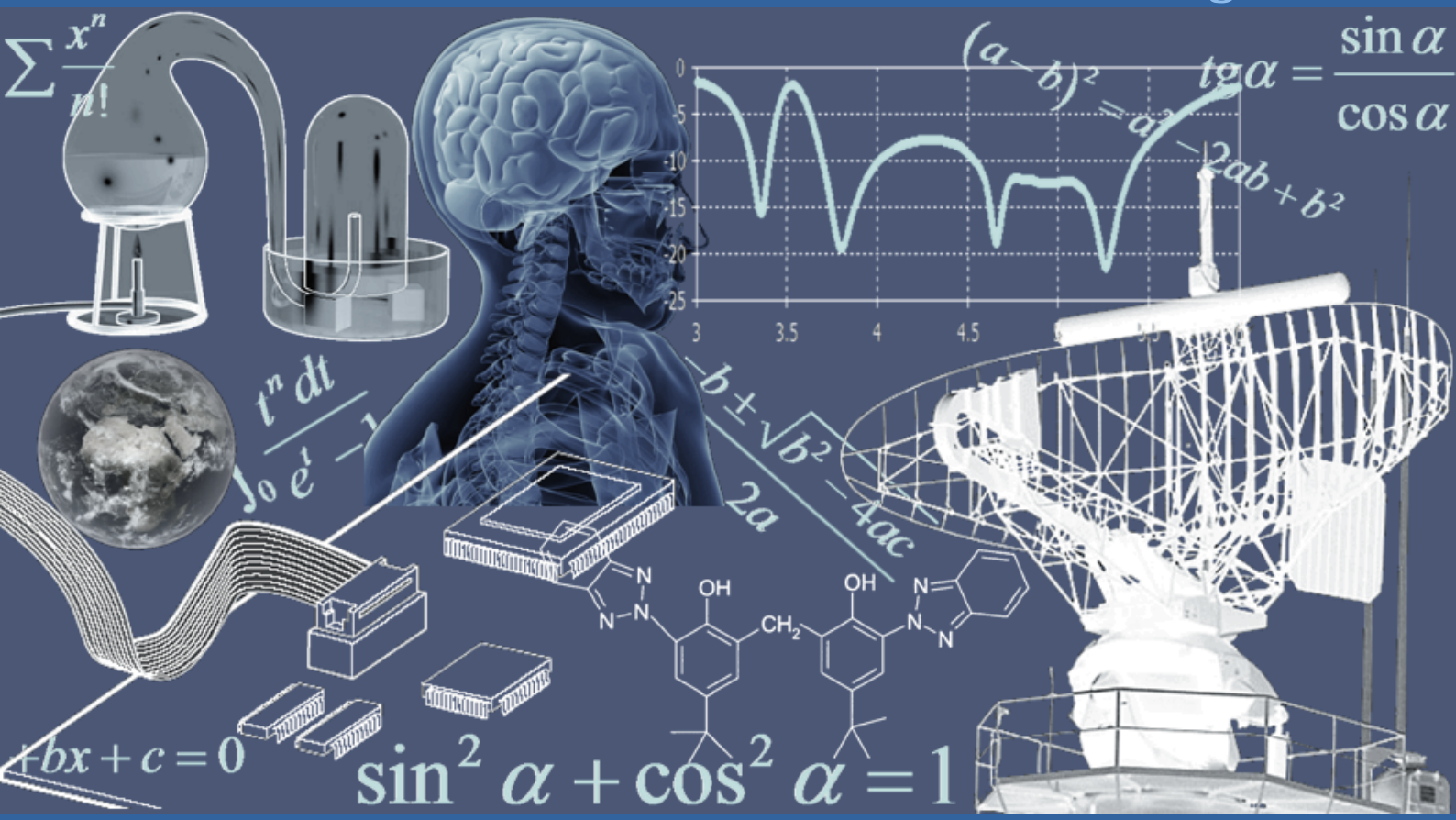
ISSN: 2028-9324
CODEN: IJIABO
Impact Factor: 4.279

INTERNATIONAL JOURNAL OF INNOVATION AND APPLIED STUDIES

Vol. 27 N. 1 August 2019



International Peer Reviewed Monthly Journal

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

International Journal of Innovation and Applied Studies

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

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

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

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

Editorial Advisory Board

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

Table of Contents

Parámetros del diseño metodológico para el desarrollo de una APP como herramienta para incentivar el aprendizaje de los niños con problemas de autismo de manera visual y entretenida para uso de una fundación de ayuda social 1-10

Miriam Elizabeth Peña González, Patricia María Marcillo Sánchez, Cesar Gabriel Barrionuevo De La Rosa, Milton Alexander Villegas Alava, and Francisco Jose Cedeño Moran

Qualité microbiologique du blé dur fermenté de Matmor Hamoum : Indispositions digestives, microflore avantageusement technologique et potentiels pathogènes 11-18

Moustapha Soungalo Drabo, Hafidha Khadem, Nour-eddine Benatmane, Abdelhak Ouhab, Mazouzi Fatma Zohra, Kheira Soualmi, and Boubakeur Badra

VARIABILITE CLIMATIQUE ET INFLUENCE SUR LES CULTURES MARAICHERES DANS LA ZONE PERIURBAINE DE BAFOUSSAM (OUEST - CAMEROUN) 19-32

DJUIDJE KAMOGNE Flore, Thierry Gaitan TCHUENGA SEUTCHUENG, and ABDOULAY MFEWOU

Pollution des eaux de surface par les éléments nutritifs et lien avec l'urbanisation à l'échelle des bassins versants de l'Okpara à Parakou (Bénin) 33-42

Maurille P. S. LANMANDJEKPOGNI, François de Paule CODO, and Benjamin K. YAO

Influence des caractéristiques des exploitants sur l'adoption des variétés améliorées de manioc à Kabare, province du Sud-Kivu dans l'Est de la RD Congo 43-53

Deckas GANZA, Nadège CIREZI, Alain HUART, Prince BARAKA, Jennifer BIRALI, Mzee KAZAMWALI, Isaac DIANSAMBU, Léonard MUBALAMA, Juan SÈVE, and Baudouin MICHEL

Utilisation du plan factoriel complet pour l'optimisation des conditions opératoires d'élimination du plomb par les charbons actifs issus des coques de noix de coco 54-64

Kouassi Narcisse ABOUA, Kossonou Roland N'GUETTIA, Moussa DIARRA, Kouadio DIBI, and Karim Sory TRAORE

Essai de réflexion sur l'évolution de la notion de l'Etat dans le temps 65-70

Rachid Othmani and Wadiaa Morchid

AVANT PROJET DE DIMENSIONNEMENT D'UN CHAUFFE-EAU SOLAIRE 71-87

KAZADI KATOMPA Aubin and NGELEKA MULAMBA Fontaine

Evolution spatio-temporelle des teneurs en nitrates dans les eaux souterraines du bassin versant de la Baya (Est Côte d'Ivoire) 88-97

Germain Kobenan N'GUETTIA, Jules Oi Mangoua Mangoua, Aristide Gountôh DOUAGUI, Kouassi Narcisse ABOUA, and Lanciné Droh GONE

Les limites de l'intégration européenne 98-105

Willy MBOMBO MANDEMBE

Profil des soins prénatals dans le district sanitaire de l'Equateur en République Démocratique du Congo 106-112

KALAM KAMB and Jacques MUNDA KALENGE

Etude des peuplements ligneux à Sterculia setigera (Del.) des terroirs de Malam Niani et Daoudi (Tambacounda, Sénégal) 113-121

Mamoudou Abdoul TOURE, Elhadji FAYE, Babacar KANE, Daouda NGOM, Samba Arona Ndiaye SAMBA, and Yaye Kène GASSAMA

Analyse floristique et phytogéographique de la végétation à l'Est du Parc National Conkouati-Douli (République du Congo) 122-132

Teva Juste Vivia KAMI, Jean-Marie MOUTSAMBOTE, Espoir Keigerlain NZOBADILA, and Rebecca ATENCIA

Forest Feeding Phenology of Pan troglodytes (chimpanzee) east of Conkouati-Douli National Park, Republic of Congo 133-145

Teva Juste Vivia KAMI, Jean-Marie MOUTSAMBOTE, Sofia Fdez-Navarro, Laura Darby, and Rebecca ATENCIA

The strategy of design thinking and its role in enhancing the competitive advantage of advertising organizations 146-164

Maysoon Mohamed Qutp, Samar Hany Abu Donia, and Eman El-Mohamedy El-Sayed

Mobile bin: Innovative approach to waste management during cultural and sporting events 165-170

NGAHA NGAHA Jean Adrien

Financial stress of the banking system and economic growth in WAEMU: Do the effects of monetary policy and public debt matter ? 171-177

Kpégo Didier Anatole GBENOU

Production de deux variétés de concombre (Cucumis sativus L.), POINSETT et F1 TOKYO, cultivées sur des sols amendés avec de la fiente de poulet et du lisier de porc 178-189

KOUAKOU Kouassi Joseph, GOGBEU Seu Jonathan, YAO Koffi Bertin, KONÉ Loua Serge Patrick, Sika Ahoua Edmond, and DOGBO Denezon Odette

Apport de bruit de fond dans la détection des défauts dans le moteur asynchrone 190-201

Mavuela Maniansa Richard

CIBLAGE DES AGREGATS ET CONDUITE DE LA POLITIQUE MONETAIRE EN RDC : UNE VERIFICATION EMPIRIQUE DE 2005 A 2017 202-234

Bobo B. KABUNGU, Pascaline NTABUGI BARAKOMERWA, and Water NSONGOLO SIKATOMISA

Pratiques pédagogiques des enseignants d'histoire-géographie et oubli chez les apprenants 235-244

Ati-Mola TCHASSAMA and Abouboukari BODI

Insertion vélamenteuse du cordon ombilical aux Cliniques Universitaires de Kisangani : A propos d'un cas 245-248

Taji Leki Sosthène, Kyembwa Mulyumba Michel, Mwetaminwa Sangani Georgette, and Katenga Bosunga Gédeon

CARACTERISTIQUES DE L'EVOLUTION SPATIO-TEMPORELLE DE HELICOVERPA ARMIGERA HÜBNER (LEPIDOPTERA - NOCTUIDAE) DANS LES ZONES DE PRODUCTION COTONNIERE DE COTE D'IVOIRE : IMPACT DU PROGRAMME DE GESTION DE LA RESISTANCE AUX PYRETHRINOÏDES 249-261

Germain Elisabeth Cynthia OCHOU, Koffi Christophe KOBENAN, Pitou Woklin Euloge KONE, Gouzou Juste Roland DIDI, Acka Emmanuel DICK, Dagnogo MAMADOU, and Ochou Germain OCHOU

Les investissements directs étrangers comme facteur de croissance économique au Cameroun : Quelle est la réalité ? 262-278

Moïse DJEPANG KOUAMO and Mohamadou ADAMOU HADJI

GOUVERNANCE MONETAIRE ET MESURE D'INDEPENDANCE DES BANQUES CENTRALES : REVUE THEORIQUE ET IDIOSYNCRASIE CONGOLAISE 279-294

Bobo B. KABUNGU

NIVEAU DE CONTAMINATION DES TOMATES (LYCOPERSICON ESCULENTUM P. MILL) ET DES CHOUX (BRASSICA OLERACEA L. VAR CAPITATA) PAR LES RESIDUS DE PESTICIDES 295-300

Moussa DIARRA, KOUADIO Léonce David, ABOUA Kouassi Narcissse, SORO Donafologo Baba, TRAORE Karim Sory, MAMADOU Koné, and Ardjouma DEMBELE

Evaluation des risques sanitaires liés à l'ingestion du nitrate de l'arsenic et mercure contenus dans les eaux souterraines d'un environnement minier aurifère 301-310

K. S. Konan, A. H. Y. Yapi, K. L. Akpetou, K. S. Gbamelé, D. L. Kouadio, and Bini Kouamé Dongui

Study of the Solar Potential and Five Meteorological Parameters (Climates) of the Nigerien City of Zinder: Case Study, Niger 311-322

Aboubacar ALI, Makinta BOUKAR, Ibrah SEIDOU SANDA, and Saïdou MADOUGOU

Différenciation morphologique entre deux souches naturelles et une souche cultivée du tilapia du Nil Oreochromis niloticus (Linnaeus, 1758) au Sud-Kivu, RD Congo 323-336

John NIHOREYE FAKAGE, Pascal Mulungula MASILYA, Mwapu Pascal ISUMBISHO, and Freddy OKITAYELA ONAWOMA

De l'accès des enfants handicapés à l'éducation dans la ville de Kolwezi en RD Congo 337-350

MAVUNGU MAVUNGU Roger

La littérature orale africaine contemporaine 351-361

Ekombe Ekofo Gertrude

Contribution à l'analyse des dimensions de la participation politique 362-368

Rachid Othmani and Wadiaa Morchid

Profil épidémiologique de l'hypertension artérielle en ville de Butembo (Est de la République Démocratique du Congo) : Du 1er Janvier 2017 au 31 Décembre 2018 369-376

Apollinaire Kahindo Saasita, André Kambale Maliro, Pélagie Kyakimwa Kahima, Augustin Kasereka Mutsunga, and Augustin Kambale Sivihwa

Conditions de travail et comportement pédagogique des instituteurs contractuels dans les zones d'éducation prioritaire : Etude menée dans l'arrondissement de Moutourwa 377-389

Chaffi W. Cyrille Ivan and Kengue Philippe

Etude du couplage entre tags RFID UHF à fort degré de confinement 401-409

Gbamélé K. Fernand, Ouatttara Y. Bérenger, Fofana Siaka, and Doumbia Issa

Etude de l'offre et du comportement alimentaires des adolescents dans les collèges privés et publics au Bénin : Cas de trois collèges à Cotonou 410-416

Darboux Aymeric Joaquin, Sossa Jerome Charles, and Falola Lionel Geldys

Diagnostic à la mi-saison sèche de l'état hydrique des drains du Sous-bassin versant du Kohodio à partir des images multispectrales de la génération Landsat de 1986 à 2018 417-430

Marc Youan Ta, NJEUGEUT MBIAFEU Amandine Carine, Adja Miessan Germain, KOUADIO Armel, DANUMAH Jean, JOURDA Jean Patrice, and N'GUESSAN Vami Herman

Quality assessment in vivo (wistar rats) of cereal flours enriched by sesame (Sesamum indicum) and moringa (Moringa oleifera) as weaning food 431-444

William Kwithony DISSEKA, Meuwiah Betty FAULET, Elvis Serge Gbocho EKISSI, Bedel Jean FAGBOHOUN, and Lucien Patrice KOUAME

Aboveground biomass production of different species of shrub and gramineae on two contrasting soil in Eastern Democratic Republic of Congo 445-455

Ntamwira Bagula Jules, Pyame Mwarabu Lolonga Dieudonne, Kanyenga Lubobo Antoine, Bembeleza Zihalirwa Emmanuel, Katunga Musale Dieudonne, and Dhed'a Djailo Benoit

International Journal of Innovation and Applied Studies
ISSN 2028-9324 Vol. 27 No. 1 Aug. 2019, pp. 1-10
© 2019 Innovative Space of Scientific Research Journals
http://www.ijias.issr-journals.org/

Parámetros del diseño metodológico para el desarrollo de una APP como herramienta para incentivar el aprendizaje de los niños con problemas de autismo de manera visual y entretenida para uso de una fundación de ayuda social

[Parameters of the methodological design for the development of an APP as a tool to encourage the learning of children with autism problems in a visual and entertaining way for the use of a foundation of social assistance]

Miriam Elizabeth Peña González[1], Patricia María Marcillo Sánchez[2], Cesar Gabriel Barrionuevo De La Rosa[2], Milton Alexander Villegas Alava[2], and Francisco Jose Cedeño Moran[2]

[1]Ingenieria en Networking y Telecomunicaciones,
Universidad de Guayaquil, Facultad de Ciencias Matemáticas Y físicas,
Guayaquil, Guayas, Ecuador

[2]Ingenieria en Sistemas Administrativos Computacionales,
Universidad de Guayaquil, Facultad de Ciencias Administrativas,
Guayaquil, Guayas, Ecuador

Copyright © 2019 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 project focuses on the development of an App for the use of teachers who attend to children who have problems with autism and who require technological reinforcement to route activities that will help to arouse interest and motivation in basic learning. the shapes and colors, this application will be instrumented in its menu with very specific activities that have been analyzed from the proper environment of teaching in the social aid foundation. The technological solution we offer will be developed with a process control based on the Scrum methodology. This work will show us the benefits that we will obtain when using technology to help children in an entertaining way to insert themselves in communication with other people using this mobile application.

KEYWORDS: application, Autism, learning, communication, Scrum.

1 INTRODUCCIÓN

1.1 ANTECEDENTES

Las primeras descripciones, consolidadas como relevantes, sobre lo que actualmente denominamos trastornos del espectro autista (TEA) corresponden a las publicaciones de Leo Kanner (1943) y Hans Asperger (1944). En la publicación inicial, donde describía magistralmente el cuadro clínico del autismo, recogió las observaciones sobre 8 niños y 3 niñas que le habían llamado poderosamente la atención. Estos 11 pacientes tenían en común las siguientes características.[1]

a. Incapacidad para establecer relaciones.
b. Alteraciones en el lenguaje, sobre todo como vehículo de comunicación social, aunque en 8 de ellos el nivel formal de lenguaje era normal o sólo ligeramente retrasado

Corresponding Author: Miriam Elizabeth Peña González

c. Insistencia obsesiva en mantener el ambiente sin cambios.

d. Aparición, en ocasiones, de habilidades especiales.

e. Buen potencial cognitivo, pero limitado a sus centros de interés.

f. Aspecto físico normal y "fisonomía inteligente".

g. Aparición de los primeros síntomas desde el nacimiento. Esta última observación llevó a Kanner a especular sobre las vagas nociones acerca de los componentes constitucionales de la reactividad emocional

Las habilidades sociales son un conjunto de capacidades que permiten el desarrollo de un repertorio de acciones y conductas que hacen que las personas se desenvuelvan en lo social.[2]. Estas habilidades son algo complejo ya que están formadas por un amplio abanico de ideas, pensamientos, creencias y valores que son fruto de aprendizajes y de experiencias. Todo esto va a provocar una gran influencia en las conductas y actitudes que tenga la persona en su relación e interacción con los demás.

Las personas con Autismo suelen fallar en esta competencia social de poder utilizar las diferentes claves visuales, las cuales son fundamentales en los contextos sociales que se desenvuelven (Especialmente la Escuela), y de esta manera viven padeciendo lo que para otros es una simple e involuntaria tarea cerebral.

Hay técnicas y métodos de enseñanzas especializados para los niños con autismo puesto que tienen una característica especial, que son aprendices visuales. Por este motivo se suele trabajar la relación imagen-objeto. Es por eso que el presente proyecto va a desarrollar una aplicación que posea las funcionalidades para que los niños con autismo puedan tener una herramienta que les permita aprender de una manera más entretenida.

1.2 CONCEPTOS

Trastorno del entorno autista (TEA): Se define como aquel sujeto que presenta deficiencias persistentes en la comunicación social y en su interacción en diversos contextos.[3]

Aplicación Móvil (APP): Una App es una aplicación de software que se instala en dispositivos móviles o tablets para ayudar al usuario en una labor concreta, ya sea de carácter profesional o de ocio y entretenimiento, a diferencia de una webapp que no es instalable y que requiere siempre estar conectados con una instalación wifi.

1.3 DEFINICIÓN DEL PROBLEMA

No existe en los centros de educación especial para niños con problemas de autismo en nuestro país suficientes herramientas acopladas al uso de las TIC´s que permitan que el proceso de enseñanza-aprendizaje para ellos sea más ágil y llevadero.

Muchas de las veces el uso de las tecnologías, en las instituciones no las implementan por falta de presupuestos, falta de conocimientos para su uso o falta de involucrarse y resistirse al cambio tecnológico que en los actuales momentos ya domina el planeta.

1.4 JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO

En este proyecto se orienta al desarrollo de una APP móvil como herramienta para incentivar de manera entretenida el aprendizaje de los niños con problemas de autismo que se encuentran en las Instituciones de ayuda social, fundaciones y padres de familia que requieran de un soporte tecnológico para guiar sus terapias, debido a que no existe en los centros de educación especial para niños con problemas de autismo en nuestro país suficientes herramientas acopladas al uso de las TIC´s que permitan que el proceso de enseñanza-aprendizaje para ellos sea más ágil y llevadero.

Además, nos mostrará los beneficios de usar la tecnología para ayudar a niños con problemas de autismo a aprender de manera entretenida a través de una aplicación móvil.

1.5 ALCANCE DEL PROYECTO

Desarrollar e Implementar una aplicación móvil sobre el sistema operativo Android como herramienta de apoyo para incentivar de manera entretenida el aprendizaje de los niños con problemas del trastorno en el entorno autista (TEA).

Restricciones:

- La aplicación solo funciona sobre el sistema operativo móvil Android desde la versión 4.2 en adelante.
- Es necesario que el equipo donde funcione la aplicación maneje una pantalla de no menos de 7 pulgadas puesto que la relación imagen-objeto es parte primordial del proceso.
- Las áreas de aprendizaje que presenta el proyecto son para niños de educación inicial, la misma que son validadas por las personas encargadas de la fundación social.

1.6 OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL

Diseñar e implementar una aplicación móvil que sirva como herramienta para incentivar de manera entretenida el aprendizaje de los niños con problemas de trastorno del entorno autista

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Desarrollar la App bajo los requerimientos establecidos por una institución de ayuda social especializada en el tema.
- Ofrecer apoyo tecnológico comunicacional con el uso de la APP a las maestras de atención a niños con autismo de manera amigable y divertida.

2 METODOLOGÍA

El presente proyecto está realizado bajo la metodología PMBOK y la metodología ágil SCRUM

2.1 GUÍA DEL PMBOK

La guía del PMBOK® [12] tiene doble propósito, porque sirve para estructurar el conocimiento comúnmente aceptado sobre la gestión de proyectos, y por otro lado sirve como metodología para la dirección de proyectos.[4]

En nuestro proyecto usamos las plantillas de PMBOK para la definición del acta de constitución dentro de ella el presupuesto, plan de gestión de interesados y el cronograma del proyecto.

Además, PMBOK nos ayuda a administrar eficientemente:

- Los esfuerzos.
- El tiempo.
- Los bienes y servicios producidos.
- Los costos y recursos asociado a todo.

PMBOK no prescribe un ciclo de vida específico para los proyectos, sólo señala que el ciclo de vida de un proyecto se puede dividir en fases, de acuerdo a su alcance y dominio de aplicación.[5]

2.2 GUIA SCRUM

Define un marco para la gestión de proyectos, que se ha utilizado con éxito durante los últimos 10 años. Está especialmente indicada para proyectos con un rápido cambio de requisitos.[6]

Sus principales características se pueden resumir en dos puntos: el desarrollo de software se realiza mediante iteraciones, denominadas Sprint, con una duración de 30 días. El resultado de cada Sprint es un incremento ejecutable que se muestra al cliente y la segunda característica importante son las reuniones a lo largo del proyecto, entre ellas destaca la reunión diaria de 15 minutos del equipo de desarrollo para coordinación e integración.[6]

2.2.1 ROLES

- **ScrumMaster:** Es considerado como el rol más importante, ya que, acata como intermediario entre el dueño del producto y el equipo de trabajo, filtrando todas las actividades pertinentes al alcance de cada entregable. El ScrumMaster enseña y lidera al equipo en la tarea de ser más productivo y en generar productos de mayor calidad, sin embargo, es importante resaltar que el ScrumMaster no gerencia al equipo de trabajo, este es auto regulado.
- **Product Owner:** Es la persona encargada de controlar la realización del producto y del valor que este tiene, ya que también es la representación del equipo de trabajo o el responsable del proyecto ante el cliente.
- **Team:** Está conformado por los desarrolladores, diseñadores y todos los involucrados en la construcción del software.[7]

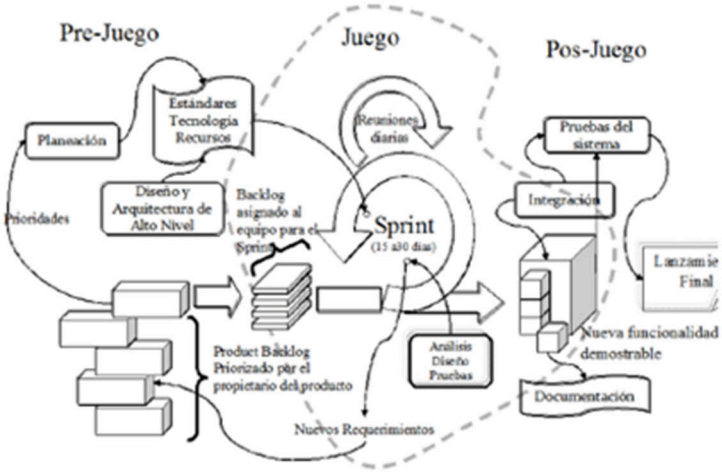


Figura 1: Proceso SCRUM[8]
Fig. 1: Proceso SCRUM[4]

La figura muestra el proceso de SCRUM interpretado para proyectos de desarrollo de software.[9]. Las actividades se organizan en tres fases llamadas de pre-juego, juego y postjuego.Las actividades técnicas se encuentran principalmente en las fases de Juego y post-juego.[10].

3 DESARROLLO

3.1 REQUERIMIENTOS

Requerimientos funcionales:

❖ Tener un menú inicial donde consten las 4 secciones básicas sobre las cuales se harán las actividades para la estimulación del aprendizaje.

- Números
- Vida
- Memorias
- Palabras

❖ La sección números deberá permitir:

- Identificación de números básicos
- Identificación de formas geométricas básicas.
- Suma y resta de números de 1 dígito

❖ La sección memoria deberá permitir la recordación de imágenes basadas en las siguientes temáticas

- Rompecabezas (unir piezas)
- Imagen desaparecida

- La sección vida deberá permitir las siguientes actividades:
    - Emociones: deberá permitir al alumno identificar imágenes de acuerdo a su estado de ánimo.
    - Reglas: deberá permitir al alumno distinguir entre buenas y malas acciones
- La sección de palabras deberá permitir las siguientes actividades
    - Reconocer letras por formas y sonidos
    - Reconocer animales de forma visual o por palabras.
    - Reconocer elementos básicos del cuerpo humano por imágenes o por palabras.
    - Reconocer elementos de la casa por imágenes o por palabras
- Deberá acumular y almacenar los puntajes obtenidos a medida que el estudiante acierte en las actividades
- Deberá permitir premiar a los estudiantes con figuras básicas de motivación por aprobar niveles.

Requerimientos no funcionales:

- Debe poseer una interfaz de usuario que sea fácil de usar por las condiciones especiales de los usuarios.
- Debe ser adaptable y acoplable a cualquier tipo de dispositivo móvil.
- Los iconos de las pantallas deben ser lo suficientemente grandes y fáciles de entender.
- El almacenamiento de datos se realizará en el propio dispositivo.
- Todas las pantallas deben poseer botones fáciles de reconocer para ingresar o salir.

3.2 REQUISITOS

Un objetivo fundamental de cualquier ingeniería y de la ingeniería de software en específico, es la calidad de su producto final. La calidad del software como sistema de información está frecuentemente determinada por la habilidad para satisfacer atributos de calidad basados en la información contenida en las necesidades de los clientes y usuarios

finales, obtenidas y especificadas como requisitos de software o derivadas de ello.[11]

FASE 1: PLANIFICACION

- Análisis de Requerimientos
- Asignación de recursos
- Desarrollo Acta de Constitución
- Stakeholder del Proyecto

FASE 2: ANALISIS Y DESARROLLO DE REQUERI-MIENTOS

MODULO 1: MENU PRINCIPAL

- Análisis de funcionalidades
- Diseño y Desarrollo de Interfaz
- Pruebas Unitarias
- Corrección de Errores
- Pruebas Unitarias con Usuario

MODULO 2: PANTALLA NUMEROS

- Análisis de funcionalidades
- Diseño y Desarrollo de Interfaz
- Pruebas Unitarias
- Corrección de Errores
- Pruebas Unitarias con Usuario

MODULO 3: PANTALLA MEMORIA

- Análisis de funcionalidades
- Diseño y Desarrollo de Interfaz
- Pruebas Unitarias

- Corrección de Errores
- Pruebas Unitarias con Usuario

MODULO 4: PANTALLA VIDA

- Análisis de funcionalidades
- Diseño y Desarrollo de Interfaz
- Pruebas Unitarias
- Corrección de Errores
- Pruebas Unitarias con Usuario

MODULO 5: PANTALLA PALABRAS

- Análisis de funcionalidades
- Diseño y Desarrollo de Interfaz
- Pruebas Unitarias
- Corrección de Errores
- Pruebas Unitarias con Usuario

MODULO 6: BASE DE DATOS Y WEBSERVICES

- Diagrama Entidad Relación
- Creación de Tablas e Índices
- Creación de SP
- Creación de Webservices
- Definición de Puertos en Firewall

FASE 3: INTEGRACIÓN Y PRUEBAS FUNCIONALES

- Integración
- Integración de todos los módulos
- Pruebas Unitarias
- Corrección de Errores
- Pruebas Funcionales
- Pruebas funcionales de todo el App con Usuario
- Corrección de Errores con Usuario

FASE 4: CERTIFICACIÓN QA

- Pruebas QA Del App

FASE 5: DESPLIEGUE EN PRODUCCIÓN

- Publicación del APP en Google Play

FASE 6: SEGUIEMIENTO Y ACTA DE ENTREGA

- Seguimiento Post-Producción
- Acta de entrega

3.3 STAKEHOLDERS

- Patrocinador: Alegría Barrezueta.
- Scrum Master: Ing. Mirian Peña.
- Scrum Owner: Angel Loor Morocho.
- Team: Frank Macías.
- Team: Roberto García.
- Team: Cesar Guerra.
- Team: Lucia Moreira.
- Usuario Final: niños.

4 MARCO DE ANTECEDENTES

4.1 EL TRASTORNO DEL ESPECTRO AUTISTA (TEA) EN LA EDUCACIÓN REGULAR: ESTUDIO REALIZADO EN INSTITUCIONES EDUCATIVAS DE QUITO, ECUADOR

En el Ecuador, como en muchos países de América Latina, no se cuenta con datos certeros acerca de la prevalencia de los trastornos del espectro autista.

Las políticas ecuatorianas actuales apuntan hacia la inclusión educativa de menores con capacidades especiales (Asamblea Nacional del Ecuador, 2008; Presidencia de la República del Ecuador, 2012; Ministerio de Educación del Ecuador, 2012). El gobierno nacional declaró al autismo como área prioritaria y, por intermedio de la Secretaria Técnica de Discapacidades (Vicepresidencia de la República del Ecuador, 2013), se están ejecutando proyectos para favorecer el acceso escolar, laboral y social de las personas con TEA.[12]

4.2 USO DE LAS TIC EN EL TRASTORNO DE ASPECTO AUTISTA: APLICACIONES.

4.2.1 RESULTADOS

A través de la búsqueda descrita anteriormente, se han seleccionado cuatro documentos científicos que constituyen la totalidad de los trabajos disponibles actualmente sobre el autismo y el uso de las aplicaciones y que han sido revisados y organizados.

Tabla 1. Resumen trabajos seleccionados.

AUTOR	DISEÑO	MUESTRA	CONCLUSIONES
Vidal y Uña (2012)	Utilización de las aplicaciones informáticas	Personas con Autismo	El uso de aplicaciones informáticas ofrecen situaciones y entornos motivadores que se presentan como un elemento de aprendizaje activo que favorece el trabajo autónomo
Cela (2012)	Análisis de la aplicación de las Nuevas Tecnologías a los Servicios para el Colectivo de las Personas con Autismo	Personas con Autismo	Las aplicaciones informáticas mejoran la gestión de los servicios ofertados cuando los núcleos de población están dispersos, realizar actividades, recibir asistencia técnica y difusión de información
Cuesta y Abella (2012)	Análisis de diferentes aplicaciones TIC utilizadas en España relacionadas con la formación personal, los procesos de aprendizaje o la planificación y evaluación de servicios	Personas con Autismo	Estas aplicaciones permiten diseñar intervenciones más accesibles, mostrándose como recurso eficaz en la áreas de formación personal, procesos de aprendizaje o planificación y evaluación de servicios
Lozano, Ballesta, Alcaraz y Cerezo (2013)	Destacar las potencialidades de las TIC en la enseñanza y aprendizaje del alumnado con autismo	Personas con Autismo	El uso y beneficio de los medios informáticos en la intervención de personas con autismo dependerá de sus características y necesidades específicas de apoyo educativo

Fig. 2: Resultado uso de TIC

A continuación, solo mostraremos una parte de la tabla de la aplicación que se seleccionaron este esta investigación que se está citando.

Tabla 2. Resumen aplicaciones seleccionadas.

Nº	NOMBRE COMERCIAL	OBJETIVOS
1	**Autismo ihelp** Talavera (2014)	Desarrollar el aprendizaje de vocabulario
2	**ABC Autismo** Dokye Mobile (2014)	Ayudar en el procesamiento del aprendizaje a través de actividades divertidas
3	**Secuencias para autismo** Ibanez (2015)	Mejorar la comunicación con otros Mejorar la ubicación temporo-espacial Mejorar la habilidad de estructurar ideas y pensamientos Potenciar habilidades de autoayuda Mejorar las habilidades sociales
4	**Habla fácil Autismo DiegoDice** Green Bubble Labs (2011)	Enseñar los elementos básicos de la comunicación
5	**Autismo** Auticiel (2016a)	Ayudar a comprender las emociones y expresiones faciales
6	**Avaz Español** Avaz, Inc (2014)	Lograr un habla más efectiva Desarrollar el lenguaje del niño Mejorar la intención comunicativa
7	**Pictogramas autismo** Bustos (2012)	Reconocer sus juguetes, comida y familia
8	**EdNinja** Ibanez (2014a)	Aprender y mejorar el reconocimiento de emociones humanas básicas
9	**Talk. Autismo imagen Discusión** Android in London (2014)	Mejorar la comunicación no verbal
10	**Revista Autism Parenting** Blakey (2015)	Analizar problemas de conducta, trastorno de procesamiento sensorial, ideas de educación para niños, ofrecer alternativas de tratamiento

Fig. 3: resultado app seleccionadas.

PANTALLAS DE LA APLICACIÓN



Menú Principal



Menú números



Menú memoria



Menú palabras



Menú Vida

5 CONCLUSIÓN

Para la creación de APPs para niños con Trastornos del entorno autista (TEA) se debe buscar la ayuda de personas especializadas para que podamos consultar que se debe incluir en las APPs para llamar la atención a estos niños, preguntando por los colores a usar, los juegos, las imágenes, etc. Estos son puntos importantes que tomar en cuenta para que la solución tecnológica contribuya como herramienta de apoyo de manera entretenida a los niños con este problema.

El uso de las TIC´s en la educación para niños con autismo nos ofrece muchas posibilidades:

- Creación de elementos más flexibles para el aprendizaje.
- Eliminación de las barreras espacio-temporales entre el profesor y el estudiante.
- Potenciar los escenarios y entornos interactivos.
- Favorecer el aprendizaje autónomo, colaborativo y en grupo.
- Obtener gran cantidad de información.
- Ser fuente de comunicación.

Por esta razón invitamos a los investigadores y educadores a seguir ahondando en el tema y seguir en la búsqueda de enlazar saberes para el bien de la sociedad menos protegida.

AGRADECIMIENTO

Un reconocimiento especial a los alumnos involucrados en esta investigación y que ayudaron con sus aportaciones creativas, dinámicas y de mucho compromiso social a que pudiéramos obtener el primer lugar en la feria de ciencia y tecnología de la facultad de ciencias matemáticas y físicas de la Universidad de Guayaquil. A ellos mi eterna admiración, en especial a Lucia que con su gran visión consolidó la propuesta. Ellos son: Alegría Barrezueta, Ángel Loor Morocho, Frank Macías, Roberto García, Cesar Guerra, Lucia Moreira.

REFERENCIAS

[1] Artigas-Pallarès, J. and I. Paula, *El autismo 70 años después de Leo Kanner y Hans Asperger.* Revista de la Asociación Española de Neuropsiquiatría, 2012. **32**(115): p. 567-587.
[2] Roca, E., *Cómo mejorar tus habilidades sociales*. 2014: ACDE.
[3] Guillén, S.G., D.G. Rojas, and S.J. Fernández, *Uso de las TIC en el Trastorno de Espectro Autista: aplicaciones.* EDMETIC, 2016. **5**(2): p. 134-157.
[4] Contreras, M.E.R., L.A.E. Villamizar, and A.O. Duarte, *Modelo de integración de las actividades de gestión de la guía del PMBOK, con las actividades de ingeniería, en proyectos de desarrollo de software.* Avances en Sistemas e Informática, 2011. **8**(2): p. 97-106.
[5] Torres, F. *Integración del PMBOK al RUP para proyectos de Desarrollo de Software*. in *Octava Conferencia Iberoamericana en Sistemas, Cibernética e Informática: CISCI 2009*. 2009.
[6] Rojas Muñoz, C. and V. Saquicela Galarza, *Hacia un sistema de ayuda a la decisión para universidades: caso de uso de la Universidad de Cuenca.* 2017.
[7] Amézquita Mejía, R.A., *Análisis de la aplicación de la metodología SCRUM como complemento de las metodologías del PMI para el control de proyectos de desarrollo de software.*
[8] Rojas Contreras, M., L.A. Esteban Villamizar, and A. Orjuela Duarte, *Modelo de integración de las actividades de gestión de la guía del PMBOK con las actividades de ingeniería, en proyectos de desarrollo de software.* Revista Avances en Sistemas e Informática, 2011. **8**(2).
[9] Lledó, P. and G. Rivarola, *Gestión de proyectos*. 2007: Pearson Educación.
[10] Maldonado Rojas, M., S. Vidal Flores, and E.R. Contreras, *Estrategia metodológica para conocer la disciplina como orientación profesional.* Revista Cubana de Educación Médica Superior, 2011. **25**(2): p. 125-134.
[11] González, M.P., L.G.L. Rivas, and S.D.L. Rivas, *Agregación jerárquica para la priorización de requisitos de software [Hierarchical aggregation for software requirement prioritization].* International Journal of Innovation and Applied Studies, 2016. **15**(4): p. 731.
[12] Díaz Mosquera, E., *El trastorno del Espectro Autista (TEA) en la educación regular: estudio realizado en instituciones educativas de Quito-Ecuador.* 2015.

International Journal of Innovation and Applied Studies
ISSN 2028-9324 Vol. 27 No. 1 Aug. 2019, pp. 11-18
© 2019 Innovative Space of Scientific Research Journals
http://www.ijias.issr-journals.org/

Qualité microbiologique du blé dur fermenté de *Matmor Hamoum* : Indispositions digestives, microflore avantageusement technologique et potentiels pathogènes

[Microbial quality of fermented durum wheat in *Matmor Hamoum* : Digestive discomfort, functional microbiota and potential pathogens]

Moustapha Soungalo Drabo[1], Hafidha Khadem[2-3], Nour-eddine Benatmane[2], Abdelhak Ouhab[2], Mazouzi Fatma Zohra[2], Kheira Soualmi[2], and Boubakeur Badra[2-3]

[1]Laboratoire de Biochimie et Immunologie Appliquées, Université de Ouagadougou, Burkina Faso

[2]Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie, Université de Tiaret, Algeria

[3]Laboratoire de Bioconversion, Génie Microbiologique et Sécurité Sanitaire, Université de Mascara, Algeria

Copyright © 2019 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: *Hamoum* is a secular fermented food in Algeria that remains beyond any official control for its microbiological compliance. Its microflora was investigated in the aim to evaluate the microbial quality in term of beneficial flora and potential contaminants. A sample was obtained from two years old fermented wheat in *Matmor* (in Relizan, Algeria). A Survey was carried out to evaluate the appreciation of the food commodity in city of Relizan and the microflora was analyzed according to the biochemical phenotypes and MALDI-TOF spectra. Then, the presumptive beneficial isolates were screened for biofilm and protease production ability. The commodity is rich in potential probiotic and starter cultures from microbial groups lactic acid bacteria (LAB), *Actinomyces* and *Bacillus (Lysinibacillus fusiformis*). Besides, 53% of surveyed individuals asserted digestive discomfort, diarrhea, nausea or flatulence, associated to the consumption, and microbial analysis identified potential pathogenic or toxigenic microorganisms, *Candida Krusei*, *Staphylococcus* spp., *Micrococcus kristinae*, *Enterococcus durans*, et *Clostridium* spp. Whenever *Hamoum* is rich in functional microorganism, it can expose to potential health or microbiological risks. It should be appropriate to have closer look at its production and marketing practices.

KEYWORDS: *Hamoum*, sanitary quality, microflora, *Lysinibacillus fusiformis*, *Clostridium spp*., *Enterococcus durans*, MALDI-TOF identification, Algeria.

RESUME: *Hamoum* est un produit alimentaire séculaire d'Algérie riche en flore bénéfique. Sa microflore a été analysée afin d'apprécier sa qualité microbiologique en terme de microorganismes bénéfiques et de potentiel pathogènes. Une enquête a été réalisée à Rélizane (Algérie) afin d'évaluer le niveau d'appréciation du blé fermenté dans la population locale et un échantillon d'un *Matmor* vieille de deux ans a été collecté. La composition microbienne a été analysée sur la base de l'identité biochimique et MALDI-TOF, capacité de production de biofilm, et activité protéolytique. L'échantillon était riche en microorganismes avantageusement technologiques et probiotiques (Bactéries lactiques, *Actinomyces* et *Bacillus*). Mais il a été reporté une indisposition digestive (53% des personnes interrogées ont signalé des diarrhées, nausée ou flatulence) suite à la consommation du *Hamoum* et les analyses microbiologiques ont identifié les potentiels microorganismes pathogènes et toxinogènes *Candida Krusei*, *Staphylococcus spp.*, *Micrococcus kristinae*, *Enterococcus durans*, et *Clostridium spp*. Bien que le *Hamoum* soit riche en microflore bénéfique, il pourrait présenter de potentiel risque sanitaire. Il serait approprié d'évaluer, en termes de bonnes pratiques d'hygiènes, les conditions de productions et de commercialisation.

MOTS-CLEFS: *Hamoum*, qualité sanitaire, microflore, *Lysinibacillus fusiformis*, *Clostridium* spp*., Enterococcus durans*, identification MALDI-TOF, Algeria.

Corresponding Author: Moustapha Soungalo Drabo

1 INTRODUCTION

La fermentation est un processus naturel ou spontané mettant en évidence le monde microbien. L'homme a appris à l'utiliser empiriquement pour de nombreux biens, à savoir la production et la conservation de ses aliments. Elle ajoute de nouvelles fonctionnalités, organoleptiques, nutritionnelles, et thérapeutiques aux aliments. Elle permet ainsi à l'homme à la fois de prévoir les disettes et d'avoir une alimentation saine. Bien qu'un vieux savoir, il est important de la maîtriser et la caractériser pour éviter les risques sanitaires. L'Afrique du Nord a une riche tradition culinaire qui utilise des produits fermentés provenant des producteurs locaux, au niveau ménage, ne maîtrisant pas les bonnes pratiques d'hygiènes et de production [1]. Leurs consommations posent alors des risques sanitaires. Les études scientifiques évaluant le risque sanitaire restent toujours sommaires [1]. Le blé dur fermenté *Hamoum* est un de ces produits séculaires du Maghreb, dont le risque sanitaire est précairement évalué. Il est utilisé dans des mets emblématiques de la région, le couscous et le pain [2]. Et au regard de sa valeur nutritionnelle et des potentielles fonctionnalités sanitaires, il pourrait être un aliment fonctionnel [2][3] [4][5]. Cela demande qu'il respecte les standards, une analyse des points critiques de contamination et leur contrôle (HACCP) et la vulgarisation des bonnes pratiques d'hygiène et de production pour une meilleure promotion.

Chaque produit fermenté est associé à une microflore spécifique dont la connaissance permet d'évaluer le risque sanitaire, microbiologique et de développer des compositions starters pour une meilleure maitrise de la fermentation. Les bactéries lactiques et les levures ont été identifiées comme la principale microflore ferment du *Hamoum* [5][6][7]. Le *Hamoum* est obtenu après plusieurs années (plus de 3 ans) de fermentation spontanée dans des silos souterrains (*Matmor*). Par ailleurs, Merabti (2015) [2] a identifié la fermentation hors *Matmor* et caractérisé la microflore fonctionnelle, avec une réduction considérable du temps (6 à 12 mois). Ce procédé permettrait une maitrise de la qualité microbiologique. La caractérisation de la microflore pose les basent pour le développement des cultures starters. La fermentation contrôlée hors *Matmor* et l'utilisation des cultures starters améliorera l'hygiène et la qualité [8]. C'est dans cet objectif d'évaluer la qualité microbiologique du *Hamoum* et de caractériser les bactéries avantageusement technologiques que cette recherche a été conduite.

2 MATERIEL METHODES

2.1 ECHANTILLON

500 g de blé fermenté de deux ans dans un *Matmor* dans la région de Ouled Ayche (wilaya de Relizane) a été obtenu auprès d'un producteur. Le contenu du *Matmor* a été mélangé avant prélèvement dans un plastique stérile hermétique.

2.2 QUESTIONNAIRE ET ZONE D'ENQUÊTE

Un questionnaire a été conçu et a ciblé la population des deux sexes, d'âge supérieur à 40 ans, et ayant au moins une fois consommé le *Hamoum*. Il renseigne essentiellement la fréquence de consommation, l'âge (enfance ou adulte) à la première consommation/découverte, le cadre de la consommation (en famille ou hors), l'indisposition digestive rencontrée, le mode d'acquisition et les formes de consommation. L'enquête a été menée dans la wilaya de Relizane.

2.3 ANALYSES MICROBIOLOGIQUES

L'échantillon a été débarrassé des corps étrangers (Cailloux, sable, bois, insecte) et 10 g est dissout dans 90 ml d'eau distillée stérile. L'ensemble est reposé 30 min et secoué vigoureusement. 0.1 ml de la dilution 10^{-3} est ensemencé dans les géloses PCA, Columbia, Mac-Conkey, Chapman, et Viande Foie.

La microflore est phénotypiquement (caractères culturaux, microscopiques, et biochimiques) identifiée suivants les tableaux d'assortiment dans [9]. Les différents tests biochimiques ont été réalisés suivant les procédures décrites dans [9].

2.4 IDENTIFICATION MS-MALDI-TOF

Les isolats dont l'assortiment n'aboutit pas sont identifiés sur la base de leurs spectres protéomiques par Spectrométrie de Masse, - Désorption Ionisation Laser Assistée par Matrice - Temps De Vol (MS-MALDI-TOF) [10]. Les aliquotes des isolats ont été réalisés sur la gélose sélectif MRS et M17 et envoyés sous glacière au Centre de Recherche Scientifique et Technique en Analyses physico-chimiques (CRAPC-Algérie). L'identification a été réalisée en utilisant le logiciel MALDI Biotyper 1.1 (Bruker Daltonik GmbH, Bremen, Germany).

2.5 QUANTIFICATION DU BIOFILM, AGRÉGATION ET ACTIVITÉ PROTÉOLYTIQUE

Le biofilm a été quantifié par la coloration au cristal violet selon le protocole décrite dans [11]. La capacité d'agrégation a été estimée par le test de sédimentation après 4h selon le protocole décrite dans [12].

La plage de protéolyse sur gélose au lait écrémé a été utilisée pour le screening de l'activité protéolytique [13].

2.6 ANALYSE DES DONNÉES

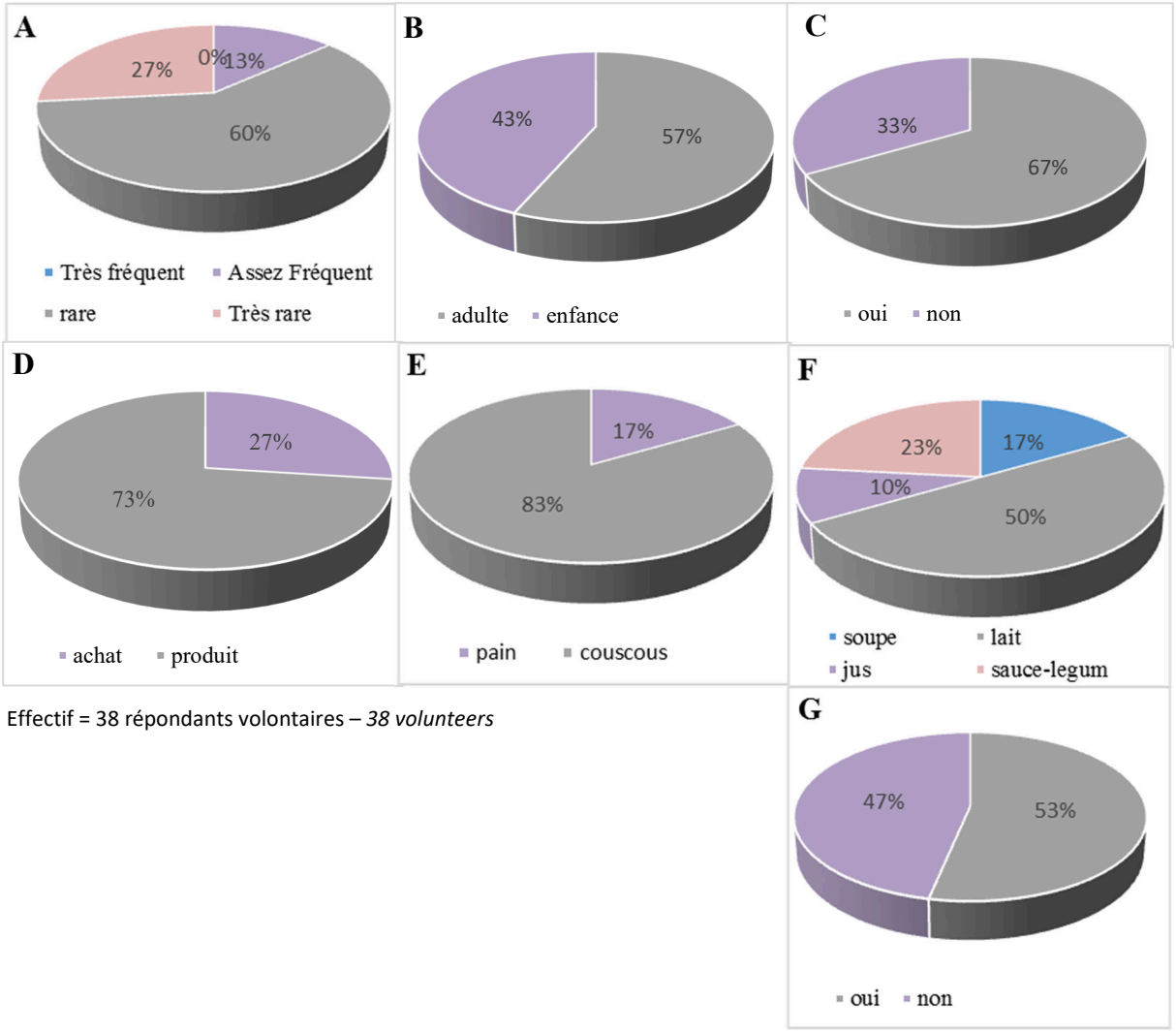
Les données ont été enregistrées et les différentes fréquences et moyennes ont été calculées en utilisant le tableur Excel 2010.

3 RESULTATS ET DISCUSSION

3.1 MODALITÉS DE CONSOMMATION ET APPRÉCIATION DU *HAMOUM*

Au total, 37 répondants ont été obtenus avec une fréquence très faible de consommation du *Hamoum* (Figure 1). Plus de 87% le consomment rarement ou très rarement (pas plus d'un mois dans le semestre), contre 13% assez fréquemment (au moins 1 fois chaque trimestre) et 0% fréquemment (Figure 1 A). Cependant, le *Hamoum* est rapporté comme un produit séculaire des pays arabes [2]. La fermentation est une technique de préservation du blé pour prévoir et résoudre les périodes de disette. Il serait en train de perdre de l'appréciation dans la nouvelle génération, face aux produits alimentaires industriels qui remplissent les marchés. 43% des interrogés l'ont connu et consommé à leur âge adulte, contre 57% à leur enfance (Figure 1 B). Ils le consomment principalement en famille (67%) – 33% à l'occasion d'une invitation (Figure 1 C).

Le produit est en grande partie consommé directement par les détenteurs de *Matmor* (les producteurs) (73%) et seulement 27% l'achètent dans les marchés ou directement avec les producteurs (Figure 1 D).



Effectif = 38 répondants volontaires – *38 volunteers*

Fig. 1. A. fréquence de consommation – frequency of consumption (very frequent, ready-frequent, rare, very rare), B. distribution de l'âge de la première consommation/découverte – Distribution of period of first consumption (adult or childhood), C. cadre de consommation (en famille ou non) – Place of consumption (in family or invitation), D. mode acquisition – acquisition way (producer or buyer), E. forme de consommation – type of meal, F. Accompagnement – trimming et G. indisposition digestive – digestive discomfort (Enquête dans la région de Relizane, Algérie – Survey realized in Relizane, Algeria)

Les maladies nutritionnelles deviennent fréquentes dans les sociétés. Il serait important de promouvoir les produits locaux d'une grande valeur nutritionnelle. La fermentation offre au blé de nouvelles fonctionnalités organoleptiques (aspect, odeur, saveur) et nutritionnelles (composition biochimique et microbiologique bénéfique à la santé) [3][4][5][14]. Le blé fermenté pourrait être une importante ressource pour lutter contre les différentes maladies nutritionnelles, diabète, dyslipidémie/obésité et hypertension, qui prennent de l'ampleur dans la société algérienne. L'extrait de germe de blé fermenté a été montré efficace comme adjuvant dans le traitement du cancer gastro-intestinal [15]. Le profil protéique du *Hamoum* présenterait la même fonctionnalité [3], et le microbiote aurait un effet protecteur contre certains pathogènes gastriques [4].

Le *Hamoum* est transformé et très largement consommé en couscous et pain ou galette emblématiques des pays arabes [2]. 83% le transforment en couscous et 17% en pain (Figure 1 E) - ils l'accompagnent de lait (50%), soupe (17%), jus (10%), ou sans accompagnement (23%) (Figure 1 F). Les différents mets sont très appréciés des algériens. Cependant, un grand nombre d'interrogés (53%) (Figure 1 G) relatent des indispositions digestives, diarrhée, nausée ou flatulence. En effet, le *Hamoum* est obtenu après plusieurs années de fermentation spontanée qui pourrait l'exposer à la contamination microbienne. Il n'existe toujours pas, à notre connaissance, un guide de bonne pratique d'hygiène et de production. Une nouvelle méthode hors *Matmor* est développée pour réduire considérable le temps de la fermentation [2]. Elle est également tributaire de la fermentation spontanée. Cependant, de nombreux travaux y identifient une grande diversité de bactéries lactiques et leurs caractéristiques technologiques [5][6][7] et pavent le développement de cultures starters. Les cultures starters et la

fermentation hors *Matmor* pourront permettre une standardisation de la qualité et la maîtrise de la sécurité et l'hygiène du *Hamoum* ; et cela en appui d'un guide de bonne pratique d'hygiène et de transformation.

3.2 QUALITÉ MICROBIOLOGIQUE DU *HAMOUM*

Le *Hamoum* a une microflore riche, levures, bactéries lactique, entérobactéries, et bactéries sporulantes. La culture et la microscopie révèlent cette riche flore microbienne aux différents phénotypes morphologiques, culturaux, et biochimiques.

Tableau 1. Caractères culturaux, microscopiques et biochimiques et identification présomptive des isolats – Growth, microscopic, and biochemical characters and presumptive identification of isolates

Isolats		BFR1	BFR2	BFR3	BFR4
cultures		M17 (O2, 30°C, 24 h)	M17 (O2, 30°C, 24 h)	M17 (O2, 30°C, 24 h)	MRS (microO2, 44°C, 48h)
Aspects culturaux		PC translucides	MC bombées et crémeuses	PC	MC crémeuses blanchâtres
Gram (positif)		Cocci isolés, paires, tétrades, et chaines	Coccobacilles isolés, paires et chaines	Bacilles en paires et chaînes	Bacilles en paires
Catalase		-	+	-	-
Oxydase		+	+	+	+
Mannitol/ Mobilité		-/-	+/-	-/-	+/-
ONPG		+	+	-	+
Citrate Simmons		-	-	-	-
TSI	Glucose	+	+	+	+
	Lactose	+	+	-	+
	H2S	-	-	-	-
	Gaz	-	-	-	-
Protéolyse		+	+	+	+
RM		-	-	-	-
VP		-	-	-	-
ADH/LDC/ODC		+/-/-	+/-/-	+/+/+	+/-/-
Identification*		E. durans/ Pediococcus spp.	M. lactis/kristinae	Actinomyces spp	L. fermentum**

**Référence [9], **Assortie faiblement, +/- Positif/Négatif, BFR Blé fermenté de Relizane, aérobie (O2), microaérobie (microO2), petite colonie (PC), moyenne colonie (MC), Sulfure d'hydrogène (H2S), Clark & Lubs tests Rouge de Méthyle (RM) et Voges-Proskauer (VP), Arginine DiHydrolase (ADH), Lysine DécCarboxyase (LDC), et Ornithine DéCarboxylase (ODC).*

Des familles microbiennes diverses ont été observées, nommément *Enterobacteriaceae*, *Staphylococcaceae/Micrococcaceae*, *Streptococcaceae/Enterococcaceae*, *Lactobacillaceae, Actinomycetaceae, Clostridiaceae, Bacilllaceae* et *Saccharomycetaceae*. L'identification spécifique de colonies prises aléatoirement, caractères culturaux et microscopiques (Coloration de Gram) (BFR1, BFR2, BFR3, BFR4, et BFR5), ont été obtenu par phénotypage biochimique (Tableau 1, Figure 2) : respectivement (*Enterococcus durans/Pediococcus* spp., *Micrococcus lactis/kristinae*, *Actinomyces* spp., *Lactobacillus fermentum*, *Enterococcus durans*).

Les *Bacillus* (bactéries sporulantes) ne sont pas de la microflore dominante dans la fermentation du *Hamoum*. Les bactéries lactiques et rarement les levures sont les leaders de la fermentation du blé dur en *Matmor* ([5][7]. Les isolats levures (coloration de Gram, Figure 2C), *Bacillus* présomptifs (Gram aspects, Catalase positive, Figure 2B), et BFR5 d'identification difficile ont été identifiés par MS-MALDI-TOF (Figure 2). Les spectres ont été assortis avec les références NCBI aux scores d'identification probable (1.700 < score < 1.999) du genre (Figure 2): *Candida krusei*, *Lysinibacillus fusiformis*, *E. durans*.

La microflore du *Hamoum* est prédominée de bactéries lactiques, en accord avec plusieurs travaux précédents [4][5][7]. A notre connaissance, aucune recherche précédente ne soulève la question de sa sécurité sanitaire/microbiologique. Ce travail a relevé la contamination par une flore qui pourrait être potentiellement toxinogène et pathogène, notamment *Enterobacteriaceae*, *C. Krusei*, *Staphylococcus spp.*, *M. kristinae*, *E. durans*, et *Clostridium spp*. La mise en évidence de ce risque

sanitaire/microbiologique (et le report d'indisposition digestive, Figure 1 G) soulève la question d'une recherche approfondie afin de mesurer les risques associés.

L'identification de bactéries sporulantes non pathogènes, *L. fusiformis*, avantageusement technologique [16], laisse supposer que la fermentation du blé pourrait impliquer les *Bacillus*. Il n'y a pas de travaux précédents sur le microbiote endosporulant du *Hamoum*. Cependant, les conditions de transformation en sous-sol, contrainte hydrique et haute température suggèrent fortement une implication des bactéries sporulantes, qui sont telluriques et résistantes à ces conditions. Les *Bacillus* ont des caractéristiques technologiques, activité protéolytique et caractères probiotiques (résistance à l'environnement gastrique, production de substances antimicrobiennes) [17] qui peuvent servir dans la recherche d'une formule de culture starter, en association avec la flore lactique.

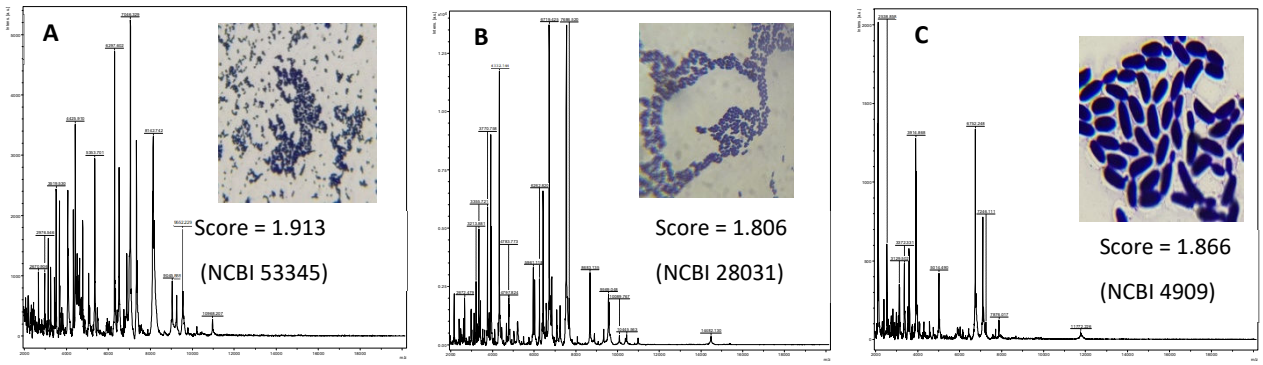


Fig. 2. Spectres MALDI-TOF & Coloration de Gram – Identification présomptive de – MALDI-TOF Spectra & Gram staining- Presumptive identification of A E. durans (BFR5), B. L. fusiformis, et de C C. krusei (Assortis avec les spectres standards de la base NCBI – Spectra matching using NCBI references)

3.3 CARACTÉRISTIQUES TECHNOLOGIQUES DES ISOLATS : CAPACITÉ DE PRODUCTION DU BIOFILM ET ACTIVITÉ PROTÉOLYTIQUE

La fermentation entraine une modification physicochimique importante du blé [5][14] et une protéolyse qui donnerait un profil protéique fonctionnel, comme adjuvant dans le traitement de cancer digestive [3][15]. Et pour des considérations technologiques, la capacité de production de biofilm et la production d'enzymes sont des caractéristiques importantes dans la sélection et l'évaluation de potentielles cultures starters [18][19]. Les différents isolats lactiques ont montré une importante capacité de production de biofilm et de protéase (Figures 3). La capacité de production du biofilm est révélée par une forte aptitude à s'adhérer au support (formation sessile sur le polystyrène) et à s'agréger (Agrégation%, Figure 3) [20]. Les isolats ont montré différentes aptitudes à former le biofilm, avec une plus grande valeur pour BFR4 (*L. fermentum*) (intensité de l'anneau et la Densité Optique (DO), Figure 3). La capacité d'agrégation était plus importante par ailleurs pour *Actinomyces* spp. (BFR3) (Figure 3). Les différents isolats présentes des aptitudes technologiques, avec de meilleurs profils (biofilm et production de protéase) pour les isolats BFR3 et BFR4 (respectivement *Actinomyces* spp. et *L. fermentum*).

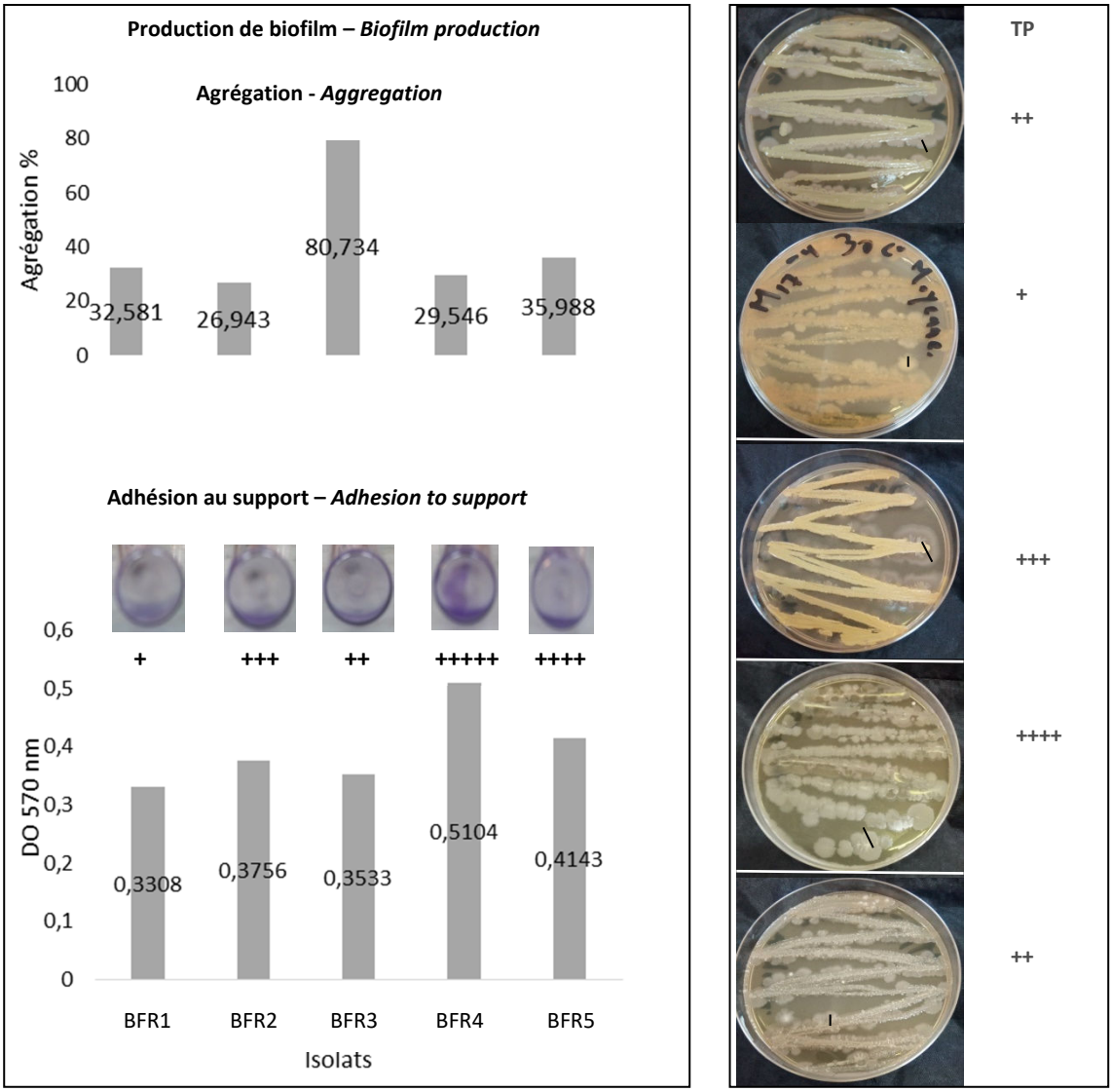


Fig. 3. Propriétés fonctionnelles des isolats, capacité de production du biofilm (agrégation % et adhésion au support) et activité protéolytique – Functional properties of isolates, biofilm production ability (aggregation, and adhesion to support)
+ Intensité de l'anneau sur le polystyrène ou la taille de la plage de protéolyse (TP) – Intensity of ring on polystyrene or size of proteolysis halo, \ estimation de la taille de la plage de protéolyse – Estimate size of proteolysis halo

4 CONCLUSION

Le *Hamoum* est un produit séculaire transformé en des mets emblématiques algériens. Il possède de nombreuses vertus nutritionnelles et sanitaires et pourrait être promu plus largement dans l'alimentation de la population, face à la progression des différentes pathologies nutritionnelles (diabète, surpoids). Les travaux précédents se sont beaucoup intéressés à la valeur nutritionnelle et la composition microbienne avantageusement fonctionnelle. Cependant, nous avons soulevé dans ce présent projet le risque sanitaire ou microbiologique. L'enquête a rapporté des indispositions digestives rencontrées avec la consommation du *Hamoum* et des germes potentiellement pathogènes, *Candida krusei*, *Enterococcus durans*, *micrococcus kristinae*., et *Clostridium spp*. ont été identifiés. Les groupes microbiens *Actinomyces* et *Bacillus*, avantageusement technologiques, pourraient être explorés parallèlement aux bactéries lactiques pour le développement de cultures starters. En perspective à ce présent travail, il serait essentiel d'évaluer les pratiques de production, voir promouvoir la fermentation contrôlée hors Matmor.

REFERENCES

[1] Benkerroum N., Traditional Fermented Foods of North African Countries : Technology and Food Safety Challenges With Regard to Microbiological Risks. *Compr. Rev. Food Sci. Food Saf.*, 12 : 54-89, 2013.

[2] Merabti R., Blé dur fermenté lemzeit : étude du nouveau procédé de fermentation à l'extérieur du *Matmor* et caractérisation de l'écosystème (interactions du microbiote avec la matrice). *Thèse de doctorat, Université des Frères Mentouri-Constatine :* 177pp, 2015.

[3] Benakriche B.M., Amier L. & Kheroua O., Evaluation du profil protéique par electrophorese sur gel SDS-Page d'un blé fermenté naturel type *Hamoum* compare au blé normal. *Résumé Journées Francophones d'Hépato-Gastroenterologie & d'Oncologie digestive. 361p*p., 2017. www.snfge.org/content/evaluation-du-profil-proteique-par-electrophor Consulté le 28/06/2018 19h05

[4] Mokhtari S., Kheroua O. & Saidi D., Isolation and Identification of Lactic Acid Bacteria from Algerian durum wheat (*Triticum durum*) natural fermented in underground silos *Matmora* ''El-Hammoum'' and their antimicrobial activity again pathogenic germs. *J Nutr Health Sci.* 3(4): 1-12, 2016.

[5] Bekhouche F., Merabti R. & Bailly J.D., *Lemzeiet*: Traditional couscous manufacture from fermented wheat (Algeria); investigation of the process and estimation of the technological and nutritional quality. *Afr. J. Food Sci. Technol*., 3(8): 167-175, 2013.

[6] Kalbaza K., Zadi-Karam H. & Karam N.E., Identification and major technological characteristics of *Lactococcus* and *Lactobacillus* strains isolated from ''*Hamoum*", an Algerian fermented wheat. *Afr J Biotechnol*. 17 (5): 108-117, 2018.

[7] Benakriche B.M., Benabde, lmoumen D. & Mortet A., Lactic acid bacteria diversity in the fermented wheat *Hamoum* in West Algeria. *Pakistan J. Nutr*., 15(7): 639-648, 2016.

[8] Holzapfel W.H., Appropriate starter culture technologies for small-scale fermentation in developing countries*. Int. J. Food Microbiol*.. 75: 197–212, 2002.

[9] Cowan and Steel's manual for identification of medical bacteria - 3rd ed /edited and rev. by G.I. Barrow & R.K.A. Feltham., UK *Cambridge University Press* 331p, 2003.

[10] Pavlovic M., Huber I., Konrad R. & Busch U., Application of MALDI-TOF MS for the Identification of Food Borne Bacteria. *Open Microbiol. J*., 7: 135-41, 2013.

[11] Pope C.F., McHugh T.D. & Gillespie S.H., Methods to determine fitness in bacteria. *Methods Mol. Biol*., 642: 113-121.

[12] Balakrishna A., 2013. In vitro Evaluation of adhesion and aggregation abilities of four potential probiotic strains isolated from guppy (*Poecilia reticulata*). *Braz. Arch. Biol. Techn.*, 56 (5): 793-800, 2010.

[13] Savadogo A., Tapsoba F., Zongo C., Taale E., Tarnagda B. & Baba-Moussa L., Biofilm producing strains from local seeds foods (*Zamne, Bikalga and Soumbala*): Effect of glucose and agar concentrations on the biofilm production. Int. J. Appl. Microbiol. Biotechnol. Res., 4: 48-59, 2016.

[14] Gourchala F., Hobamahoro A.F., Mihoub F. & Henrchiri C., Effect of natural fermentation on the nutritional quality of ''el hammoum'' durum wheat (*Triticum durum*) fermented product of the Algerian country. *Int J Biotechnol Res*. 4:9-18., 2014.

[15] Yeend T., Robinson K., Lockwood C. & McArthur A., Effectiveness of the fermented wheat germ extract as an adjunct therapy in the treatment of cancer: A systematic review. Libr Syst Rev., 10 (42 Suppl.): 1-12, 2012.

[16] Divakar K., Suryia P.M., Nandhinidevi G. & Gautam P., Kinetic characterization and fed-batch fermentation for maximal simultaneous production of esterase and protease from *Lysinibacillus fusiformis* AU01. *Prep. Biochem. Biotechnol*., 47 (4): 323-332, 2017.

[17] Haldar L., Ghandi D.N. & Mazumdar D., Functional properties of spore-forming *Bacillus* strains: Pre-requisite for probiotic functions. *Int J Curr Microbiol App Sci*. 6 (2): 162-169, 2017.

[18] Berlanga M. & Guerrero R., Living together in biofilms: the microbial cell factory and its biotechnological implications. *Microb. Cell Fact.,* 15:165. 1-11, 2016.

[19] Latorre J.D., Hernandez-Velasco X., Wolfenden R.E., Vicente J.L., Wolfenden A.D., Menconi A., et al., Evaluation and selection of *Bacillus* Species Based on enzyme production, antimicrobial activity, and biofilm synthesis as direct-fed microbial candidates for Poultry. *Front. Vet. Sci*., 3:1-9, 2016.

[20] O'toole G.A. & Kolter R., Flagellar and twitching motility are necessary for *Pseudomonas aeruginosa* biofilm development. *Mol. Microbiol.* 30:295-304, 1998.

International Journal of Innovation and Applied Studies
ISSN 2028-9324 Vol. 27 No. 1 Aug. 2019, pp. 19-32
© 2019 Innovative Space of Scientific Research Journals
http://www.ijias.issr-journals.org/

VARIABILITE CLIMATIQUE ET INFLUENCE SUR LES CULTURES MARAICHERES DANS LA ZONE PERIURBAINE DE BAFOUSSAM (OUEST - CAMEROUN)

[CLIMATE VARIABILITY AND IT INFLUENCE ON VEGETABLE CROPS IN THE PERIURBAN AREA OF BAFOUSSAM (WEST - CAMEROON)]

DJUIDJE KAMOGNE Flore[1-3], Thierry Gaitan TCHUENGA SEUTCHUENG[2], and ABDOULAY MFEWOU[3]

[1]Institut National de la Cartographie (INC), BP 157 Yaoundé, Cameroon

[2]Institut de Recherche Agricole pour le Développement (IRAD), BP 2067 Yaoundé, Cameroon

[3]Dschang School of Arts, Université de Dschang, BP 96 dschang, Cameroon

Copyright © 2019 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 peripheral area of Bafoussam is part of the production basin of the region of West Cameroon which is under the influence of climate change. The last decades have been characterized by climatic disturbances whose effects remain visible on the agricultural production. This study intends to show the impact of climate variability on crops production as well as the producers' adaptation strategies in the peri-urban area of Bafoussam. Statistical analysis has been applied to the climatological data (precipitation and temperature) of the period 1999-2015 as well as those of agricultural especially some specific crops. The annual change in rainfall over the study period shows a deficit trend during seven years while four years have a rainfall totals approaching the inter-annual average (1725 mm) and six years exceeding the rainfall mean value. In addition, the temperature growth rate is -0.05 °C while the precipitation rate is 10.29 mm from 1999 to 2015. All these climatic modifications cause many damages such as the burning of plant due to the heat, the development of pests (attack of caterpillars) and the appearance of diseases (bacterial wilt) which have a direct impact on yields. In response to this climatic situation, farmers have developed several adaptation strategies. Irrigation is the main practice constructed from rivers to reduce the impacts of dry days on crops.
During the rainy season, areas having a deficit of water are supply by a retention of precipitation through bins of water for crops.

KEYWORDS: Climate change, Climate variability, Market gardening, Adaptation, Peri-urban.

RÉSUMÉ: Le périurbain de la ville de Bafoussam fait partie du bassin de production de la région de l'Ouest Cameroun qui est sous l'influence de la variation climatique. Les dernières décennies ont été caractérisées par des perturbations climatiques dont les effets restent perceptibles sur la production agricole. Il s'agit dans cette étude de montrer l'incidence de la variabilité climatique sur les productions maraîchères ainsi que les stratégies d'adaptation des producteurs dans le périurbain de Bafoussam. Des analyses statistiques ont été portées sur les données climatologiques (précipitations et températures) de la période 1999-2015 ainsi que sur les données de productions de quelques spéculations agricoles. L'évolution annuelle de la pluviométrie sur la période d'étude montre une tendance de la baisse marquée par sept années déficitaires, quatre années dont les cumuls pluviométriques sont proches de la moyenne interannuelle (1725 mm) et six années excédentaires. De plus, le taux de croissance des températures est de -0.05°C tandis celui des précipitations est de 10.29 mm de 1999 à 2015. Toutes ces modifications climatiques ont pour conséquences, des brûlures des plantes, le développement de parasites (invasion des chenilles) et l'apparition des maladies (flétrissement bactérien) qui ont des effets directs sur les rendements. En réponse à cette situation climatique, les paysans ont développé plusieurs stratégies d'adaptation. Pour résister aux aléas climatiques

Corresponding Author: DJUIDJE KAMOGNE Flore

auxquels sont soumises les cultures de saison sèche, l'irrigation manuelle ou par des canaux à partir des rivières sont construits. D'autres par contre créent en saison de pluies des bacs de terre pour la rétention de l'eau de pluies afin d'arroser les cultures en cas de déficit hydrique.

MOTS-CLEFS: Changement climatique, Variabilité climatique, Maraîchage, Adaptation, Périurbain.

1 INTRODUCTION

Le changement climatique constitue l'un des plus grands défis actuels auxquels l'humanité est aujourd'hui confrontée. En effet, selon le 4e rapport du GIEC (Groupe Intergouvernemental d'Experts sur l'Evolution du Climat), le réchauffement du système climatique est sans équivoque [1]. L'Afrique dont le taux d'émission des gaz à effet de serre est le plus faible (<4%) est présentée comme le continent le plus vulnérable aux chocs climatiques qui s'annoncent ([1].

Le réchauffement du système climatique a des répercussions énormes sur les activités humaines notamment l'agriculture qui est très dépendante du climat. Selon le [2], la température moyenne annuelle du Cameroun a augmenté de 0,7°C de 1960 à 2007, tandis que les précipitations moyennes annuelles ont diminué d'environ 2,9 mm chaque mois soit 2,2% depuis 1960. En rappel, après la conférence des Nations Unies sur l'Environnement et le Sommet de Rio au Brésil en 1992, le Cameroun a ratifié en 1994 la Convention-Cadre des Nations Unies sur les Changements Climatiques (CCNUCC) ou Convention de Rio. En adhérant à la CCNUCC, le gouvernement camerounais entend maintenir ses efforts dans le sens de la poursuite des réformes engagées à l'international pour prévenir les effets des changements climatiques sur le plan national.

L'agriculture étant très vulnérable à la variabilité climatique, le Cameroun, tout comme de nombreux pays ont fait la promotion des cultures maraîchères qui sont des plantes à cycle végétatif court. Ces cultures permettent de diversifier rapidement la production agricole, d'améliorer l'équilibre nutritionnel de la population mais aussi d'augmenter les revenus des agriculteurs, d'améliorer les conditions de vie du monde rural et de réduire le déficit de la balance des paiements [3]. Pour certains producteurs, le maraîchage prolonge en saison sèche les cultures vivrières de la saison de pluie et leur procure ainsi des revenus supplémentaires. Il n'est cependant pas en marge du phénomène de variabilité climatique actuel. Cette étude s'inscrit dans une approche agroclimatique mettant en relief la variabilité climatique et son incidence sur la production des cultures maraîchères dans le périurbain de Bafoussam (Ouest-Cameroun).

2 MATÉRIEL ET MÉTHODES

2.1 CHOIX DE LA ZONE D'ÉTUDE

La ville de Bafoussam est le chef-lieu de la région de l'Ouest du Cameroun par ailleurs chef-lieu du Département de la Mifi qui comprend trois arrondissements. Ce département est situé entre la longitude 10°20' et 10°41'67''Est, la latitude 5°24' et 5°46'67''Nord et s'étale sur une superficie de 402 km^2.

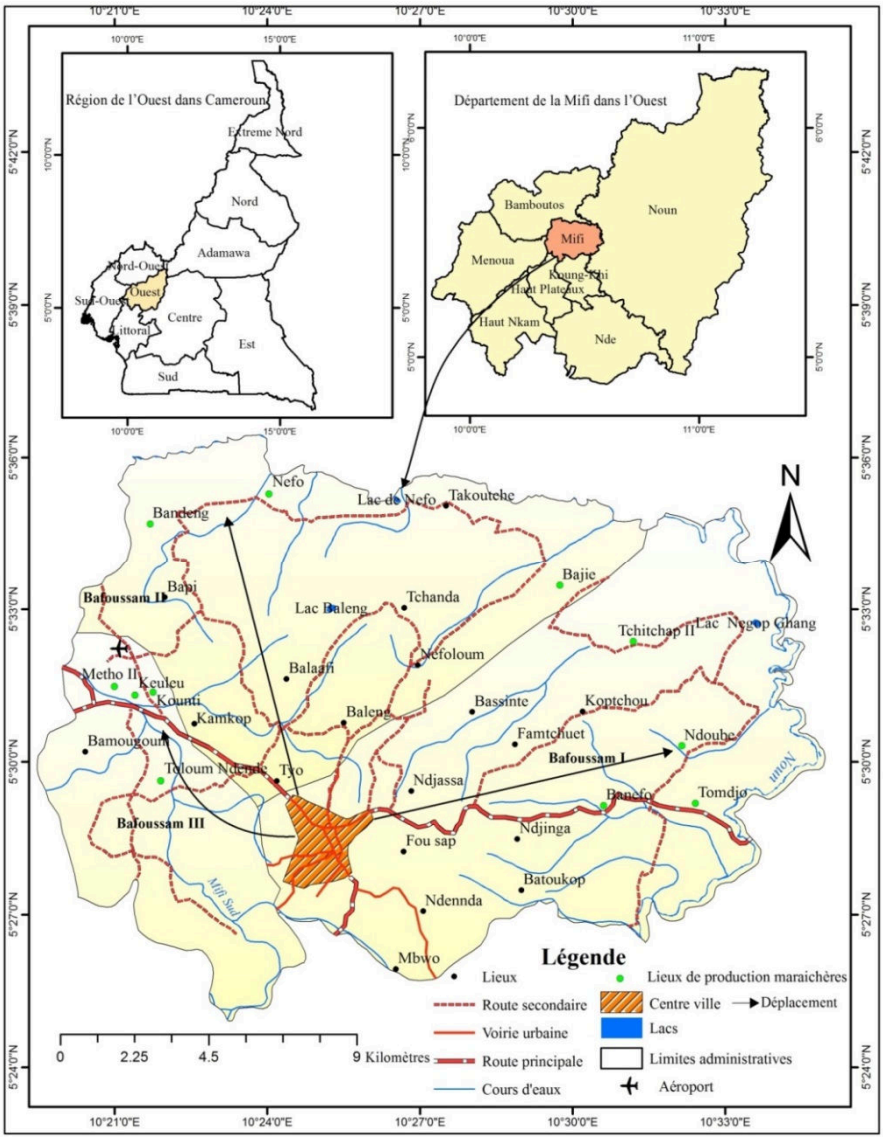


Fig. 1. zone d'étude Source : Institut National de Cartographie 2011

La zone périurbaine de Bafoussam a été choisie à cause de sa proximité avec le centre urbain qui enregistre les grandes consommations agricoles. Notons qu'en 2005, la ville de Bafoussam comptait 98339 habitants [4]. Le département quant à lui a vu passer sa population de 202193 habitants en 1987 avec une densité de 502,97 hab. /km^2, à 301456 habitants en 2005 puis 312889 habitants en 2010 avec une densité de 778 hab. /km^2 (BUCREP Résultats du 3ème RGPH 2005).

2.2 COLLECTE DE DONNÉES

Les données utilisées dans cette étude sont de trois ordres.

Données d'enquête qui sont les données primaires recueillies auprès de 70 producteurs (choisis de manière aléatoire dans tout le département) maraîchers par le biais du questionnaire ainsi qu'auprès des cadres locaux grâce à des interviews. Elles ont permis à mieux cerner la perception des populations paysannes de la variabilité climatique, à identifier les principales contraintes thermiques et pluviométriques, d'évaluer la vulnérabilité des producteurs et d'analyser les pratiques développées par ces derniers pour s'adapter à la variabilité des paramètres climatiques.

Données météorologiques : il s'agit des moyennes mensuelles des températures minimales, des températures maximales ainsi que des pluviométries mensuelles de 1999 à 2015 qui ont été obtenues au service météorologique de l'aéroport de Bafoussam - Bamougoum.

Données agricoles obtenues à la Délégation Départementale de l'Agriculture et du Développement Rural de la Mifi ainsi qu'auprès des chefs de Poste Agricole.

2.3 ANALYSE ET TRAITEMENT DES DONNÉES

L'INDICE D'ANOMALIE PLUVIOMÉTRIQUE

Cet indice qui est une moyenne des cumuls pluviométriques saisonniers centrés et réduits a pour vocation d'indiquer à lui seul si la saison peut être qualifiée d'excédentaire (IPS□0) ou de déficitaire (IPS□0). De ce fait, les indices de chaque variable pour la station de Bafoussam se calculent par la formule suivante : $\boldsymbol{Xi'} = \frac{\boldsymbol{Xi} - \bar{X}}{\boldsymbol{\partial(X)}}$

Xi' = Anomalie centrée réduite pour l'année i ; *Xi* = Valeur de la variable

$\bar{X}$= Moyenne de la série ; □*(X)* = Ecart – type de la série

L'INDICE DE PLUVIOSITÉ

Il a été utilisé dans l'étude de la variation mensuelle des précipitations via l'équation :

IP = $\frac{\boldsymbol{Pi}}{\boldsymbol{P}}$ (avec Pi = hauteur de pluie mensuelle et P = moyenne mensuelle de pluie)

Certains auteurs ont exposé de façon significative de cet indice dans l'étude de la variation du climat [5,6].

DÉTERMINATION DE LA DROITE DE RÉGRESSION

La droite de régression est définie d'après l'équation suivante :

Y = Ax + B avec **A = cov (x, y) / X²** et **B = m (y) – am (x) (5)**

Avec en **A,** la pente de la droite de régression par rapport à l'axe des **x**, ou encore le taux moyen de croissance des précipitations par unité de temps ; en **B** la coordonnée verticale de l'intersection entre la droite de régression et l'axe des ordonnées y.

Ces différents procédés et tests statistiques ont été dépouillée grâce au logiciel SPSS version 23, Microsoft Excel 2016 et le logiciel R.

3 RESULTATS ET DISCUSSION

3.1 CARACTÉRISATION DE LA VARIABILITÉ CLIMATIQUE

3.1.1 APERÇU DE LA VARIABILITÉ CLIMATIQUE PAR LES PRODUCTEURS

Les producteurs maraichers sont tous unanimes à l'aperçu de la perturbation ces dernières années des paramètres du climat. Cette perturbation se fait ressentir au niveau du début de la saison des pluies qui auparavant était en mars. Pour 69% des producteurs, elle commence ces récentes années en février et est entrecoupée par des séquences sèches pour ne reprendre qu'en avril voire jusqu'en mai. En plus, il fait de plus en plus chaud et les évènements extrêmes ne sont pas en reste : les vents sont plus violents (les producteurs mesurent la violence des vents par les conséquences des rafales de vent qui sont perceptibles par le renversement des plantes lorsque les vents sont violents ou alors des tiges pliées lorsque les rafales sont moins violentes), l'intensité de la sécheresse est récurrente et les inondations sont très fréquentes.

3.1.2 ETUDE DE LA VARIATION DES PRÉCIPITATIONS

L'étude intra-annuelle s'observe au niveau de la variabilité mensuelle des précipitations. Ainsi, il faut relever que le climat de la zone d'étude est un climat tropical humide à deux saisons : une longue saison pluvieuse qui va de mi-mars à mi-octobre et une courte saison sèche allant de mi-novembre à mi-mars.

Les saisons tendent à se modifier au fil des ans et il n'est plus facile de situer une saison dans le temps d'où l'analyse des précipitations mensuelles qui permet de saisir l'évolution des précipitations. Il est nécessaire de distinguer les mois secs des

mois pluvieux. Cette analyse va permettre aux producteurs maraîchers de connaitre les mois pendant lesquels les pourcentages de réussite des semis sont élevés afin d'ajuster le calendrier agricole.

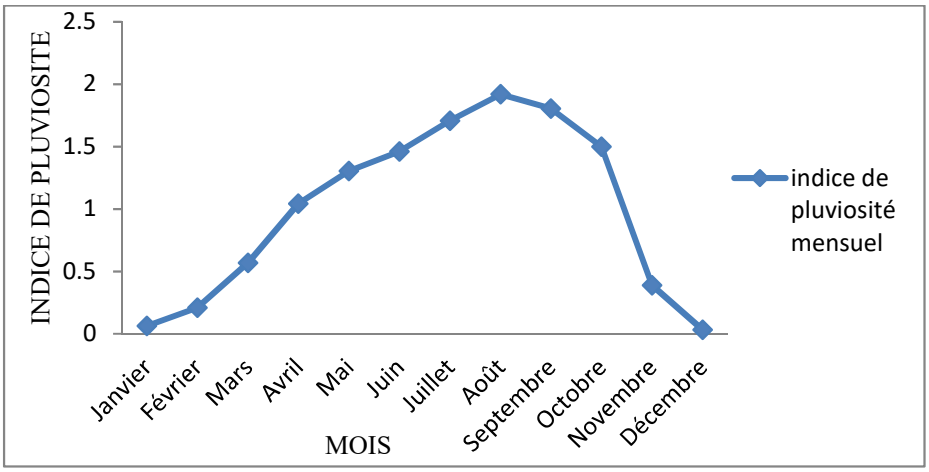


Fig. 2. Evolution de l'indice de pluviosité mensuelle

En se référant à l'indice de pluviosité mensuel, sept mois présente des indices supérieurs à 1 et cinq mois ayant des indices inférieurs à 1. Il s'agit notamment novembre, décembre, janvier, février et mars (mois secs) et avril, mais, juin, juillet, aout, septembre, octobre (mois humides). Durant ces mois secs, certains agriculteurs optent pour la culture des maraichères dans la zone d'étude. L'intensification de la sècheresse durant ces mois rend vulnérables les cultures mises en champ.

L'analyse des précipitations annuelles est primordiale car elle permet de décrire et de caractériser leur distribution dans le temps. En plus, elle permet également d'apprécier l'ampleur des déficits et des excédents.

L'étude interannuelle présente plus les différences entre les années sur la base du calcul de l'indice d'anomalie pluviométrique. Cet indice climatique permet de déterminer le caractère humide ou sec des années allant de 1999 à 2015 (***figure 3***).

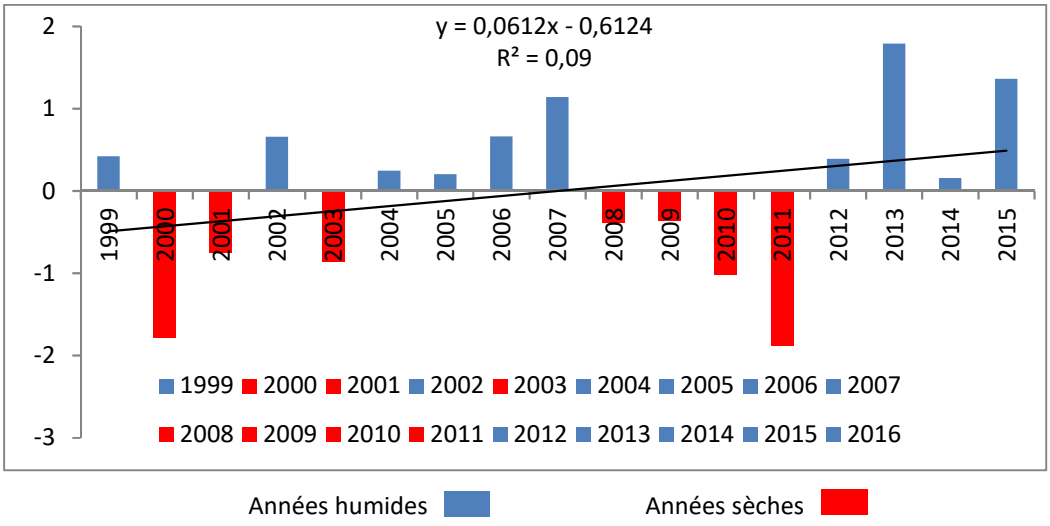


Fig. 3. Indice d'anomalie pluviométrique à Bafoussam (de 1999 à 2015)

Il découle de cette analyse que la pluviométrie de Bafoussam au cours de ces 17 dernières années présente 10 années à pluviosité excédentaire et 7 années à pluviosité déficitaire. Les années déficitaires connaissent 2 périodes excédentaires (humides) allant respectivement de 2004 à 2007 et de 2012 à 2015 ; et une période déficitaire (sèches) allant de 2008 à 2011. On relève par ailleurs la présence des années humides intercalées dans les périodes à pluviométrie déficitaire : c'est le cas de

l'année 2002. L'année 2007 marque une année de rupture dans l'évolution de l'indice. De 1999 à 2007, la tendance est négative et de 2007 à 2015, la tendance est positive.

L'analyse de la régression linéaire présente sur le plan interannuel une augmentation des précipitations de 1999 à 2015. Il faut noter que la valeur R^2= 0.09 montre une faible variation des précipitations en fonction des années. Cependant, le niveau de signification de cette variation est déterminé par le p-value par rapport à la valeur alpha. L'analyse a permis de montrer que le p-value (0,14)>0.05 (alpha), d'où une non significativité de la variation de précipitation de 1999 à 2015. De plus, la pente estimée à 10.29 démontre l'évolution de la quantité de pluies annuelle de 1999 à 2015 (***figure 4).***

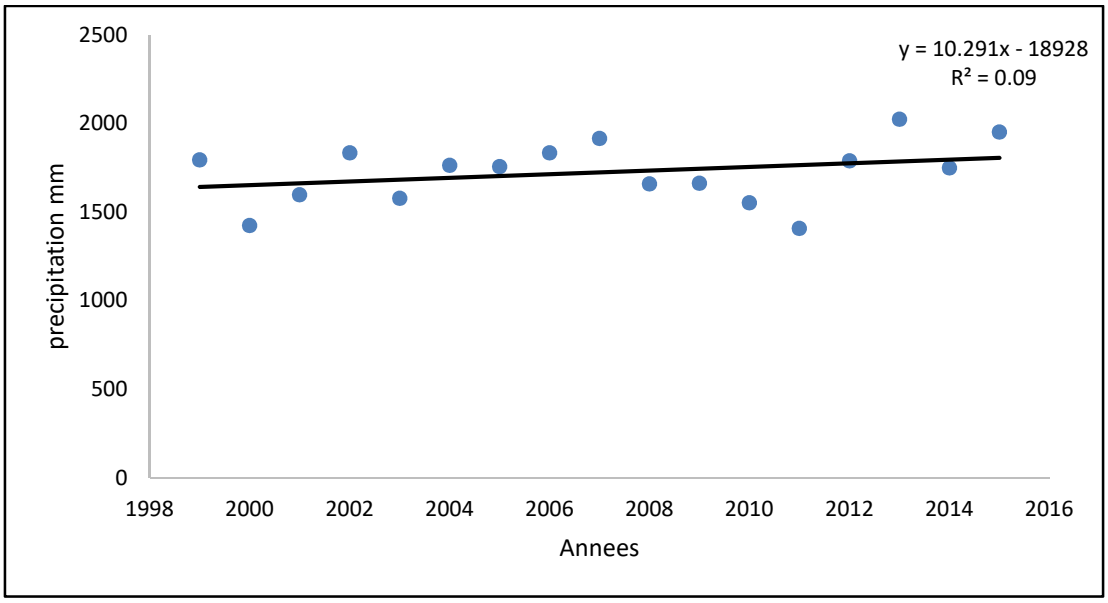


Fig. 4. Analyse de la régression des données de précipitations de 1999 à 2015

3.1.3 VARIATION DES TEMPÉRATURES

En dépit d'une nette augmentation des températures de ces dernières années, nous observons une grande fluctuation annuelle de celles-ci dans la zone d'étude. En effet, la moyenne de certaines années est inférieure à la moyenne interannuelle tandis que celle des autres est supérieure. Ainsi, le diagramme ci-dessous présente graphiquement les fluctuations interannuelles compare à la moyenne.

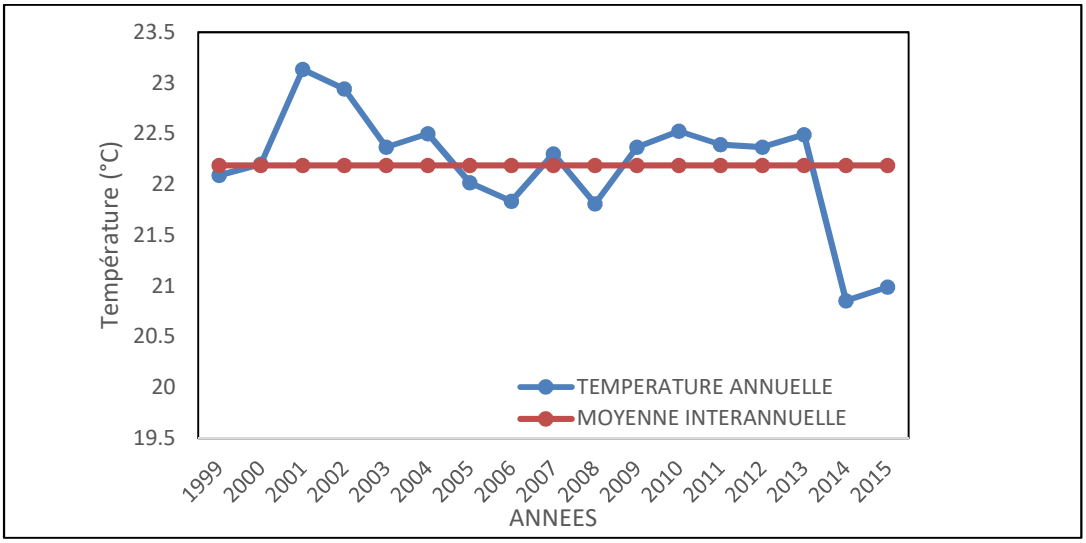


Fig. 5. Aperçu de la variabilité interannuelle des températures de Bafoussam

Ce diagramme nous présente respectivement la variabilité interannuelle et la moyenne des températures de notre zone d'étude sur la période allant de 1999 à 2015. Sur les dix-sept années que nous avons étudiées, 11 sont supérieures à la moyenne soit 65% et 6 sont inférieures soit 35%. Compte tenu de la moyenne interannuelle des températures qui est de 22,19°C, l'année ayant eu la plus faible température est 2014 (avec une température annuelle de 20,85°C) ; et celle de la plus forte température est 2001 (23,13°C). Nous constatons également qu'à partir de 2009, la fréquence des années dont les températures sont supérieures à la moyenne a été de plus en plus forte. Cependant, nous remarquons qu'en 2014, il y a eu une grande chute de celle-ci car l'on a enregistré 22,49°C en 2013 et 20,85°C en 2014. Par contre, il y a eu une nette évolution en 2015. Cette situation vient ainsi justifier les perturbations enregistrées tout au long de ces dernières années.

L'analyse de la régression linéaire présente une baisse des précipitations de 1999 à 2015.

Il faut noter que la valeur R^2= 0.26 montre une faible variation de 26% des températures en fonction des années. Toutefois, L'analyse a permis de montrer que le p-value (0,01) <0.05 (alpha), d'où un important niveau de signification de la variation des températures de 1999 à 2015. De plus, pente estime à -0.05 démontre l'évolution de la température annuelle de 1999 à 2015 (***figure 6).***

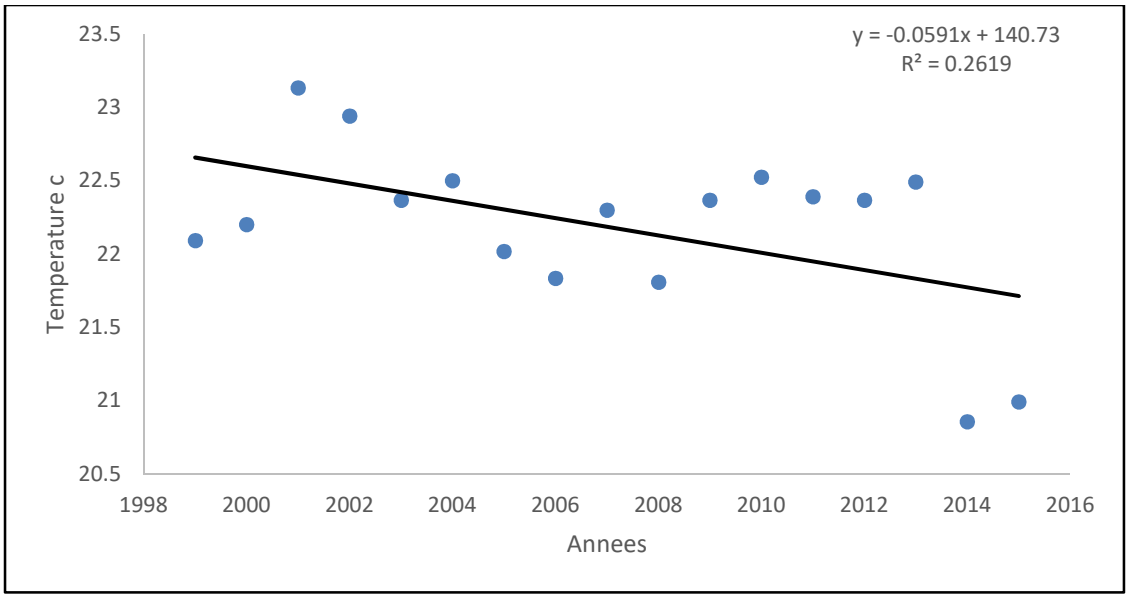


Fig. 6. Analyse de la régression des données de température de 1999 à 2015

3.2 INFLUENCE DE LA VARIABILITÉ CLIMATIQUE SUR LES CULTURES MARAICHÈRES

3.2.1 EFFETS DE LA VARIABILITÉ CLIMATIQUE APERÇUS PAR LES PRODUCTEURS

Les producteurs maraichers font face aux contraintes climatiques et non climatiques qui ont une très forte incidence sur la production.

Ces différentes contraintes identifiées affectent la plante à divers stades de sa croissance (de la germination à la maturité) [7], [8], [9]. Ainsi, de nombreux facteurs sont soulevés engendrant de ce fait d'énormes dommages.

Tableau 1. Aperçu de l'influence de la variabilité climatique sur les cultures maraîchères

Facteurs	Impacts
Baisse du cumul pluviométrique	➢ Assèchement des plantes suite au manque d'eau ➢ Insuffisance d'eau pour l'irrigation des champs ➢ Hausse des problèmes phytosanitaires avec l'apparition et la récurrence des maladies sur les plantes (apparition des chenilles dans les choux et sur la tomate) ➢ Hausse des rendements au niveau des bas-fonds
Augmentation des températures	➢ Avortements de plus en plus fréquents au niveau de la pépinière ➢ Apparition de nouveaux adventices qui concurrencent avec les cultures ➢ Au moment du repiquage, il y a une augmentation du taux d'avortements ➢ Ralentissement de la croissance des pépinières de tomate, d'oignon et bien d'autres
Inondations	➢ Submersion des champs ➢ Abandon des parcelles ➢ Perte de la production
Sécheresse	➢ Baisse de la fertilité ➢ Dégradation du sol par son endurcissement ➢ Augmentation du nombre de semis
Démarrage tardif de la saison des pluies	➢ Baisse des rendements agricoles ➢ Maturation partielle

3.2.2 DÉVELOPPEMENT DES MALADIES CRYPTOGAMIQUES SUR LES PLANTES

De plus en plus, les producteurs observent de nouvelles maladies sur les plantes suite à la variation des paramètres climatiques. Ceci rend rude le développement des cultures.

[10] a relevé que de nombreux facteurs climatiques influencent la productivité maraîchère au Bénin dont les températures élevées, le démarrage tardif des pluies de la grande saison, la diminution des hauteurs pluviométriques ainsi que du nombre de jours de pluies, la persistance de la sécheresse pendant la période de la grande saison sèche.

Des fortes températures sont à l'origine du flétrissement bactérien, l'attaque, la grippe ou le rabougrissement des plantes et en période de fortes précipitations on a la présence des mildious, des virose).



Photo 1 : Plants de tomate desséchés suite aux fortes températures

Par ailleurs, notons que les problèmes tels que les sécheresses sont particulièrement dommageables au moment du semis, mais encore plus au moment de la floraison et de la formation des fruits. [11] menant une étude semblable dans la région de Tillabéri au Niger, relève que la hausse des températures, la baisse des cumuls pluviométriques ainsi que les inondations constituent les risques identifiés pour les cultures maraîchères.



Photo 2 : Tige et de fruits de tomate atteints de mildiou

L'excès de pluies provoque l'asphyxie du sol d'où la pourriture et l'attaque des plantes.



Photo 3 : Plants de tomate atteints de flétrissement bactérien

Cependant, il est à noter qu'avec la survenue des maladies cryptogamiques dépendant à la fois des conditions climatiques et environnementales, on enregistre une baisse de la productivité avec pour conséquence la hausse des prix sur le marché. Ceci implique la diminution du pouvoir d'achat des ménages et l'exclusion des populations démunies à l'accès d'un certain type de bien [12]. La commercialisation des denrées agricoles notamment maraichères, n'est pas profitable aux agriculteurs. Cette

situation rend difficile la résilience des producteurs compte tenu de la dépendance du bien être des producteurs des bénéfices générés.

Les récoltes issues de la production suivent une multitude de flux commerciaux entre les milieux ruraux et urbaines. Par exemple, la production du département de la Mifi sont commercialisées au niveau des marchés locaux et celle situe dans des grandes métropoles (Douala et Yaoundé). La figure ci-dessous illustre les flux commerciaux des cultures maraichères.

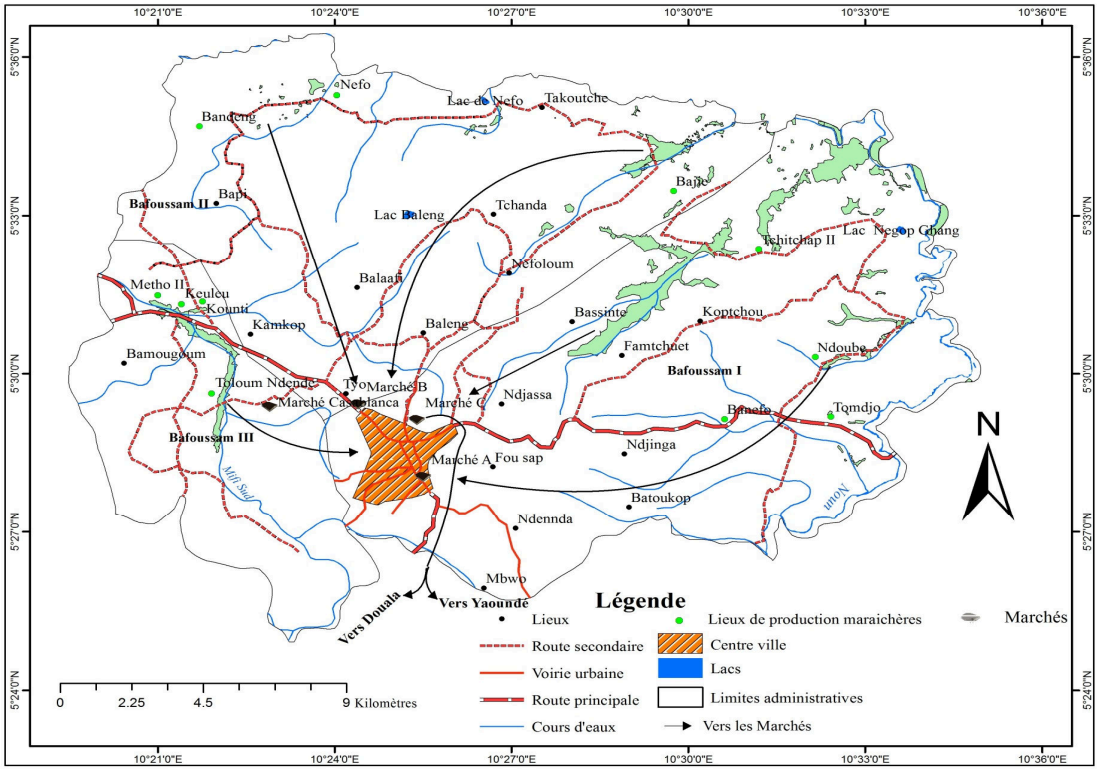


Fig. 7. Flux de commercialisation des bassins de production vers les marchés

Sources : *Enquête de terrain (2016), l'image Google Earth (2016) et carte topographique de Bafoussam à 1/50000 (INC)*

3.3 STRATÉGIES D'ADAPTATION À LA VARIABILITÉ CLIMATIQUE

3.3.1 ITINÉRAIRE TECHNIQUE

D'après l'enquête de terrain, 90% des producteurs en vue de contrecarrer les maladies répétitives et les insectes qui surviennent font recours aux produits phytosanitaires (les fongicides, les insecticides, les pesticides). Les pratiques similaires ont été relever par [13] dans une étude menée a Dimako Région de l'Est Cameroun. Notons qu'avec de fortes pluies le traitement de la tomate est plus intense car lorsqu'il est administré sur les jeunes plants, il doit faire trois jours au moins pour être réussi. Par contre, si les pluies tombent avant ce délai, le producteur est obligé de reprendre le traitement pour éviter la prolifération rapide des maladies.

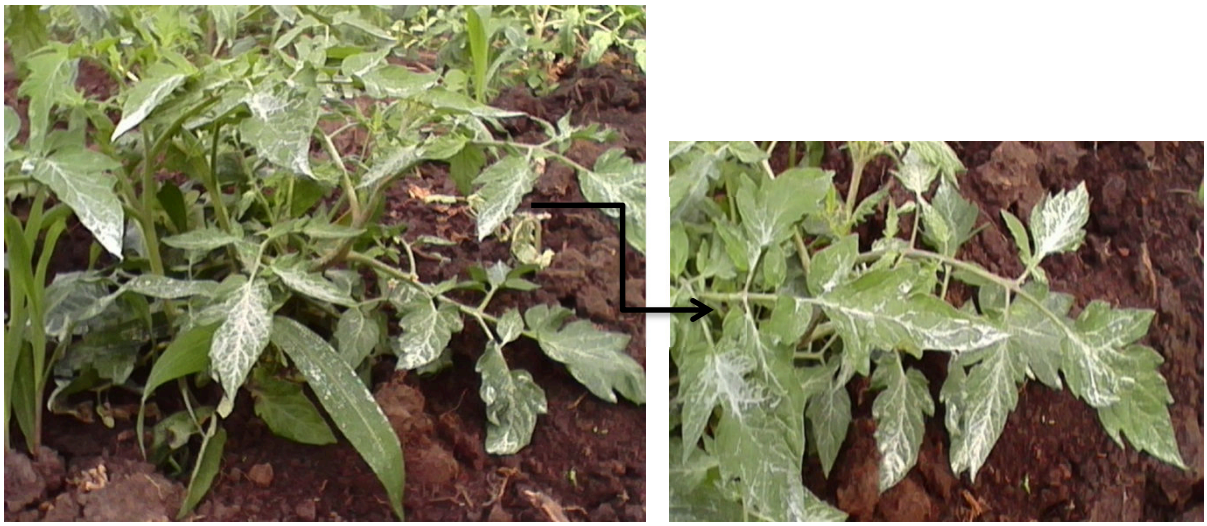


Photo 4 : Plants de tomate nouvellement traités

Source : *Cliché Djuidje Flore (2016)*

En saison sèche, les producteurs concentrent plus le traitement contre les chenilles car elles sont plus nombreuses sur les plantes à cette période. Les producteurs utilisent également de la fumure organique en vue de maintenir l'humidité du sol pendant longtemps en saison sèche. Ainsi, ça leur permet de réduire les quantités d'eau nécessaire pour arroser les plantes. Certains producteurs par contre font des billons de grande hauteur au niveau des marécages pour maintenir l'eau entre les billons afin de conserver ainsi l'humidité du sol (***photo 5***).



Photo 5 : Aménagement des billons de grande hauteur dans les bas-fonds en saison sèche

En saison de pluies au niveau des collines, les producteurs aménagent des étangs pour recueillir les eaux de pluies qui tombent et ainsi arroser les plantes lorsqu'il y a déficit d'eau. La photo 6 montre un étang aménagé à l'aide de bâches en plastiques qui sont mises dans un trou creusé pour la circonstance.



Photo 6 : Etang aménagé en colline en saison pluvieuse Source : Cliché Djuidje Flore (2016)

En saison pluvieuse dans les bas-fonds, les producteurs font des drains pour faire circuler l'excédent d'eau hors des champs qui provient soit des pluies torrentielles, soit du lit de la rivière à proximité qui a débordé.

3.3.2 DIVERSIFICATION DES SOURCES DE REVENUS

Les producteurs maraîchers, qui, lorsque les campagnes ne sont pas bonnes et ne comblent pas leurs dépenses, sont amenés à développer d'autres activités. Certains associent au maraîchage la production des cultures vivrières (le maïs à cycle court, le haricot, le taro, le macabo, la banane, le plantain), des cultures de rente (le café). D'autres ont de différentes activités principales et font du maraîchage une seconde activité afin de joindre les deux bouts.

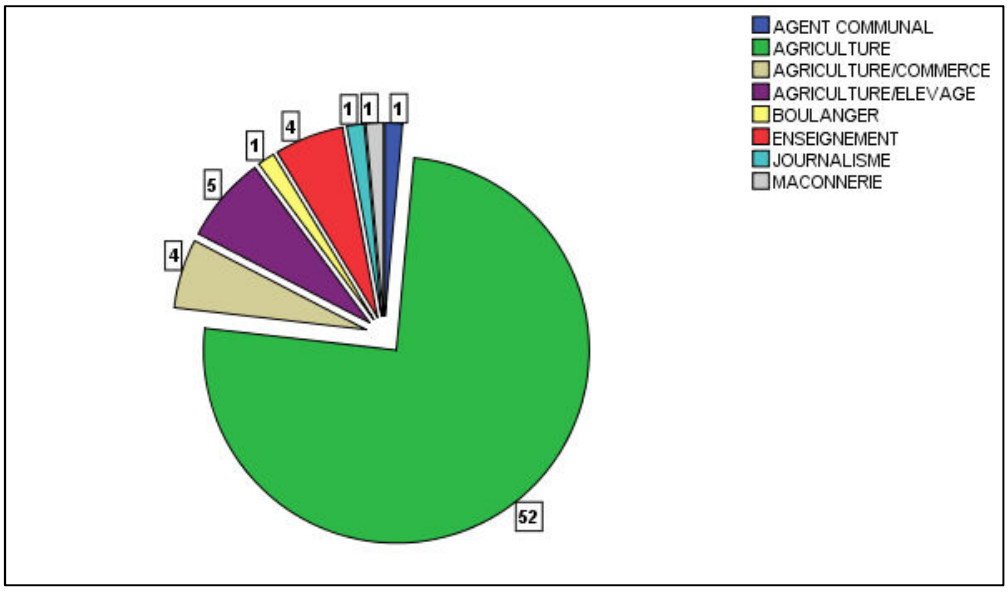


Fig. 8. Autres sources de revenus des producteurs

Sur cette figure, nous avons des revenus supplémentaires divers provenant d'autres activités. Nous pouvons lire que 5 producteurs associent l'activité maraîchère à l'élevage, 4 l'associent au commerce, 4 sont des enseignants, 1 est un agent communal. Nous devons noter que les 52 producteurs qui ne font que de l'agriculture pratiquent également la culture vivrière ainsi que l'élevage traditionnel (poules du village, porc, chèvre).

Compte tenu de son importance dans les stratégies d'adaptions, plusieurs auteurs à l'instar de [14], [15], [16], [17] ont relever le rôle primordial joue par la diversification des activités par les agriculteurs afin de résister aux effets néfastes des aléas climatiques.

4 CONCLUSION

Au terme de cette étude, la variation des paramètres climatiques dont les précipitations et les températures a une grande influence sur les rendements des cultures maraîchères dans la zone périurbaine de Bafoussam. [18] montrent que la forte variation de la pluviométrie influence les rendements de production qui sont plus significatifs en régime monomodal qu'en régimes bimodal et trimodal.

L'analyse des données climatiques (précipitations et températures de 1999 – 2015) présente une importante variation mensuelle et annuelle. À l'échelle interannuelle, les précipitations diminuent conformément aux résultats publiés dans le quatrième rapport du GIEC en 2007. L'indice d'anomalie pluviométrique présente 7 années déficitaires (années sèches) avec des années consécutives de 2008 à 2011. Ainsi, des années excédentaires s'étendent sur 10 années (années humides) avec deux phase consécutives, il s'agit de 2004 – 2007 et de 2012 – 2015. La variation mensuelle du climat est caractérisée par sept mois pluvieux et cinq mois secs.

Les aléas climatiques identifiés dans la zone d'étude ont des effets sur le cycle phénologique de la plante ainsi que la production maraîchère. Par exemple, les aléas climatiques tels que les pluies violentes, le stress hydrique occasionnent la baisse des rendements, l'apparition des maladies et l'invasion des plantes par les chenilles et les insectes nuisibles. L'on a constaté que le réchauffement accéléré due à l'augmentation des températures et la baisse des précipitations a favorisé un foisonnement de maladies cryptogamiques détruisant les plantes. La multiplication de ces maladies sur les plantes ont réduit sensiblement les rendements de 2012 à 2015.

Pour résister à ces fléaux climatiques, les producteurs mettent sur pied des mesures d'adaptation pour faire face à la variabilité climatique. Nous pouvons citer entre autres : l'utilisation des produits phytosanitaires, l'aménagement des étangs en saison pluvieuse, la diversification des sources de revenus, l'aménagement des drains sous forme de billons pour évacuer l'excédent d'eau. Ces savoir-faire techniques mise en place par la population agricole pour résister aux aléas climatique reste isolés d'une communauté à une autre. Leur diffusion d'une région à une autre demeure un réel défi, pour la réduction du problème de mauvaise adaptation qui a pour effets la croissance de la vulnérabilité des producteurs au Cameroun.

REFERENCES

[1] GIEC, 2007 : Bilan 2007 des changements climatiques. Contribution des Groupes de travail I, II et III au quatrième Rapport d'évaluation du Groupe d'experts intergouvernementale sur l'évolution du climat (Equipe de rédaction principale, R.K. Pachauri et A. Reisinger). GIEC, Genève, Suisse, 103 pages.

[2] PNUD (Programme des Nations Unies sur le Développement) (2008). Human Development Report 2007/2008*, Oxford, Oxford University Press, 399 p.*

[3] THEOPHILE MARC NDIONE (2009), Le rôle du périmètre maraîcher de KEUR SAÏB NDOYE dans l'approvisionnement du marché central de THIES en produits maraîchers (légumes), maîtrise en Géographie, Université Cheikh Anta Diop de Dakar.

[4] BUCREP, 2005. Etat et Structures De La Population — Indicateurs Démographiques (3e RGPH), Technical Report BUCREP, Yaoundé, http://www.bucrep.cm/(2005), p. 48

[5] BADJANA HEOU MALEKI ET AL. (2014), Analyse de la variabilité temporelle et spatiale des séries climatiques du Nord du Togo entre 1960 et 2010, European Scientific Journal, ed.vol.10, n°11, 19 pages.

[6] ABDOU ALI, THIERRY LEBEL, ABOU AMANI (2008), Signification et usage de l'indice pluviométrique au Sahel, sécheresse vol. 19, n°4.

[7] BOGNINI S. (2011), Impacts des Changements Climatiques sur les cultures maraîchères au Nord du Burkina Faso : cas de Ouahigouya, RENAF (Réseau National des Agro-sylvo-pasteurs du Faso), 38 pages.

[8] C. BOISSON, J.L. RENARD., 1987**.** Les maladies cryptogamiques des plantes maraîchères en Côte d'Ivoire, l'agronomie tropicale, O.R.S.T.O.M collection de Référence n°1739.

[9] CLOPPET E., 2004. Impact agronomique et sylvicole du changement climatique. La Météorologie., N°45, p 43-50.
[10] MARTHE MONTCHO (2014), Impacts de la variabilité climatique sur la production maraîchère au Bénin : cas de la Commune d'Abomey-Calavi. Publié le 19 octobre 2014.
[11] NOUHOU K. (2012), L'agriculture face aux Changements Climatiques dans la région de Tillabéri : quelles stratégies d'adaptation ? Cas des villages de Farié Haoussa, Damana et N'Dounga, mémoire de fin d'études en Changements climatiques et Développement durable, 102 pages
[12] TEUKAM N. (2011), Changements climatiques et infrastructures de la Communauté Urbaine de Bafoussam, mémoire de fin d'études en Gestion Urbaine, Université de Yaoundé II.
[13] TCHUENGA SEUTCHUENG T.G., 2015. Variabilité Pluviométrique et son incidence sur la production du maïs dans l'arrondissement de DIMAKO, Mémoire de Master II, UYI, 164pages.
[14] CHETIMA B., 2006. Variabilité des précipitations et stratégies de lutte contre la sécheresse en zone sahélienne : cas des cantons de Kolofata et de Kourgui. Mémoire de maîtrise en géographie, UYI 96 p.
[15] FEUGUE KENFACK (2012), Variabilité Climatique et adaptation de l'agriculture paysanne sur les versants Sud des Monts-Bamboutos : cas de Feumock (Bafou-Nord), mémoire de fin d'études, 126 pages.
[16] FEUMBA, R., 2001. Variabilité pluviométrique saisonnière et comportement des cultivateurs de Tomates à BANTOUM. Mémoire de Maîtrise en Géographie UYI, 134p.
[17] SOPDJI E., 2010. Variabilité climatique et adaptation de l'agriculture paysanne dans l'arrondissement de Foumbot. Mémoire de Master II, UYI, 136p.
[18] AMOUGOU J.A, ABOSSOLO S. et BATHA R.A., 2013. Dynamique du climat et impacts sur la production du maïs dans la région de l'ouest du Cameroun, Rev.Ivoir. Sci. Technol., 21&22 (2013) 209 – 234p.

International Journal of Innovation and Applied Studies
ISSN 2028-9324 Vol. 27 No. 1 Aug. 2019, pp. 33-42
© 2019 Innovative Space of Scientific Research Journals
http://www.ijias.issr-journals.org/

Pollution des eaux de surface par les éléments nutritifs et lien avec l'urbanisation à l'échelle des bassins versants de l'Okpara à Parakou (Bénin)

[Surface water pollution by nutrients and link with urbanization at the scale of watersheds from Okpara in Parakou (Benin)]

Maurille P. S. LANMANDJEKPOGNI[1], François de Paule CODO[1], and Benjamin K. YAO[2]

[1]Laboratoire des Sciences et Techniques de l'Eau (LSTE), Institut National de l'Eau (INE), Université d'Abomey-Calavi UAC-BENIN / 01BP :1636 RP Cotonou, Benin

[2]Laboratoire des procédés Industriels, de Synthèses et de l'Environnement et Des Energies Nouvelles (LAPISEEN), Institut National Polytechnique Houphouët-Boigny (INPHB), Côte d'Ivoire

Copyright © 2019 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 developing countries, cities urbanization usually lack planning processes and quantitative consideration of impacts on aquatic receptors. This work evaluates by defining a nutrient quality index, the link of urban increasing with surface water resources quality. Four basins of different levels of urbanization in the Parakou city in West Africa served as a framework for the study. For headwater basins, which are essentially urban extension area (Ganré in the North and Dama in the South), the results indicate that the surface waters are of a very close and fairly good quality with a minimal index of 0.95 in the rainy season and 0.88 in the dry season. The basins of the old urban core, Kokouro and the wonka are at 0.84 in the rainy season and 0.89 in the dry season at the minimum. The quality index deviations obtained are not more than ± 0.08. Good consistency is obtained between our quality index with the organic pollution index of Leclercque and 72.49% variance of the dependency link between urbanization and surface water pollution can be explained by the quality indices and subdivision indices. These results indicate the need for better management of urban sprawl for the preservation of the quality of surface water resources.

KEYWORDS: water resources, urbanization, Parakou, index, sanitation.

RESUME: Dans les pays en développement, les processus d'urbanisation des villes manquent généralement de planification d'une part et d'une prise en compte quantitative des impacts sur les récepteurs aquatiques d'autre part. Le présent travail évalue en définissant un indice de qualité sur les éléments nutritifs, l'évolution de la pression urbaine sur les ressources en eau de surface. Quatre bassins de différents niveaux d'urbanisation dans la ville de Parakou en Afrique de l'Ouest ont servi de cadre à l'étude. Pour les bassins de tête, qui sont essentiellement des zones d'extension urbaine (le Ganré au Nord et le Dama au Sud), les résultats indiquent que les eaux de surface sont d'une qualité très proche et assez bonne avec un indice minimal de 0.95 en saison pluvieuse et 0.88 en saison sèche. Les bassins du noyau urbain ancien, de Kokouro et du wonka sont à 0.84 en saison de pluie et 0.89 en saison sèche au minima. Les écarts d'indice de qualité obtenus sont d'au plus ± 0.08. Une bonne cohérence est obtenue avec l'indice de pollution organique de Leclercque et 72.49% de variance du lien de dépendance entre l'urbanisation et la pollution des eaux de surface peut être expliquée par les indices de qualité et les indices de lotissement. Ces résultats indiquent la nécessité d'une meilleure gestion du phénomène d'étalement urbain pour la préservation de la qualité des ressources en eau de surface.

MOTS-CLEFS: ressources en eau, urbanisation, Parakou, indice, assainissement.

1 INTRODUCTION

La préservation de la qualité des ressources en eau au profit des générations futures est un enjeu capital au XXI[e] siècle au regard de la gravité des risques annoncés au sujet de l'approvisionnement en eau potable pour les années à venir [1]. A cet effet, la connaissance des mécanismes d'altération et les effets des modes de gestion des déchets sur les écosystèmes constituent des préoccupations scientifiques majeures depuis plusieurs décennies. Un retour d'expérience sur les modes de

Corresponding Author: Maurille P. S. LANMANDJEKPOGNI

gestion des eaux usées et des systèmes d'assainissement, indique une forte influence de la croissance démographique sur les rejets polluants des masses d'eau, et ceci, jusqu'en 2050, particulièrement en Afrique de l'Ouest [2].

Généralement les travaux de caractérisation physico-chimique font usage d'outils et indicateurs normatifs classiques pour le suivi de la pollution des eaux usées sur les bassins versants antrophisés [3]–[7]; Cependant, les besoins de prédiction, repositionnent la modélisation comme un outils plus intégrateur des paramètres de l'aide à la décision. L'intérêt de ces travaux est alors porté vers des analyses de vulnérabilité des eaux à la pollution notamment en milieu urbain [8]–[10]. Cette nouvelle orientation scientifique nécéssite des indicateurs intégrés qui tiennent compte d'une part, des relations entre les sources, les facteurs et les impacts de la pollution des ressources en eau et de la dynamique de croissance des régions d'autre part.

Les eaux de surface sont particulièrement difficiles à explorer compte tenue de la complexité de l'action de l'urbain. Quelques travaux ont utilisé avec succès, des indicateurs adimensionnés tels que les indices de pollution qui facilitent une analyse comparative lors de l'évaluation des effets de l'urbanisation sur la qualité de la ressource en eau, notamment en vue de garantir la disponibilité à long terme de l'eau potable à l'échelle d'une ville ou d'un bassin versant [11], [12] [13].

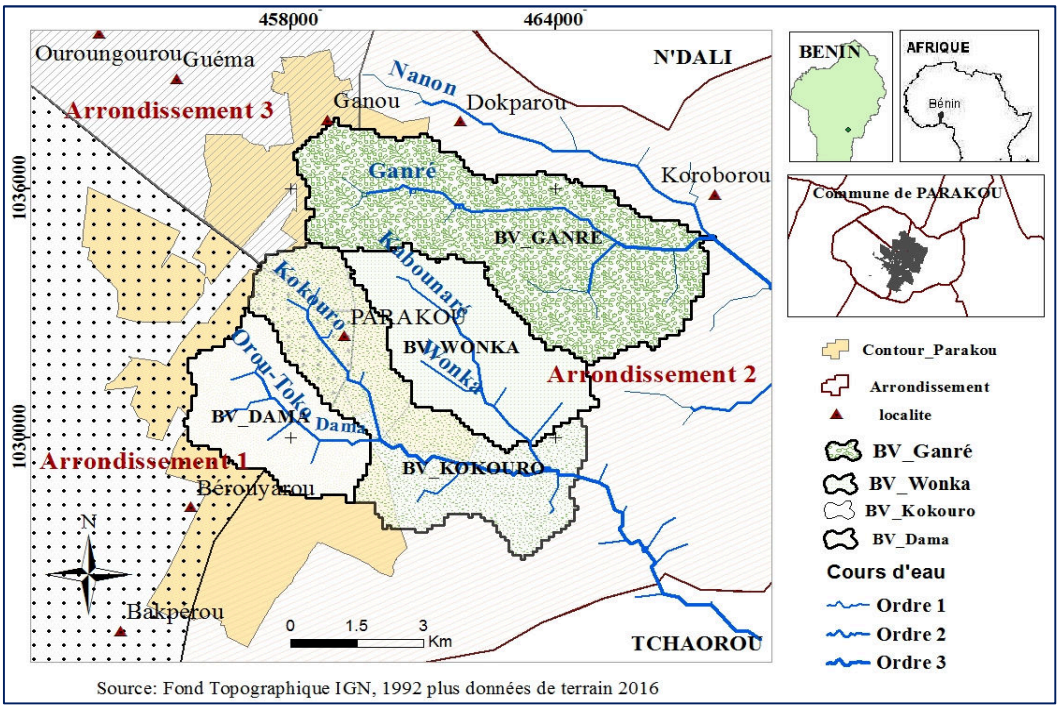
Le présent travail propose une approche de calcul d'un indice d'usure des eaux usées urbaines sur le bassin de l'Okpara au Bénin, afin d'en ressortir à partir des indicateurs de croissance, les relations avec les niveaux de développement urbain. Ainsi, ce travail se positionne comme un outil d'orientation de la politique de planification spatiale aux fins d'une meilleure gestion des ressources en eau de surface.

2 MATERIEL ET METHODES

2.1 LA ZONE D'ÉTUDE

Le bassin de l'Okpara à Parakou, est logé au Nord-Est du Bénin en Afrique de l'Ouest. Sur l'aire urbaine et ses environs immédiats, le bassin est subdivisé en quatre sous bassins topographiques : le Ganré au Nord vers la commune de N'Dali ; le Wonka et le Kokouro au centre et le Dama au Sud. D'une superficie totale de 235km², le bassin de l'Okpara est le siège d'un climat tropical humide de type soudano- guinéen avec une seule grande saison de pluie (mai à Octobre) et une seule saison sèche (Novembre à Avril). Les deux tiers de la ville de Parakou sont installés sur ce bassin dont le versant draine les eaux pluviales vers le fleuve Okpara à l'Est avec une circulation transitoire par les zones marécageuses de la ville.

La population de Parakou est estimée à environ 254254 habitants avec un taux d'accroissement passé de 3,86% entre 1972 et 1992, à 3,76% entre 1992 et 2002 et dernièrement 4,81% entre 2002 et 2013 [14]. Au vue des estimations initiales du RGPH3, les projections à l'horizon 2017 sur la taille de la population, ont été déjà atteintes en 2013; ce qui traduit une célérité du développement humain et des activités socio-économiques dans la ville.



Source: Fond Topographique IGN, 1992 plus données de terrain 2016

Fig. 1. Situation géographique et hydrographique de la zone d'étude

2.2 LES POLLUANTS PHYSICO-CHIMIQUES ET L'INDICE DE QUALITÉ $I_{d\xi}^{t}$

Les données utilisées ont été obtenues à l'issu de cinq campagnes de prélèvements et d'analyse d'eau usées prélevées *in situ* dans les courants superficiels du réseau de drainage de la ville de Parakou. Ces prélèvements ont été effectués sur dix (10) sites entre (Mars et octobre 2016) avec une fréquence mensuelle [15]. Le choix de cette période vise à optimiser la représentativité des quantités de rejets urbains d'une part, et l'influence du ruissellement pluvial d'autre part. Les prélèvements ont été effectués selon les recommandations normatives [16]. Au total sept paramètres sont mesurés entre le terrain (*in situ)* et le laboratoire en suivant les normes AFNOR 2001. Il s'agit de : le potentiel d'hydrogène pH, la température en degré Celsius °C, la conductivité EC en µs/cm, le potentiel redox Eh en mV, les matières en suspensions, les nitrates et les nitrites, puis les phosphates et les demandes biologique et chimique en oxygène, DBO_5, DCO.

La valeur mesurée d'un paramètre i à une date t, représente un état de qualité (dégradation – pollution) au regard de la valeur fixée par la norme d'analyse choisie. La variable d'analyse, que nous désignons dans cet article par le terme « indice de qualité » est une transformation adimensionnelle de la proportion mesurée du paramètre i, calculée par l'équation n°1.

$$I_d^{it} = \frac{C_N - C_{it}}{C_N} \qquad \text{Eq.1.}$$

Avec : I_d^{it} l'indice de qualité des eaux usées par le paramètre i à la date t.

C_{it} : La concentration indiquant la présence du paramètre i mesurée à la date t.

C_N : La concentration du seuil admissible du paramètre i fixée selon la norme d'évaluation OMS. (Norme choisie).

La normalisation des indices partiels de qualité est faite par la méthode floue, des min et max, afin de contrainte l'indice dans la gamme de valeurs est entre 0 et 1.

$$I_{d,0-1}^{it} = \frac{I_d^{it} - I_{\min}}{I_{\max} - I_{\min}} \qquad \text{Eq.2.}$$

Pour un nombre p de paramètres recherchés sur n sites de prélèvements effectués sur un même sous bassin ζ, à une période climatique homogène(Saison), l'usure des eaux de ce sous bassin sous l'effet conjoint des p paramètres est calculée par la moyenne du troisième quartile des indices partiels normalisés de qualité.

2.3 CARACTÉRISATION DE LA CROISSANCE URBAINE

La ville de Parakou ne dispose pas d'une base de données formelle sur les descripteurs de développement urbain. Pour ce travail, à partir des données de l'INSAE, (2002 et 2014), des plans topographiques de voirie (RFU 2004 et 2014) et du modèle numérique de terrain MNT extraite du fichier SRTM30 de l'USGS, nous avons évalué avec les méthodes de traitement géostatistique sur ArcGIS10.3, trois indicateurs caractéristiques du niveau de développement urbain dans la ville de Parakou.

Tableau 1. Les indicateurs géo spatiaux de la croissance urbaine

N°	Indicateurs	Formules	Références
1.	Indice de lotissement	$I_{LOT} = S_{urb} / S_b$	Auteurs
2.	Indice de drainage urbain	$I_{DUR} = \sum L_{iur} / S_{urb}$	Auteurs

Avec **:**

I_{LOT} : Indice de lotissement;

S_b : Surface du bassin à l'exutoire le plus proche ;

I_{DUR} : Indice de drainage urbain ;

L_{iu} : Le linéaire total du réseau hydrographique de l'aire affectée au lotissement.

S_{urb} : La surface lotie du bassin.

2.3.1 ANALYSE STATISTIQUE

La description par les *box plots* est utilisée conjointement avec le test de Kruskall Wallis au seuil α = 0.05 sur les concentrations mesurées des polluants afin de faire une comparaison à l'échelle des paramètres, de la qualité des eaux dans le réseau de drainage sur chaque bassin. Ensuite, il a été évalué la corrélation entre les niveaux d'usure des eaux usées rejetées et les indicateurs de développement urbain des bassins. Le niveau de convergence avec l'indice de pollution organique de Leclercq, Maquet en 1987, a servi à la validation de l'indice de qualité $I^{it}_{d,0-1}$. Le traitement statistique des données est fait sur SPSS 21 et les graphes sont construits sur Excel 2013.

3 RESULTATS ET DISCUSSION

3.1 COMPARAISON STATISTIQUE PAR PARAMÈTRE

Le tableau 2 ci-après présente les valeurs normatives selon l'Organisation Mondiale de la Santé et le Ministère de la Santé Publique au Bénin. Nous avons porté notre choix sur ces normes pour l'évaluation de l'indice de qualité et la pollution des eaux.

Tableau 2. Les valeurs de références des normes OMS et MSP.

Les paramètres	*Norme OMS*	*Norme Bénin (MSP)*
Nitrates (mg/L)	1	50
Nitrites (mg/L)	1	0.5
Phosphates (mg/L)	2	1
MES (mg/L)	20	35
pH	6.5 - 8.5	6 - 9
T°C	30	+1°
DCO	90	125
DBO	30	25

Les box plots que montrent les figures n°1 à n°12, indiquent les concentrations caractéristiques sur chaque bassin, de la variation des paramètres mesurés en saison de pluie et en saison sèche.

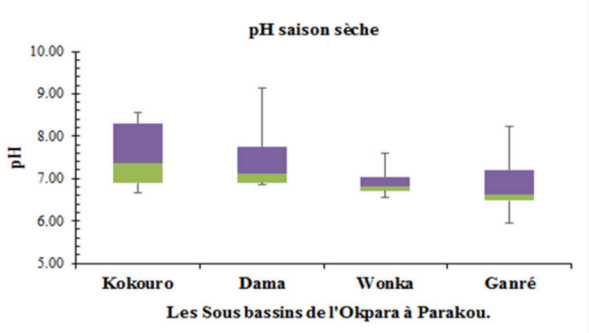


Figure a: *Variations moyennes du potentiel d'hydrogène en saison sèche.*

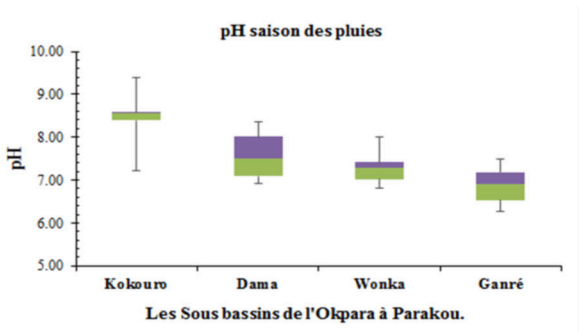


Figure b: *Variations moyennes du potentiel d'hydrogène en saison de pluie.*

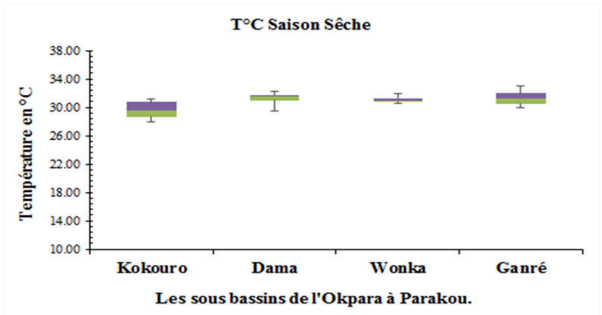


Figure c: *Variations moyennes de la Température en saison sèche.*

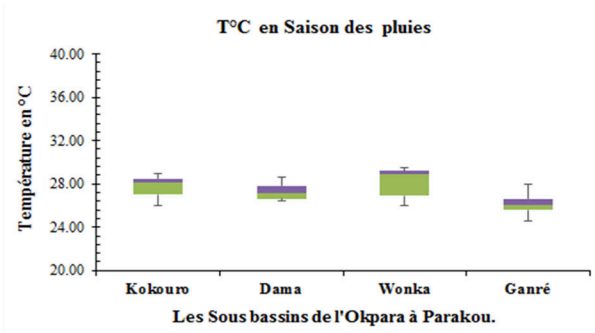


Figure d: *Variations moyennes de la Température en saison de pluie.*

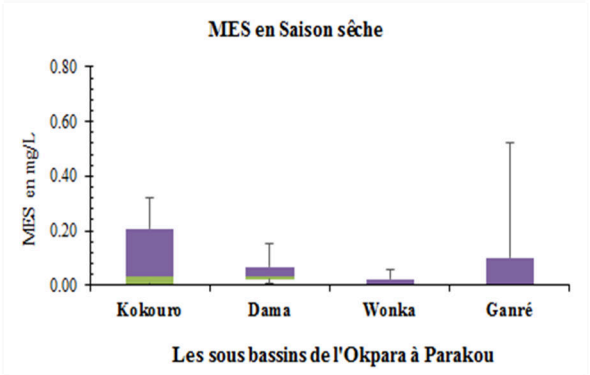


Figure e: *Variations moyennes MES en saison sèche.*

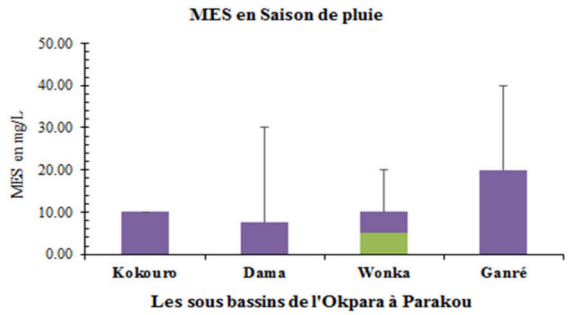


Figure f: *Variations moyennes MES en saison de pluie.*

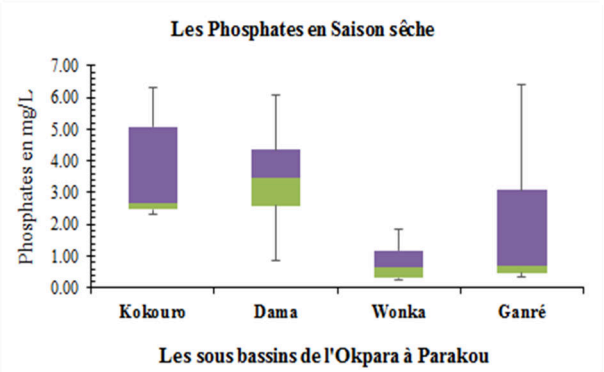


Figure g: Variations moyennes des Phosphates en saison sèche.

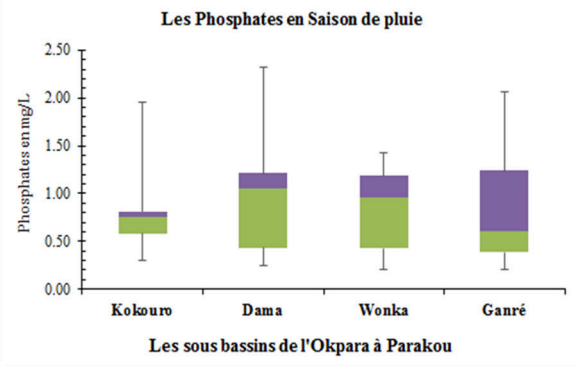


Figure h: Variations moyennes des Phosphates en saison des pluies.

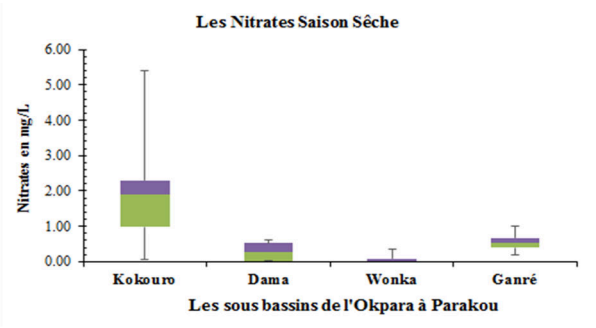


Figure i: Variations moyennes des Nitrates en saison sèche.

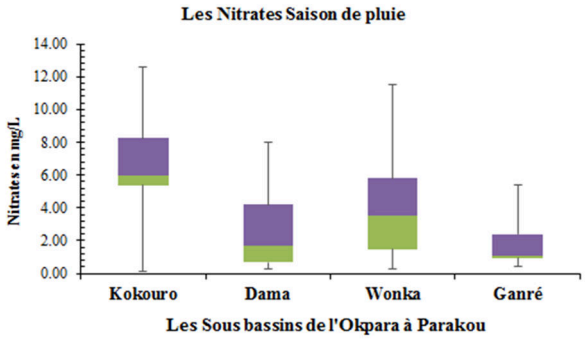


Figure j: Variations moyennes des Nitrates en saison des pluies.

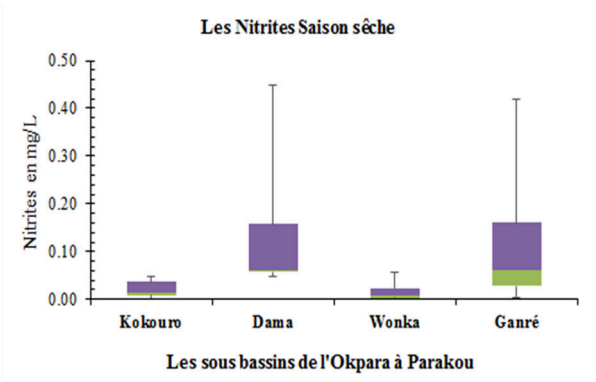


Figure k : Variations moyennes des Nitrites en saison sèche.

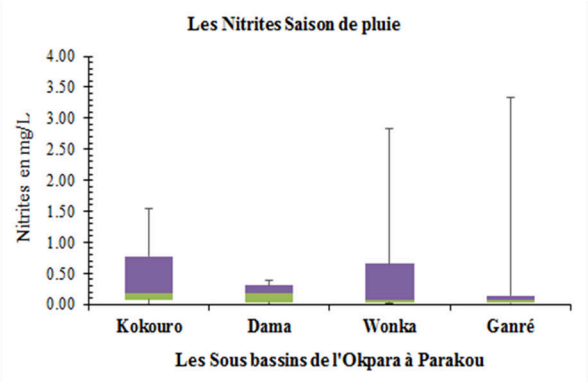


Figure l : Variations moyennes des Nitrites en saison des pluies.

Fig. 2. Variation moyenne des paramètres mesurés

Tableau 3. Test statistique de normalité et de comparaison des bassins. (*p-value).

BV	Paramètres	Shapiro-Wilk (Normalité à α = 0.05)				Kruskal-Walis
		Kokouro	Dama	Wonka	Ganré	
BV de l' Okpara	Nitra (mg/L)	0.829 0.009*	0.511 0.000*	0.763 0.005*	0.681 0.000*	5.005 0.171*
	Nitri (mg/L)	0.626 0.000*	0.864 0.086*	0.512 0.000*	0.393 0.000*	1.061 0.782*
	Phosp (mg/L)	0.771 0.002*	0.859 0.074*	0.901 0.227*	0.694 0.000*	4.884 0.181*
	MES (g/L)	0.514 0.000*	0.503 0.000*	0.651 0.000*	0.527 0.000*	0.241 0.971*

A partir des box plot, on observe que la basicité des eaux décroît du bassin du Kokouro vers le Ganré avec des températures variant généralement entre 30°C en saison sèche et 28°C en saison pluvieuse (Figures n°2). En particulier sur le Kokouro et le Dama, les eaux sont plus basiques en saison pluvieuse qu'en saison sèche et ne respectent ni les normes OMS, ni les normes MSP. Ce caractère basique des eaux peut s'expliquer par l'utilisation selon des niveaux variables des produits d'entretien ménager généralement sodiques. Le Kokouro et le Dama constituent à eux deux la zone ancienne d'habitation avec un indice moyen de lotissement plus élevé et une forte densité de population. Cependant, les eaux du Ganré ne présentent pas un changement sensible entre les saisons. Les eaux superficielles sur les bassins de la Wonka et du Ganré, respectivement zones d'installation récente et zone d'extension respectent les normes de l'OMS et du MSP quant au pH et à la température. Les valeurs des matières en suspensions respectent les normes OMS et MSP sur tous les bassins et en toute saison. L'augmentation des concentrations en MES en saison pluvieuse par rapport aux valeurs obtenues en saison sèche indique l'influence du revêtement des voies sur le transport solide. En effet dans la ville de Parakou, la voirie est constituée essentiellement de pistes non revêtues, sujettes au phénomène d'érosion par les eaux de ruissellement sur des versants à pente parfois très forte.

L'action successive des pluies a réduit la battance des sols non revêtus et mis à nu des surfaces très consolidées des pistes en terres. Les taux de MES sur le Ganré avoisinent en saison pluvieuse la norme MSP compte tenue des grandes superficies de terre cultivable encore disponible en périphérie et de l'importance des débits d'écoulement. L'effet du transport solide et s'observe sur tous les bassins au regard des valeurs quasiment nulle des saisons sèches contre des taux allant de 10mg/l à 20mg/l en saison pluvieuse. Les conditions d'oxydation sont améliorées avec l'avènement des pluies. Les nitrates sont plus présents sur tous les bassins et cela marque surtout un apport important d'oxygène avec le lessivage des sols pendant les pluies. Ce constat s'oppose à celui fait à propos des phosphates pour lesquels l'hypothèse d'une grande dissolubilité peut être émise sur l'ensemble des bassins. En effet les faibles concentrations en phosphates en saison pluvieuse indiquent une influence certaine des eaux de ruissellement et de l'imperméabilisation des sols.

Une comparaison des bassins est effectuée par le test de Kruskall-Walis. La condition d'application du test est vérifiée avec le test de Shapiro-Wilk sur les quatre paramètres. Les variations se traduisent par des distributions anormales avec le test de Shapiro-Wilk, à un seuil $\alpha = 5\%$ sur le Kokouro et le Ganré pour les nitrates, nitrites, phosphates et MES. Sauf pour les nitrites ($p = 0.086$) et les phosphates ($p = 0.074$) sur le Dama et les phosphates ($p = 0.227$) sur le Wonka, aucun des paramètres ne présente une distribution normale. Le critère de Shapiro-Wilk étant ainsi observé pour plus de 80% des groupes, nous avons poursuivi la comparaison avec le test de Kruskall-Walis [17]. Il est observé que les différences relevées des concentrations relevées avec l'analyse des box plot, n'est pas statistiquement significative au seuil de 5%. En particulier, pour les nitrites et les matières en suspension, les bassins se valent tous avec des seuils de $p = 0.78$ et $p = 0.97$ respectivement. Les nitrates et les MES ne portent pas l'information de la différence des effets de l'urbanisation entre les bassins. Cependant, les statistiques de $H = 5.005$ et $H = 4.884$, indiquent respectivement pour les nitrates et les phosphates des différences probables entre les bassins. Bien que la significativité de cette différence ne soit pas forte à 5%, ces deux paramètres peuvent être déterminants dans la recherche d'une quelconque influence de l'urbanisation sur la qualité des eaux de surface.

3.2 EVALUATION PAR L'INDICE DE QUALITÉ

Le tableau 4 ci-dessous présente les intervalles de classification des paramètres pris en compte dans le calcul de l'indice de pollution de Leclercque.

Tableau 4. Seuil de classement des paramètres par classes selon leclercque, Maquet, 1987

	Classe	**5**	**4**	**3**	**2**	**1**
Paramètres	**Unité**					
DBO_5	mg_O_2/L	< 2	2-5	5.1-10	10.1-15	> 15
Ammonium	mnong/L	< 0.1	0.1-0.9	2.4	2.5-6	> 6
Phosphates	µg_P/L	< 15	16-75	76-250	251-900	> 900
Nitrites	µg_N/L	< 5	6-10	11-50	51-150	> 150

Les figures 3 et 4 montrent respectivement la variation de l'indice de qualité obtenu par l'approche floue $I^{it}_{d,0-1}$ et l'indice de pollution organique IPO de Leclercque. Sur la figure 3, on observe que sur le Ganré et le Dama, qui sont les deux bassins d'extrémité (Nord et Sud), la qualité des eaux de surface est encore assez conservée par rapport à la norme OMS en saison de pluies avec de faibles écarts de l'indice (± 0.04 à ± 0.07). L'IPO indique dans le même temps, un niveau de pollution repéré entre les classes 3 et 4 de Leclercque. Les eaux de surface sur les bassins de Kokouro et du Wonka sont à des seuils de pollution plus avancés en comparaison aux bassins de tête avec des écarts types inférieurs à ± 0.08. Cette observation converge avec l'IPO pour lequel les deux bassins se positionnent entre les classes 3 et 2 indicatrices d'une pollution forte. Ainsi, les bassins des zones d'extension (Ganré et Dama) présentent des eaux de plus faible niveau de pollution que les bassins de Kokouro et Wonka qui sont des bassins centraux à la ville de Parakou. Ces résultats peuvent s'expliquer avec les indicateurs d'urbanisation. En effet la figure 5, montre des indices caractéristiques de l'installation urbaine sur les différents bassins de l'Okpara à Parakou. Le Dama a une étendue urbaine et un accès au réseau de drainage en 2004, plus grand que celle du Ganré. Le non disponibilité des espaces explique le ralentissement du taux de drainage en 2014 par rapport au Ganré, qui a montré un rythme d'occupation plus grand que son peuplement. Ces mêmes indicateurs au niveau du Kokouro et du Wonka sont très voisins sauf pour le drainage en 2004 qui présente une légère hausse exprimant ainsi, l'existence à cette date de plus d'opportunités d'étalement contrairement au Kokouro où des conditions géomorphologiques peuvent faire handicap. Les indicateurs des figures 3, 4 et 5 montrent une relation entre la qualité des eaux drainées en surface dans les bassins versants et leur niveau d'urbanisation.

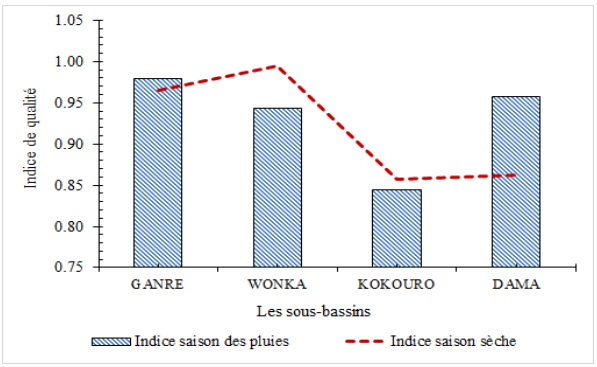


Figure a.

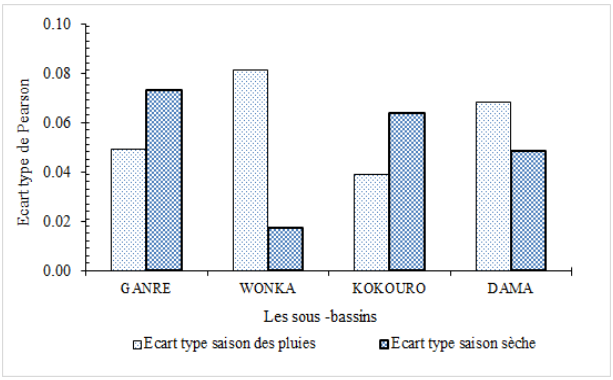


Figure b.

Fig. 3. (a) Variation de l'indice de qualité des eaux selon les bassins versants ; (b) Ecart des indices de qualité des eaux.

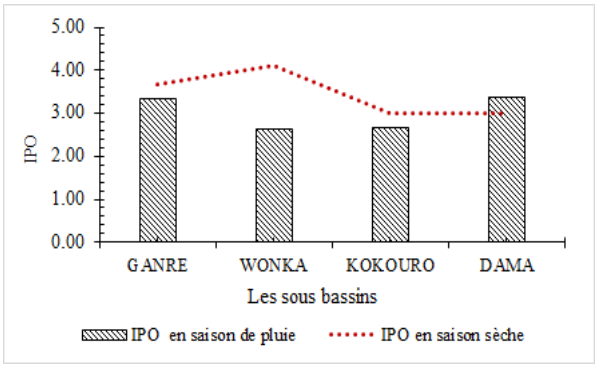


Figure a.

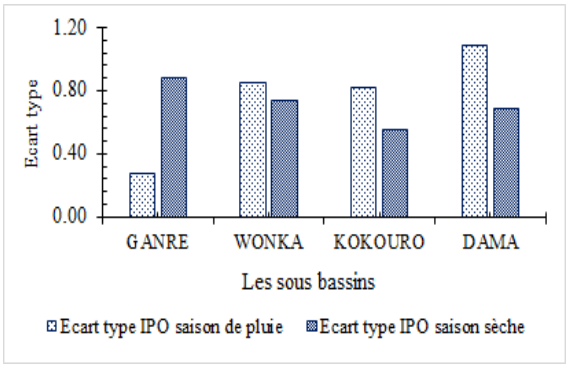


Figure b.

Fig. 4. (a) Variation de l'indice de qualité de Leclercque selon les bassins ; (b) Ecart type de l'indice leclercque.

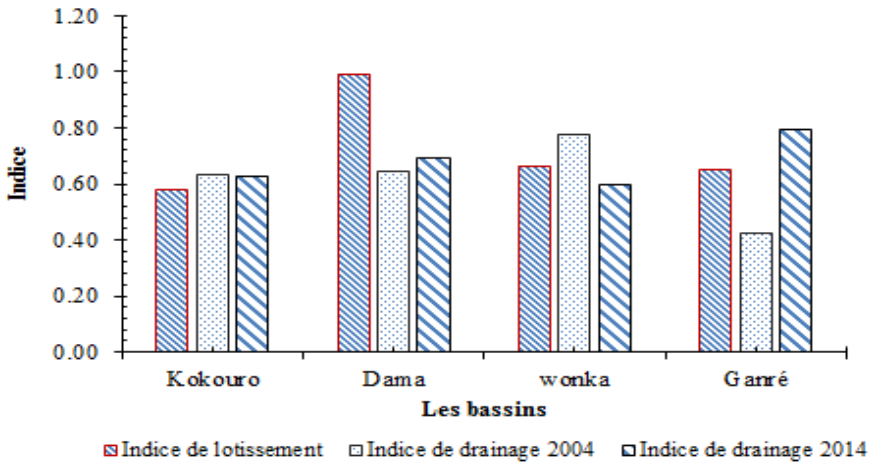


Fig. 5. Variation des indices caractéristiques de l'urbanisation selon les bassins versants.

La pertinence des indicateurs utilisés pour l'évaluation de la relation entre le niveau de pollution et le niveau d'urbanisation est évaluée à partir d'une projection sur les plans factoriels dans une analyse des composantes. La figure 6 et le tableau 5, présentent deux axes factoriels définis pour 74.39% de variance totale expliquée. Le faible drainage en 2004 et l'indice en période sèche sont positivement corrélées à l'axe 2 avec près de 35% de variance expliquée contre 39.41% de variance expliquée par le drainage en 2014, le lotissement et l'indice en saison de pluie. Les corrélations sont fortes entre les drainages (92.3%), moyenne entre le lotissement et la qualité (43.2% et 49.8%) et faible entre indices de qualité (32.6%).

Tableau 5. Variance totale exprimée

Composante	Valeurs propres initiales			Extraction Sommes des carrés des facteurs retenus			Somme des carrés des facteurs retenus pour la rotation		
	Total	% de la variance	% cumulés	Total	% de la variance	% cumulés	Total	% de la variance	% cumulés
1	2,341	46,82	46,82	2,34	46,82	46,82	1,97	**39,41**	39,41
2	1,378	27,56	74,39	1,38	27,56	74,39	1,75	**34,99**	**74,39**

Méthode d'extraction : Analyse en composantes principales.

Tableau 6. Matrice de corrélation

Indices		*I_lot*	*I_dr_04*	*I_dr_14*	*I_pluie*	*I_sèche*
Corrélation	*I_lot*	1,00				
	I_dr_04	0,107	1,00			
	I_dr_14	0,174	**-0,923***	1,00		
	I_pluie	**0,498***	-0,218	**0,567***	1,00	
	I_sèche	**-0,432***	**0,373***	-0,259	**0,326***	1,00

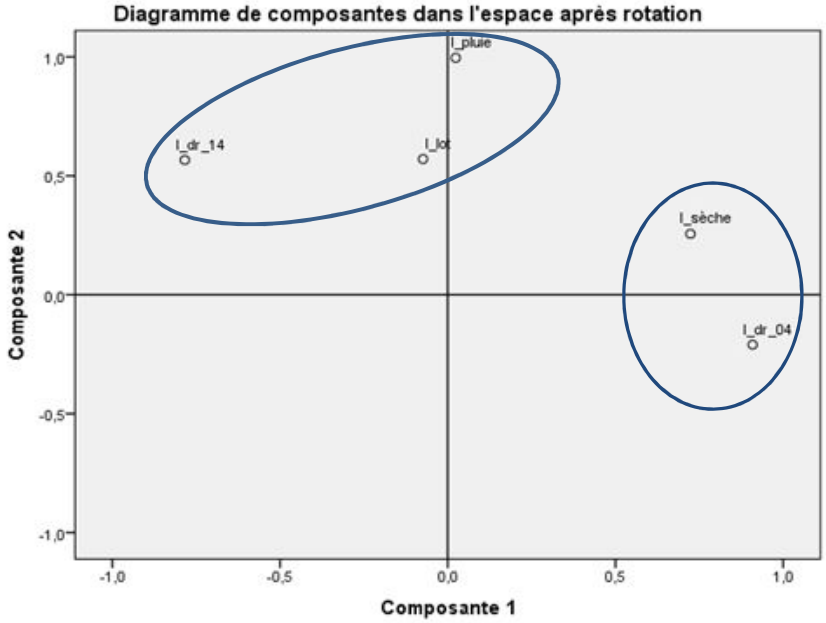


Fig. 6. Projection des indices sur un plan factoriel.

Ces résultats indiquent pour un seuil de signification de 5%, que le lotissement et le drainage urbain à Parakou, influencent pour environ 50% la qualité des eaux de ruissellement, d'une part et que le ruissellement influence la qualité des eaux à environ 56.70% en 2014. Cet effet est cependant très faible dans les années 2004 (37.3% et 21.8%). L'influence du développement urbain se ressent sur la qualité des eaux usées de façon croissante au fil des années. Selon [18], le développement urbain apporte une contribution importante à la pression anthropique sur les ressources en eau et nécéssite de ce fait, une régulation de l'urbanisme. Les villes sont rendues responsables diversement de l'état des ressources en eau aussi bien en surface que dans le souterrain surtout pour des polluants relevant des activités industrielles et agricoles ;C'est pour cela que l'alerte précoce sur les problèmes internationaux d'approvisionnement en eau du XXI^{e} siècle n'épargnent surtout pas les villes Africaines et Asiatiques, pressenties très tôt, pour les taux de croissance les plus élevés à l'horizon 2050 [19], [2], [20].les indicateurs utilisés dans ce travail ne sont pas exhaustifs. Ils apportent néanmoins avec une approche simplifiée, des résultats similaires avec d'autres indices tels que : l'indice poisson [12], et d'autres indices biologiques [21].

4 CONCLUSION

La croissance démographique et particulièrement la croissance urbaine, demeurera un élément de caractérisation fondamentale des pays en développement à l'horizon 2050. Mais, une question principale est l'arrimage entre les implications éco hydrologiques de la croissance urbaine et les moyens d'adaptation pour la préservation des écosystèmes aquatiques. Le

présent travail, qui se positionne comme une première réflexion dans le contexte de la ville de Parakou, a tenté de proposer une évaluation quantitative simple de l'influence de la croissance urbaine dans le maintien qualitatif de l'eau. On retiendra que sur le bassin de l'Okpara à Parakou, la qualité des ressources en eau de surface présente de façon significative, une corrélation négative avec la croissance urbaine. Les effets de cette influence s'observent plus sur les bassins de la Wonka et du Kokouro en zone d'installation ancienne de la ville, plutôt que sur les bassins du Ganré et de la Dama, qui sont en grande partie des zone d'installation récente et d'extension du tissu urbain. Ainsi, compte tenu de sa position géographique, et de certains traits physiographiques, le bassin du Ganré constitue dans le long terme une menace potentielle à la qualité des eaux de la retenue de Kpassa. Au regard de ce constat, le travail permettra d'aider les services techniques municipaux dans les choix d'orientation de la planification, et de l'aménagement du territoire de la ville de Parakou dans le cadre d'une gestion prévisionnelle des ressources en eau de surface.

REFERENCES

[1] H. Mae-Wan, « C'est l'approvisionnement du monde en eau qui est menacé », *ISIS EAU*, p. 8, 2012.

[2] OCDE, « Perspectives de l'environnement de l'OCDE à l'horizon 2050 LES CONSÉQUENCES DE L'INACTION », in *Perspectives de l'environnement de l'OCDE à l'horizon 2050 LES CONSÉQUENCES DE L'INACTION*, OCDE., 2012, p. 79.

[3] A. Brahimi et A. Shafi, « Ecotoxicological study of Oued Za and its tributary Oued Tizeghrane (Lower Moulouya, Eastern Morocco) », *J Mater Surround. Sci*, vol. 5, n° 5, p. 1671-1682, 2014.

[4] J. M. Dorioz, « Mechanisms and control of agricultural diffuse pollution: The case of phosphorus and its general application. », *Biotechnol Agron Soc*, vol. 17, n° S1, p. 277-291, 2013.

[5] F. Dovonou, M. Aina, M. Boukari, et A. Alassane, « Pollution physico-chimique et bactériologique d'un écosystème aquatique et ses risques écotoxicologiques : cas du lac Nokoue au Sud Benin », *Int J Biol Chem Sci*, vol. 5, n° 4, p. 1590-1602, 2011.

[6] Y. Gnagne *et al.*, « Caractérisation physico-chimique et bactériologique des eaux usées brutes du réseau d'égout de la ville d'Abidjan », *Int J Biol Chem Sci*, vol. 9, n° 2, p. 1082-1093, 2015.

[7] K. M. Yao, K. B. Yao, A. Troukourey, et M. B. Soro, « Assessment of organic pollution in tropical lagoon bay like lake (Tiagba Baye lagoon, Ebrié Lagoon, Ivory Coast). », *Eur. J. Sci. Resaerch*, vol. 122, n° 3, p. 299-31, mai 2014.

[8] A. E. L. Eba *et al.*, « Évaluation De La Vulnerabilite A La Pollution D'une Eau De Surface Destinee A L'adduction D'eau Potable D'une Metropole. Cas De La Lagune Aghein A Abidjan, (Sud De La Cote D'ivoire) », *Eur. Sci. J.*, vol. 12, n° 36, p. 306-326, 2016.

[9] Projet FFEM, « Optimiser la production de biens et services par les écosystèmes boisés méditerranéens dans un contexte de changements globaux », Solsona, Espagne, Composante 1 « Analyses de vulnérabilité dans les cinq sites pilotes en Algérie, au Liban, au Maroc, en Tunisie et en Turquie Composante 1, 2013.

[10] M. Sinan, R. Maslouhi, et M. Razack, « Utilisation des SIG pour la caractérisation de la vulnérabilité et de la sensibilité à la pollution des nappes d'eau souterraine. Application à la nappe du Haouz de Marrakech », in *TS11 Management of Water Resources*, Marrakech, Morocco, 2003.

[11] W. Chaoui, H. Bousnobra, et K. Chaoui, « Etude de la vulnérabilité à la pollution des eaux superficielles et souterraines de la région de Bouchegouf », *Nat. Technol.*, p. 33-40, 2012.

[12] T. Oberdorff, D. Pont, B. Hygueny, J. Belliard, R. Berrebi, et J. P. Porcher, « Adaptation et évaluation d'un indice poisson (FBI) pour l'évaluation de la qualité biologique des cours d'eau Français. », *Bull Fr Pêche Piscic*, vol. 365, n° 366, p. 405-433, 2002.

[13] S. Soulama, A. Kadeba, B. M. I. Nacoulma, S. Traoré, Y. Bachmann, et A. Thiombiano, « Impact des activités anthropiques sur la dynamique de la végétation de la réserve partielle de faune de Pama et de ses périphéries (sud-est du Burkina Faso) dans un contexte de variabilité climatique », *J. Appl. Biosci.*, vol. 87, p. 8047– 8064, 2015.

[14] INSAE, « National Institute of Statistics Applied and the Economy », 2014.

[15] F. Birgand *et al.*, « A quantitative approach the role of the sampling frequency on the uncertainties associated with the calculation of flow and mean concentrations of nitrates in Brittany », *Engineering*, vol. 59, n° 60, p. 23-37, 2009.

[16] J. Rodier, B. Legube, N. Merlet, et et coll, « L'analyse de l'eau.9e édition entièrement mise à jour », Dunod, Paris, 2009.

[17] Graham Hole Research, « Skills Kruskal-Wallis handout. » version 1.0, page 1, 2011.

[18] E. Renaud-Hellier, « Gestions de l'eau et du développement urbain dans l'espace dijonnais : quels modes d'intégration territoriale ? », *Rev. Géographique Est*, vol. 46, n° 1-2, 2006.

[19] M. Serghini, « L'eau, élément conflictuel », *NEW MEDIT N*, n° 3, p. 60-63, 2004.

[20] UNESCO, « EAU, ASSAINISSEMENT ET DÉVELOPPEMENT DURABLE Les enjeux dans les villes des pays en développement », Veolia Water, 52, rue d'Anjou, 75384 Paris Cedex 08, France., Le programme Solidarité-Eau, 2004.

[21] G. Van Overmeiren, « Comparaison de la potentialité et de la vulnérabilité de plusieurs sources dans le bassin du Viroin », Université Libre de Bruxelles, Belgique, Mémoire de fin d'études présenté pour l'obtention du diplôme d'ingénieur de l'ENGEES, 2008.

International Journal of Innovation and Applied Studies
ISSN 2028-9324 Vol. 27 No. 1 Aug. 2019, pp. 43-53
© 2019 Innovative Space of Scientific Research Journals
http://www.ijias.issr-journals.org/

Influence des caractéristiques des exploitants sur l'adoption des variétés améliorées de manioc à Kabare, province du Sud-Kivu dans l'Est de la RD Congo

[Farmer's characteristics impact on cassava improved varieties adoption in Kabare, South Kivu Province in East DR Congo]

Deckas GANZA[1-2-3], Nadège CIREZI[1-2], Alain HUART[4], Prince BARAKA[4], Jennifer BIRALI[5], Mzee KAZAMWALI[2], Isaac DIANSAMBU[1], Léonard MUBALAMA[6], Juan SÈVE[4], and Baudouin MICHEL[1]

[1]Ecole Post Universitaire d'Aménagement et Gestion des Territoires Tropicaux (ERAIFT), Kinshasa, RD Congo

[2]Université Evangélique en Afrique (UEA), Bukavu, RD Congo

[3]OpenStreetMap (OSM-RDC), Kinshasa, RD Congo

[4]Fond mondial pour la Nature (WWF), Kinshasa, RD Congo

[5]Université Catholique de Bukavu (UCB), Bukavu, RD Congo

[6]Institut Supérieur de Développement Rural (ISDR), Bukavu, RD Congo

Copyright © 2019 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 South Kivu, and particularly in Kabare territory, cassava plays an important role in the diet of the population and is considered a staple crop. This study was undertaken to characterize cassava farms and to evaluate different elements of farmer characteristics influencing the adoption of improved cassava varieties in Kabare territory. To achieve this, data collected from 150 cassava producers were processed and analyzed. Using the Probit model, the factors influencing the adoption of improved cassava varieties were determined. Emphasis has been placed on the characteristic factors of the producer himself. The results obtained show that adoption rate of improved varieties is low overall (34.6%). Only the improved varieties Sawa sawa (25.9%) and Liyayi (7.9%) and Mayombe (0.7%) are adopted in the area. Among the reasons influencing the non-adoption of these varieties, agricultural producers mention roots rot, lack of cassava cuttings and theft of plants. Most adopters of these varieties, however, do not recognize the true tolerance of these varieties to the African mosaic of cassava. Variables such as level of education, length of service in cassava cultivation, age, sex, membership of a peasant organization are those that determine the adoption of these varieties. Only the first 2 variables proved to be more important. Thus, taking these factors into account as well as accompanying measures and appropriate extension techniques would improve the household food supply in the territory of Kabare.

KEYWORDS: adoption, food security, cassava, farmers, probit model, Kabare.

RÉSUMÉ: Au Sud-Kivu et particulièrement à Kabare, la culture de manioc joue un rôle prépondérant dans l'alimentation des populations et est considérée comme une culture de base. Cette étude a été entreprise afin de caractériser les exploitations de manioc et évaluer les caractéristiques des exploitants influençant l'adoption des variétés améliorées de manioc à Kabare. Pour y arriver, les données récoltées auprès de 150 producteurs de manioc ont été traitées et analysées. A l'aide du modèle Probit, les facteurs qui influencent l'adoption des variétés améliorées de manioc ont été déterminés. Un accent a été mis sur les facteurs liés caractéristiques du producteur lui-même. Les résultats obtenus montrent que le taux d'adoption des variétés

Corresponding Author: Deckas GANZA

améliorées est faible (34,6%). Seules les variétés améliorées *Sawa sawa* (25,9%) et *Liyayi* (7,9%) et Mayombe (0,7%) sont adoptées. Parmi les raisons influençant la non adoption de ces variétés, les producteurs agricoles évoquent la pourriture des racines, le manque des boutures et le vol des plants. La plupart des adoptants de ces variétés, ne reconnaissent cependant pas la réelle tolérance de ces dernières à la mosaïque africaine du manioc. Les variables telles que le niveau d'étude, l'ancienneté dans la culture de manioc, l'âge, le sexe, l'appartenance à une organisation paysanne sont celles qui déterminent l'adoption de ces variétés. Seulement les 2 premières variables se sont révélées plus déterminantes. Ainsi, la prise en compte de ces facteurs ainsi que des mesures d'accompagnement et des techniques adaptées de vulgarisation permettraient d'améliorer l'alimentation des ménages dans le territoire de Kabare.

MOTS-CLEFS: adoption, sécurité alimentaire, manioc, exploitants, modèle probit, Kabare.

1 INTRODUCTION

Parmi les cultures à racines et tubercules en Afrique tropicale, le manioc (*Manihot esculenta* Grantz), occupe la superficie la plus importante et surtout dans les régions à forte densité de population (zones tropicales de forêt et des savanes) où il constitue la base de l'alimentation humaine [1]et [2]. Sur les de 650 millions d'êtres humains qu'il nourrit, 200 millions sont des Africains, soit le quart de la population africaine [3]. En 2012, la récolte a atteint des records, grâce au développement du commerce mondial de produits à base de manioc et à la forte croissance de la production en Afrique [4].

La République Démocratique du Congo est le troisième pays parmi les six plus grands producteurs du manioc dans le monde et le deuxième en Afrique après le Nigeria [5]. Avec sa production de 15 Million de tonnes par an, la consommation humaine du manioc en RDC est la plus élevée au monde. En effet, un Congolais consomme en moyenne 453 kg de racines fraîches par an, soit 145 kg de farine de manioc. Les feuilles de manioc se placent au premier rang de tous les légumes-feuilles consommés en RDC où un ménage de 7 à 8 personnes consomme près de 4 kg de feuilles de manioc par semaine [6]et [7] Il est cultivé dans toutes les provinces du pays et constitue une source potentielle de génération des revenus à travers la commercialisation de ses feuilles et ses racines tubéreuses [8] et [9]. Pour plus de 90% des ménages agricoles en RDC les activités commerciales sont essentiellement basées sur les produits de manioc [7].

Dans la province du Sud-Kivu, le manioc est la denrée la plus consommée. Il est un produit de subsistance majeure dans la province [9]. Le manioc est consommé par 85% de la population et sa production totale est évaluée à 4,077 millions de tonnes sur 323.478 hectares. Selon ces statistiques qui sont les plus récentes, 905.478 familles cultivent le manioc et 299.593 ménages font de la banane sur une population du Sud-Kivu estimée à plus de quatre millions d'habitants [10].

Par ailleurs, faute du manque des variétés résistantes aux maladies et ravageurs, la forte baisse de la production de manioc y est remarquable. Les rendements du manioc en RDC et particulièrement au Sud-Kivu sont aujourd'hui assez bas et les techniques de transformation encore traditionnelles pour une grande partie des exploitants [11]. Dans cette partie du pays il devrait être possible de rehausser la productivité par hectare du niveau actuel moyen (4 à 6 tonnes par hectare) vers 30 tonnes par hectare [12] et [13]. Ce faible rendement peut s'expliquer en partie par la dégénérescence des clones utilisés par les producteurs, la non fertilisation de la culture du manioc, les attaques récurrentes sévères des ravageurs et la résurgence des certaines maladies virulentes comme la mosaïque et surtout la striure brune de manioc occasionnant de pertes de rendements comprise entre 10% et 100% [14] et [15].

Pour relever ce défi, la vulgarisation des variétés améliorées et la gestion intégrée de la fertilité des sols sont d'une grande importance étant donnée le rôle vital que joue le manioc dans la sécurité alimentaire de la population congolaise et celle de Kabare ou il constitue un aliment de base. Les institutions de recherche telles que l'INERA, l'IITA et bien d'autres organismes tels que la FAO et la Caritas ont initié et réalisé avec succès la vulgarisation des différentes variétés améliorées tolérantes aux différents fléaux qui rongent le manioc en vue d'une augmentation de la production du manioc dans cette partie de la province [16]**.** Parmi ces variétés on retrouve les variétés telles que : Butamu, Dinsaka, Liyayi, Lueki, Mahungu, Mapendo, Mayombe, Mvuama, Mvuazi, Nsansi, Papayi, RAV, Sadisa, Sawa sawa, Zizila, 2001 / 1661 ; 94 / 0330, MBAKANA et TME 419 diffusées entre 2006 et 2008 pour certaines variétés dans toutes les provinces du pays, [17] et [18].

Malgré la mise en place de ces variétés et la promotion des bonnes pratiques agricoles, à Kabare, la production de manioc demeure toujours faible et le niveau de revenu des agriculteurs reste encore en-dessous du seuil de pauvreté [19] et [20]). Cette situation pourrait être due pour une partie au faible taux d'adoption des variétés améliorées. Certains groupements de ce territoire dont les groupements de Katana, Miti et Mudaka où plus de 80% de la population vis de l'agriculture auquel le manioc est la principale culture vivrière considéré comme aliment de base n'échappent à cette pénurie. C'est dans cette optique que cette étude a été menée en vue de (i) caractériser les exploitations de manioc à Kabare et (ii) évaluer les

déterminants d'adoption des variétés améliorées de manioc dans cette partie de la province. Les déterminants évalués dans cette étude sont orientés vers les caractéristiques socio-démographiques des cultivateurs de manioc dans le territoire de Kabare.

2 MATERIELS ET METHODES

2.1 ZONE D'ETUDE

La présente étude a été menée en Territoire de Kabare situé à l'Est de la RDC. Il s'étend entre 28° et 29° de longitude Est et entre 2° de latitude Sud. Situé à une altitude de 1500 mètres, il est soumis à un climat tropical humide avec une température moyenne de 19,5°C. La pluviométrie y varie entre 1300 mm et 1800 mm par an [21]. Son relief est dominé par des montagnes dont les sommets les plus élevés sont : Kahuzi avec 3308 m et Biega avec 2790 m [22]. Le territoire de Kabare compte 17 groupements répartis en deux collectivités chefferies (Kabare et Nindja). Il recouvre une superficie de 1960km^2 et 535.114 habitants soit 273 habitants par Km^2 [23].

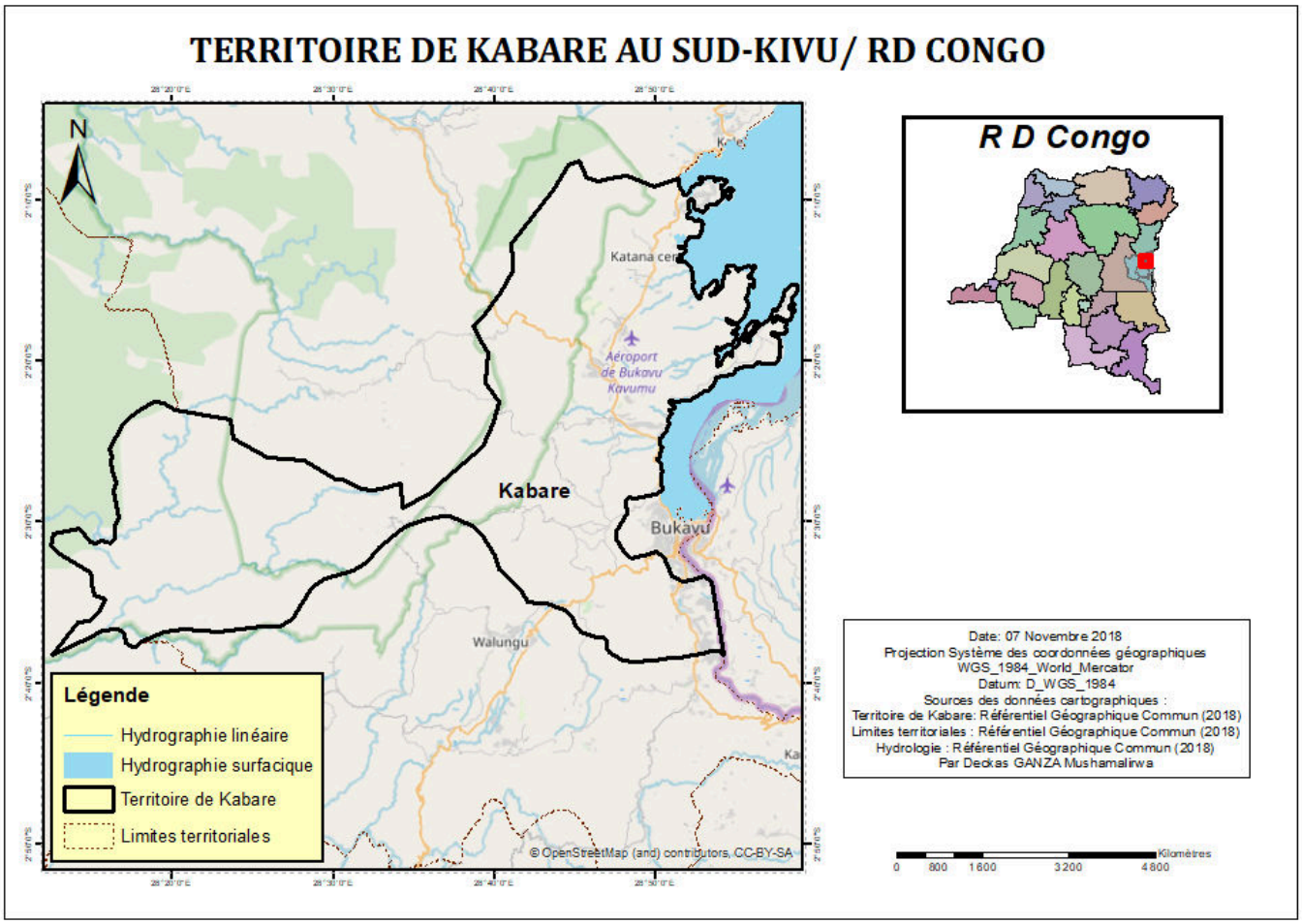


Fig. 1. Carte administrative du territoire de Kabare

Le sol de Kabare est par nature volcanique pour la plus grande partie nord du territoire. C'est un sol riche et productif mais suite à la surexploitation et l'exposition à l'érosion sous toutes ses formes (hydrique et éolienne), il est devenu l'un des plus pauvres [23]. Le réseau hydrographique est tributaire du lac Kivu à l'Est. Quelques rivières comme Murhundu, Mushwa, et Langa se jettent dans le lac Kivu [24].

2.2 METHODES

2.2.1 ECHANTILLONNAGE ET COLLECTE DES DONNÉES

Un échantillon de 150 agriculteurs a été choisi aléatoirement de manière à avoir une certaine représentativité. Une taille d'échantillon de 50 exploitants agricoles a été retenue pour chaque groupement dans le territoire de Kabare. Les informations sur les facteurs d'adoption différentes variétés de manioc, les variétés de manioc cultivées et vulgarisées et les causes de non adoption des variétés de manioc vulgarisées ont été recueillies sur base d'un questionnaire d'enquête du type semi ouvert et des interviews directes avec les chefs d'exploitations. Ce dernier a permis de faire ressortir les différentes perceptions des exploitants quant aux raisons de l'adoption ou pas de ces cultivars.

2.2.2 TRAITEMENTS DES DONNÉES

L'encodage des données issues de l'enquête a été fait à l'aide de Microsoft Excel 2013 puis soumises aux analyses statistiques en nous servant des logiciels EVIEWS 3.1 pour l'estimation de modèle Probit et le logiciel SPSS 16 pour l'analyse descriptive des données.

Pour l'identification des déterminants d'adoption, diverses techniques d'analyse ont été appliquées notamment l'utilisation de modèles économétriques [25]. Dans la présente étude le modèle Probit a été utilisé comme outil d'analyse. Le test de normalité des résidus effectué après estimation a d'ailleurs arbitré en faveur du modèle Probit. A cet effet, il paraît plus approprié dans la spécification des relations entre la probabilité d'adoption et les déterminants de celle-ci. L'avantage d'un modèle Probit par rapport à un modèle Logit est d'avoir des probabilités positives [25]. On suppose, en effet, que l'adoption des variétés améliorées de manioc par les exploitants agricoles suit une loi normale. *Soit F(Xß)* la fonction de répartition de la loi normale avec X le vecteur des variables explicatives et β le vecteur des paramètres.

On suppose que I_i $F = (X_i\beta) + \varepsilon_i \leftrightarrow \varepsilon_i = I_i - F(X_i\beta)$

Avec I_i la variable binaire exprimant l'utilisation de la variété améliorée de manioc. On rappelle que I =1 si l'exploitant adopte la variété améliorée de manioc et 0 si l' exploitant n'adopte pas. On suppose que les erreurs ε_i suivent la même loi que I donc elles sont normales, ce qui implique que leur espérance mathématique est nulle *(E(e) = 0).*

Soit P, la probabilité que l'exploitant adopte la variété améliorée de manioc (prob (I = 1) = P) et 1-P la probabilité qu'il ne l'adopte pas *(prob (I = 0) =* 1- *P*). Comme I ne peut prendre que deux valeurs (1 ou 0) alors ε_i aussi ne peut prendre que deux valeurs :

$\varepsilon_i = 1 - F(X_i\beta)$ *Si* I=1 avec la probabilité P

et

$\varepsilon_i = -F(X_i\beta)$ *Si* I= 0 avec la probabilité 1-P

Soit *E (e)* l'espérance mathématique de ε

$E(e) = (1 - F(X_i\beta))\,P - (1-P)\,F(X_i\beta) = 0 \leftrightarrow P = F(X_i\beta)$

Donc la probabilité que l'exploitant adopte la variété améliorée de manioc est donnée par prob (I = 1) = $F(X_i\beta)$ et la probabilité de la non adoption de la variété améliorée d manioc est prob (I = 0) =1- $F(X_i\beta)$.

Les données requises pour l'estimation du modèle ont été collectées sur un échantillon de 150 agriculteurs de manioc de trois groupements assez différenciés de territoire de Kabare. Les variables explicatives suivantes sont supposées influencer la probabilité de l'adoption des variétés améliorées de manioc :

- Age de l'enquêté (AGE). C'est une variable quantitative discrète dont on espère un signe positif sur l'adoption de la variété améliorée.
- Le genre (GENRE). De type qualitatif, cette variable mesure également l'accès des femmes aux technologies et marchés et est appréciée par le sexe.
- Appartenance ou non à une association de producteurs de manioc (MEMORGA). De type qualitatif, cette variable est binaire et prend la valeur 1 si le producteur appartient à une organisation de producteurs de manioc et 0 sinon.
- L'éducation (EDUC). C'est une variable qualitative qui est un facteur très déterminant dans l'adoption des technologies.

- Le nombre d'années d'expérience dans la culture du manioc (EXPERCULT). Une variable qualitative qui permet au producteur d'avoir une connaissance appréciable de cette culture et facilite son orientation quant au choix de nouvelles variétés.

3 RESULTATS

3.1 CARACTÉRISATION DE L'ÉCHANTILLON D'ÉTUDE

Le tableau 1 ci-dessous donne les résultats des caractéristiques des exploitants de la culture de manioc dans le territoire de Kabare.

Tableau 1. Caractérisation des exploitants

	Groupements			Total (%)
	Katana	**Miti**	**Mudaka**	
Sexe (%)				
Féminin	54	58	50	**54**
Masculin	46	42	50	**46**
Total(%)	**100**	**100**	**100**	**100**
Niveau d'étude (%)				
Analphabète	50	32	46	**42,7**
Primaire	22	32	30	**28**
Secondaire	28	36	22	**28,7**
Université	0	0	2	**0,7**
Total(%)	**100**	**100**	**100**	**100**
Etat Civil (%)				
Célibataire	6	12	0	**6**
Marié	82	84	98	**88**
Veuf	12	4	2	**6**
Total (%)	**100**	**100**	**100**	**100**
Appartenance à une organisation (%)				
Non	80	74	76	**76,7**
Oui	20	26	24	**23,3**
Total (%)	**100**	**100**	**100**	**100**
Age moyen des exploitants (ans)				
38,3±12,5				
Taille ménage				
7,1±2,9				
Ancienneté (ans)				
17,4±11,6				

Légende : χ : Moyenne, ET : écart type

Les résultats du tableau 1 montrent qu'à Kabare le taux d'alphabétisation est élevé (42.2%). Il est beaucoup plus prononcé chez les femmes qui sont à 30,7% analphabètes. Parmi les exploitants 28,7% ont le niveau secondaire, 20% ont le niveau primaire et c'est seulement 0,7% d'entre eux ont fait les études universitaires. Les exploitants sont pour la plupart mariés (88%), les groupes de célibataires et les veufs (ves) ne représentent que 6% chacun. Il s'observe aussi qu'ils n'œuvrent pas beaucoup dans les organisations paysannes de développement, seulement 23,3% d'entre eux font partie des organisations paysannes et 76,7% travaillent de manière autonome. L'âge moyen des agriculteurs enquêtés est de 38,3±12,5 ans avec une taille de ménage d'en moyenne 7,1±2,9 personnes. Leur expérience en culture de manioc étant de 17,4±11,6 ans en moyenne.

3.2 CARACTÉRISATION DES EXPLOITATIONS DE MANIOC

Les résultats du tableau 2 nous présentes les principales caractéristiques des exploitations de manioc à Kabare.

Tableau 2. Caractérisation des exploitations

	Groupements			Total (%)
	Katana	**Miti**	**Mudaka**	
Variétés de manioc (%)				
Liyayi	2	2,6	3,3	7,9
Mayombe	0	0,7	0	0,7
Sawa sawa	6,6	10	9,3	25,9
Total	8,8	13,3	12,6	**34,6**
*Variétés locales (*M'mbiyombiyo et M'baila)	24,3	20	25,9	**65,4**
Total	**33,3**	**33,3**	**33,3**	**100**
Systèmes de culture				
Monoculture	4,7	2	3,3	10
Polyculture	28,7	31,3	30	90
Total	**33,3**	**33,3**	**33,3**	**100**
Origine des boutures (χ±ET)				
Association	2	1,3	3,3	6,6
Marché	4	4	4,7	12,7
ONG/INERA	1,3	1,3	2	4,6
Propre champ	4,7	3	0,7	8,4
Exploitation Voisine	21,3	23,7	22,7	67,7
Total	**33,3**	**33,3**	**33,3**	**100**
Voies de connaissance (χ±ET)				
N/A	24,7	20	20,7	65,4
Marché	0	2	2	4
Voisin	2	4	5	11
Vulgarisation	6,6	7,3	5,6	11
Total	**33,3**	**33,3**	**33,3**	**100**
Quantité de Manioc produite par campagne agricole (Kg/ha)				
Variétés locales				**237.70 ±480.180**
Variétés améliorées				**442.78 ±287.883**
Moment de récolte (mois) (χ±ET)				
Récolte des feuilles				**6.71±1.529**
Récolte des tubercules				**11.79± 2.653**

Légende : χ : Moyenne, ET : écart type, Fc : Francs congolais

IL ressort du tableau 2 que les variétés locales (M'mbiyombiyo et M'baila) sont les plus cultivées à Kabare (65,4%) suivies de la variété *Sawa Sawa* (25,9%), la variété Liyayi (7,9%) et la variété *Mayombe* en très faible proportion (0,7%). Le manioc est beaucoup plus cultivé en association avec d'autres cultures (90 %) qu'en culture pure (10 %). Les boutures utilisées dans la production proviennent dans la plupart des cas des exploitations voisines (67,7%). Seulement 12,7% s'en en procurent au marché, 8,4% les tirent de leurs propres champs, 6,6% les obtiennent de leurs associations et 4,6% des ONGs ou de l'INERA MULUNGU. Les variétés améliorées locales offrent une meilleure production en termes des racines tubéreuses (442.78±287.883 Kg/ha) par rapport aux variétés locales (237.70±480.180 Kg/ha). La récolte des feuilles de manioc commence à 6.71±1.529 mois en moyenne par contre celle des tubercules intervient à 11.79±2.653 mois.

3.3 PERCEPTIONS DES EXPLOITANTS SUR LES PERFORMANCES DES VARIÉTÉS AMÉLIORÉES

Le tableau 3 présente les résultats en rapport avec les perceptions des exploitants de la culture du manioc sur les performances des variétés améliorées en comparaison avec les variétés locales.

Tableau 3. Perceptions paysannes sur les performances des variétés améliorées.

	Groupements			
	Katana	**Miti**	**Mudaka**	**Total (%)**
Durée du cycle cultural (%)				
N/A	24,7	20	20,7	65,4
Non	4	4,7	1,3	10
OUI	4,7	8,7	11,2	24,6
Total	**33,3**	**33,3**	**33,3**	**100**
Tolérance à la Mosaïque (%)				
N/A	24,7	20	20,7	65,4
Non	4	6,6	11,3	21,9
OUI	4,7	6,7	1,3	12,7
Total	**33,3**	**33,3**	**33,3**	**100**

Il ressort du tableau 3 que sur les 34,6% d'agriculteurs qui utilisent les variétés améliorés 24,6% reconnaissent qu'il y'a une réduction du cycle cultural par rapport aux variétés locales. Ceux qui ne cultivent pas les variétés améliorés (65,4%) ne disposent pas d'informations. Quant à la résistance à la mosaïque africaine du manioc, sur les 34,6% d'exploitants, 21,9% affirment que les variétés améliorées ne résistent pas à la mosaïque africaine du manioc par contre 20,7% reconnaissent une certaine tolérance de ces variétés.

3.4 LES RAISONS DE NON ADOPTION DES VARIÉTÉS AMÉLIORÉES DE MANIOC À KABARE

Le tableau 4 présente résultats relatifs aux raisons de non adoption des variétés améliorées de manioc dans le territoire de Kabare.

Tableau 4. Les raisons de non adoption aux variétés améliorées de manioc

		Groupements			Total (%)
		Katana	Miti	Mudaka	
Adoptants		**8,7**	**13,0**	**12,6**	**34,6**
Non adoptants	Taux de HCN	2,0	0,0	0,0	2,0
	Teneur en eau des racines	0,0	0,7	0,0	0,7
	Demande élevée en main d'œuvre pour l'entretien	1,3	0,0	0,0	1,3
	Pourriture des racines	6,7	11,3	11,3	29,3
	Exigeants en nutriments	0,0	1,3	2	3,3
	Accoutumance aux variétés locales	0,0	1,4	0,0	1,4
	Manque des boutures	13,4	0,7	4,0	18,1
	Cherté des boutures	0,0	0,7	0,0	0,7
	Vol des tubercules	6,0	1,3	2,7	10
	Total	**29,4**	**16,1**	**20**	**65,4**

Du tableau 4 ci-dessus découle que seuls 34,6% d'agriculteurs adoptent les variétés améliorées et 65,4% n'adoptent pas ces variétés. Parmi les raisons conduisant à la non adoption, les exploitants avancent entre autres : la pourriture des racines (29,3 %), le manque des boutures (18,1 %) et le vol des tubercules au champs (10 %). Par ailleurs, le prix élevé des boutures et la forte concentration des racines tubéreuse en eau constituent aussi une des raisons de non adoption mais à faible proportion (0,7% chacune). Bien d'autres aspects constituent des facteurs limitant à l'adoption des variétés améliorées dans cette partie du pays dont le taux de cyanure (HCN), demande élevée en main d'œuvre pour l'entretien, exigence en nutriments ainsi que l'accoutumance aux variétés locales.

3.5 LES DÉTERMINANTS DE LA PROBABILITÉ D'ADOPTION

Le tableau 5 présente les facteurs qui influencent l'adoption des variétés améliorées dans le territoire de Kabare.

Tableau 5. Résultats de l'estimation du modèle Probit

Variable	**Coefficient**	**Std**	**z-Statistic**	**p**
Appartenance à une organisation	0,739	0,485	1,522	0,127
Sexe	0,548	0,448	1,222	0,221
Age	-0,040	0,026	-1,527	0,126
Etude	0,606	0,280	2,159	0,030
Ancienneté	0,045	0,027	1,646	0,099

Légende : Std : Erreur standard, p : p- value

Les résultats repris dans le tableau 5 montrent que le niveau d'étude (p = 0,0308) et l'ancienneté dans l'exploitation de la culture du manioc (p=0,0996) sont des facteurs qui influent beaucoup sur l'adoption de nouvelles variétés améliorées de manioc. Les autres variables comme l'appartenance à une organisation, le sexe ainsi que l'âge influencent le modèle positivement et donnent un résultat non significatif.

4 DISCUSSION

Les caractéristiques de l'échantillon d'étude prise en compte dans cette étude sont le sexe, le niveau d'étude, l'état civil, l'appartenance à une association, l'âge, la taille de ménage et l'ancienneté dans la pratique de la culture de manioc. Les résultats de l'analyse descriptive montrent que les femmes (54%) sont plus impliquées dans la culture du manioc que les hommes (46%). Dans leur ouvrage [9] soulignent en disant que, dans les exploitations agricoles au Sud-Kivu un déséquilibre des sexes est prononcé : les femmes travaillent 70 % de plus que les hommes. En 2018, Lucia continue en disant que près de 80% de la production de petits producteurs est assurée par les femmes. Cependant, ces résultats sont contraires à ceux trouvés par [26] dans le Kivu montagneux où ils ont trouvé que les hommes (51,3%) pratiquent plus la culture du manioc que les femmes (47,7 %). En 2016, [27] ont également trouvés les mêmes résultats à sur le maraichage à Lubumbashi. Il en est de même pour [28] qui ont également trouvé que les hommes s'intéressent de plus en plus aux cultures vivrières, car ils se sont rendus compte qu'ils pouvaient aussi améliorer leur cadre de vie grâce à ces cultures sans pour autant délaisser les cultures de rente qui sont leurs priorités et qu'ils adopteraient aujourd'hui massivement les variétés améliorées.

Pour ce qui est du niveau d'étude, de l'âge, de la taille de ménage et de l'état civil ; il a été observé que la culture de manioc intéresse plus les jeunes (38,3 ans) que les vieux. Ils sont pour la plupart analphabètes (42,7%) et mariées (88%) ayant une taille de ménage de 7,1 individus. Lors de 51ème journée internationale de l'alphabétisation, du 11 Septembre 2017, il est signalé que la RDC compte 19 millions d'analphabètes parmi lesquels 39% sont des femmes et 14% sont des hommes. Celui-ci est ainsi considéré comme un fléau au même titre que la maladie et la pauvreté. [29] ont souligné que la culture de manioc était plus pratiquée par les personnes âgées (49,48 ans) que les jeunes qui sont pour la plupart mariés avec une taille de ménage de 10 personnes à l'Est de la RDC. Cette taille de ménage montre que la main d'œuvre familiale est abondamment utilisée que le recourt à la main d'œuvre payante. Selon [29], plus on a une grande taille de ménage plus l'insécurité alimentaire se manifeste dans la famille ou le ménage. Ceci se justifie par le fait que, la charge augmente proportionnellement avec la taille du ménage. L'étude réalisée par [30] souligne que les exploitants de manioc au Bénin sont mariés pour la plupart (94 %), et n'ont pas reçu d'éducation formelle en grande majorité (65 % contre 23 % seulement qui ont fait les études primaire et 12 % ayant atteint le niveau secondaire).

Les résultats de la présente étude montrent que l'ancienneté dans la culture de manioc est de longue date (17,4ans). Ce qui montre l'importance de la culture du manioc non seulement comme principale culture à Kabare mais aussi comme aliment de base de la population de cette partie de la RD Congo. Nos résultats sont similaires à ceux de [26] et [31] qui ont montré qu'au fur et à mesure que les agriculteurs pratiquent une culture pendant des longues années, ils se professionnalisent, ils y restent et en considèrent comme principale activité. Seulement 23,3% d'entre eux sont membres des organisations paysannes. Cela prouve une faible implication des cultivateurs de manioc dans les organisations paysannes.

L'exploitation de Manioc à Kabare est principalement basée sur l'utilisation des variétés locales (65,4 %) et certaines d'autres variétés améliorées comme *Sawa sawa* (25,9%), *Liyayi* (7,9%) et Mayombe (0,7%). Dans son étude sur l'adoption des variétés améliorées de manioc sans le groupement de Kalundwe dans la Plaine de la Ruzizi, [32] a trouvé que les agriculteurs ne sont pas habitués au système de récolte unique et stockage de la production de manioc qu'imposent les variétés améliorées

caractérisées par un cycle court de 10 à 12 mois et dont les produits ne supportent pas un temps trop prolongé dans le sol. Ils préfèrent plus les variétés locales à cycle long pour lesquelles la récolté peut-être échelonnée sur 24 mois. Il sied de signaler que le manioc est plus cultivé en association (90%) avec comme sources principales d'approvisionnement en boutures les exploitations voisines (67,7%) et le marché (12,7%). Cette préférence d'association du manioc avec d'autres cultures est due à la flexibilité avec laquelle il s'intègre aux systèmes agricoles et alimentaires ainsi qu'à sa capacité à prospérer dans des environnements marginaux et à bien supporter des périodes de sécheresse [33]. Le recours aux exploitations voisines pour l'obtention des boutures s'expliquerait d'une part par la solidarité rurale et d'autres parts par le fait que les associations et organisations qui appuyaient jadis les paysans dans la culture du manioc n'accompagnent plus suffisamment les paysans en ce qui concerne la distribution des boutures des nouvelles variétés de manioc. La récolte des feuilles et des tubercules intervient respectivement à environ 7 et 12 mois correspondant à la période normale de récolte du manioc tel que souligné par [34]. Le fait de d'avoir un rendement nettement supérieur (442,7 kg/ha) à celle des variétés locales (237,7 Kg/ha), les variétés améliorées de manioc demeurent peu adoptées par la population de Kabare qui ne sont pas convaincus sur le choix de ces dernières. A cela s'ajoute leurs habitudes locales traduisant leur conduite dans le processus de satisfaction de besoin alimentaire de base. Ces mêmes résultats ont été trouvés par [32].

Les perceptions des performances des variétés améliorées montrent que le taux de non adoption (65,4%) est beaucoup plus important que le taux d'adoption (34,6%). Le faible taux d'adoption peut s'expliquer par le niveau d'instruction faible (42% d'analphabètes) étant donné sa forte influence sur le taux d'adoption des nouvelles innovations ($p = 0,0308$). Seuls 24,6% des adoptants reconnaissent que les variétés améliorées ont un cycle cultural plus court par contre ils ne reconnaissent pas leur tolérance à la mosaïque du manioc (30,1%). Les raisons qui poussent les cultivateurs de manioc de Kabare à ne pas adopter les variétés améliorées sont principalement la pourriture des racines (29,3 %), le manque des boutures (18,1 %), le vol sur pieds des plants 10 %. [32] a trouvé que les variétés améliorées ne supportent pas un délai très prolongé dans le sol après la maturité. Cela pousse les paysans à être réticents sur son adoption étant donné que la récolte de manioc se fait à volonté selon le besoin du ménage.

[25] soulignent que l'analyse de la décision des ménages pour le choix d'une innovation est basée sur le modèle d'utilité randomisé. Ce qui l'amène à opérer un choix entre les innovations à adopter [35].

Les estimations du modèle Logit ont montré que les principales caractéristiques des exploitants déterminants la probabilité d'adoption sont entre autres le niveau d'étude des exploitants ($p = 0,0308$) et l'ancienneté ($p= 0,0996$). Les autres facteurs tels que l'âge, le sexe et l'appartenance à une organisation n'ont pas influencés le modèle. Dans son étude, [20] a trouvé également que le niveau d'étude a influencé significativement l'adoption des variétés améliorés de manioc ($p < 0,05$) au Kongo Central, en RD Congo. Ces mêmes résultats ont été également trouvés par [36] sur l'adoption des variétés du niébé et [37] sur l'adoption des nouvelles technologies en Ethiopie. Un niveau d'étude élevé permet l'habileté et la facilité d'apprécier les nouvelles technologies. Il permet également à l'exploitant de comprendre les prérogatives économiques et alimentaires liées à l'adoption des innovations agricoles en général et aux variétés améliorées de manioc en particulier. Ce qui est similaire aux résultats trouvés aussi par [28] au Cameroun sur les déterminants d'adoption d'une variété de maïs. Ces mêmes résultats ont été trouvés par [38] sur l'adoption des variétés améliorées de riz en Côte d'Ivoire.

L'adoption de ces variétés a été significativement et positivement influencée par le niveau d'étude ($p = 0,0003$). [26] par contre, trouvent que le niveau d'instruction n'influence pas l'adoption des nouvelles variétés de manioc dans le Kivu montagneux ($p = 0.8084$). La non influence de l'âge sur l'adoption de variétés améliorées de manioc tel que le démontre notre modèle d'estimation est en accord avec [21] qui ont constaté que l'âge n'a pas influencé l'adoption des pratiques de restauration et conservation de la fertilité du sol par la fumure organique. Tel que trouvé dans cette étude l'appartenance à une organisation paysanne n'ait pas eu d'influence sur l'adoption des nouvelles variétés de manioc à Kabare ($p=0,127$). Par contre une étude menée par la [33] a souligné l'importance des organisations paysannes dans la dissémination des nouvelles technologies agricoles. [36] notent également une influence positive des organisations paysannes sur l'adoption des nouvelles technologies. Un producteur encadré et suivi par le service de vulgarisation finit par changer de décision en faveur de la nouvelle technologie, ce qui n'est pas le cas à Kabare.

Les résultats trouvés par [26] sur l'influence de l'ancienneté dans l'agriculture sur l'adoption des nouvelles variétés de manioc sont similaires à ceux que nous avons trouvés dans la présente étude. Les producteurs les plus expérimentés obtiennent un revenu à l'hectare plus élevé comparativement aux moins expérimentés. Ceci pourrait s'expliquer par le fait que leur niveau de maitrise des procédures de production s'améliore avec l'expérience. [36] par contre ont trouvé une influence négative de l'expérience sur l'adoption des nouvelles variétés de niébé au Bénin. Plus on a de l'expérience plus on a conscience du niveau de risque associé à la décision du choix des technologies étant donné qu'à ce niveau intervient l'aspect comparatif et de discernement.

Néanmoins, au cours de la même étude, [36] ont montré que l'appartenance à une organisation paysanne influence l'adoption des nouvelles variétés de Manioc (p = 0,0437 au seuil de 5 %) ce qui s'oppose aux résultats trouvés dans la présente étude démontrant que l'appartenance à une organisation paysanne n'a pas d'influence sur l'adoption des nouvelles variétés de manioc à Kabare.

5 CONCLUSION

L'objectif de cette étude était de caractériser les exploitations de manioc à Kabare ainsi que définir les caractéristiques des exploitants déterminant l'adoption des variétés améliorées de manioc dans cette partie de la province.

Les résultats obtenus montrent que les cultivateurs de manioc à Kabare sont pour la plupart des femmes, analphabètes, mariés avec un âge moyen de 38,3 ans. Le taux d'adoption des variétés améliorées est faible dans son ensemble (34,6%). Seules les variétés améliorés *Sawa sawa* et *Liyayi* et Mayombe sont adoptées dans ce territoire. Parmi les raisons influençant la non adoption de ces variétés, les agriculteurs évoquent la pourriture des racines, le manque des boutures et le vol des plants au champ. La plupart d'adoptants de ces variétés, ne reconnaissent cependant pas la réelle tolérance de ces dernières à la mosaïque africaine du manioc. Les variables telles que le niveau d'étude, l'ancienneté dans la culture de manioc, l'âge, le sexe, l'appartenance à une organisation paysanne sont celles qui agissent sur l'adoption de ces variétés. Seulement les 2 premières variables se sont révélées plus déterminantes.

L'accompagnement des agriculteurs de manioc couplé au renforcement des techniques et méthodes de vulgarisation serait un facteur important dans l'adoption des nouvelles variétés de manioc dans le territoire de Kabare.

REFERENCES

[1] Tollens E., 2004. Table Ronde sur l'Agriculture en RDC Kinshasa, 19 - 20 mars 2004 Vers une stratégie de développement agricole, base solide du décollage économique, KU Leuven.

[2] Nweke, F.I., 2005. The Cassava Transformation in Africa: A Review of Cassava in Africa with Country Case Studies on Nigeria, Ghana, the United Republic of Tanzania, Uganda and Benin. Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture, Rome, Italie.

[3] Fonds international de développement agricole (FIDA), 2008. Le FIDA et le changement climatique. Consultation sur la huitième reconstitution des ressources du FIDA. Rome : FIDA-IFAD, 27.

[4] FAO, 2013. Produire plus avec moins, Le manioc guide pour l'intensification durable de la production, Rome, 128

[5] Van J., Mampaka L. A. et Entambodji M., 2010. Etude sur les Opportunités de Valorisation Industrielle du Manioc en République Démocratique du Congo. Rapport final définitif. Wavre : Euro Consultants, consultable sur http://www.copirep.org/

[6] FAO, 2010. La situation mondiale de l'alimentation et de l'agriculture. L'aide alimentaire pour la sécurité alimentaire, Rome.

[7] Yandju D.L., 2012, Situation De La Filière Manioc En République Démocratique Du Congo : Analyse Et Perspectives, Laboratoire de Microbiologie Appliquée et Nutrition (UNIKIN/RDC), Kinshasa, 2

[8] FAO, 2009. Deuxième rapport national sur l'état des ressources phylogénétiques pour l'alimentation et l'agriculture (RDC), Rome.

[9] Trefon T. et De Putter T., 2017, « *Ressources naturelles et Développement : Le paradoxe congolais »*, Musée Royal de l'Afrique Centrale et Harmattan, n°90, 20

[10] Rutegeza, 2012. Rapport annuel de la division provinciale de l'agriculture du Sud Kivu, 2010, inédit

[11] Ziegler A., 2012. Etude des possibilités d'amélioration de la filière de production et de transformation agro-industrielle du manioc à Ibi village (province de Kinshasa, RDC), Mémoire Maitrise, Inédit, Univérsité de Liège, Liège, Belgique,95

[12] CIALCA, 2010. «Baseline Survey Report for Consortium for Improving Agriculture-based Livelihoods in Central Africa» (www.cialca.org), 129

[13] Howeler H., 2012. «Effect of cassava production on soil fertility and the longterm fertilizer requirements to maintain high yields: The cassava handbook - A reference manual based on the Asian regional cassava training course, held in Thailand», 411 – 428

[14] Hahn S.K., Terry E.R. & LeuschnerK., 1980. Breeding cassava for resistance to cassava mosaic disease. Euphytica.

[15] Reafor, 2009. Inventaire des Technologies Agricoles et Forestières Eprouvées.

[16] IITA, 2010. Le manioc en Afrique tropicale : Manuel de référence, Ibadan, Nigeria

[17] Ande O. T., 2011. «Soil Suitability Evaluation and Management for Cassava Production in the Derived Savanna Area of Southwestern Nigeria» International Journal of Soil Science, 6:142 – 149

[18] Pypers P., Sanginga J-M. and Kasereka B., 2011. «Increased productivity through integrated soil fertility management in cassava-legume intercropping systems in the highlands of Sud-Kivu, DR Congo» Field Crops Research, 120: 76 – 85
[19] Hidoto L. and Loha G., 2013. « Identification of suitable legumes in cassava (Manihot esculenta Crantz) legumes intercropping » African Journal of agricultural Research., 8:2562 – 2566
[20] Mbuyamba F., 2011. « Les déterminants de l'adoption de variétés améliorées de manioc : contribution à la sécurité alimentaire au plateau de Bateke en RDC », Université Protestante au Congo (UPC), Kinshasa, Mémoire de fin d'étude, inédit, 65
[21] Pompidou D., Sale A. et Wakpnou A., 2012. « Facteurs affectant l'utilisation de la fumure organique dans les exploitations agricoles en Zones Sahéliennes du Cameroun » Afrique Science, 8 : 22 - 33
[22] Wiese, 1980. Différenciation de la population cible au projet Kabare à la base d'une analyse socio-économique dans les régions du Kivu ; Zaïre.
[23] Cirhuza Y.K., 2009. Incidence de la prolifération de la culture de la canne à sucre sur le revenu des ménages dans le territoire de Kabare : cas de Groupement de Bugobe, ISDR /Bukavu, Inédit. http://www.memoireonline.com
[24] Matendo F., 2003. Etude comparative de la sécurité alimentaire des ménages agricoles en Territoire de Kabare. Cas de Kabare Nord, Centre et Sud ; Mémoire Inédit ; UEA/Bukavu.
[25] Adegbola P.Y. et Adekambi S.A., 2008. Taux et déterminants de l'adoption des variétés améliorées d'ignames développées par l'IITA. IITA, PAPA et IFAD, Cotonou, Bénin, 25
[26] Ndjadi S.S., Nna'ka A. R., Mudosa B. C., Basimine G. C. et Bisimwa B. E., 2017. Analyse des déterminants de l'adoption des variétés du manioc dans le Sud - Kivu, République Démocratique du Congo, *Afrique* SCIENCE *3 :113-124* http://www.afriquescience.info
[27] Kasanda N., Mushagalusa A., Kitsali J.H, Nkulu J. et Bogaert J., 2016. « Maraichage périurbain à Lubumbashi : modes d'accès à la terre et gestion des superficies agricoles » International Journal of Innovation and Applied Studies, 14 : 27-36
[28] Ntsama E. et Kamgnia D., 2007. Les déterminants de l'adoption des variétés améliorées de maïs : adoption et impact de la « CMS 8704 », Yaoundé, Cameroun, 23
[29] Bihayo M., 2013. Les stratégies agricoles paysannes et la sécurité alimentaire dans la Cité de Kagando/ kiliba, Territoire d'Uvira. Mémoire Inédit. UOB/Bukavu.
[30] Fagbémissi R.; Coulibaly 0., Hanna R., Endamana D., 2002. Adoption de variétés de manioc et efficacité durable de la lutte biologique contre l'acarien vert du manioc au Bénin, IITA-Bénin, Bulletin de la Recherche Agronomique du Bénin, Cotonou, Bénin, 38
[31] Mabah L., Temple L. et Havard M., 2015. « Les déterminants de l'adoption d'innovations techniques sur maïs au Cameroun, une contribution à la sécurisation alimentaire, AGRAR-2013 : 1ère conférence de la recherche africaine sur l'agriculture, l'alimentation et la nutrition. Yamoussoukro, Côte d'Ivoire, 4-6 juin 2013, Les presses agronomiques de Gembloux, 283 – 291
[32] Mushakulwa W., 2016. Facteurs d'adoption des variétés améliorées de manioc dans le groupement de Kalungwe, Cahier du CERUKI, Nouvelle série n° 51/2016, 10p
[33] Ameu M., Hire J., Kamalandua D., Khisa G., Koko C., Ndambi C. et Oduori W., 2014. Champs-écoles paysans sur le manioc : Ressources à l'intention des facilitateurs d'Afrique sub-saharienne, FAO, Rome, 233
[34] Kouakou J., Nanga Nanga S., Plagne-Ismail C., Mazalo A. et Ognakossan K., 2015. Production et transformation du manioc, © CTA et ISF
[35] Mounirou I., 2015. « Perception et adoption des innovations techniques agricoles dans le bassin cotonnier de Banikoara au Bénin » African Journal of Agricultural and Resource Economics, 10 : 87 -102
[36] Adiéto R., Coulibaly O. et Tamò M., 2002. Facteurs affectant l'adoption des nouvelles technologies du niébé Vigna unguiculata en Afrique de l'Ouest, PRONAF-IITA : Bulletin de la Recherche Agronomique du Bénin (36), Cotonou, Bénin,
[37] Kebédé, 1990. Adoption of new Technologies in Ethiopian Agriculture: The case of Tegulet-Bulga District, Shoa Province. In: Agricultural Economics, Elsevier (eds), Amsterdam.
[38] Nde-atse H., 2007. « Facteurs d'adoption de variétés améliorées de riz en Côte d'Ivoire : cas de la région de Korhogo » Agronomie africaine, 19 : 93 – 102.

International Journal of Innovation and Applied Studies
ISSN 2028-9324 Vol. 27 No. 1 Aug. 2019, pp. 54-64
© 2019 Innovative Space of Scientific Research Journals
http://www.ijias.issr-journals.org/

Utilisation du plan factoriel complet pour l'optimisation des conditions opératoires d'élimination du plomb par les charbons actifs issus des coques de noix de coco

[Optimization of conditions of lead adsorption on activated carbons from coconut shells using full factorial design]

Kouassi Narcisse ABOUA[1], Kossonou Roland N'GUETTIA[2], Moussa DIARRA[3], Kouadio DIBI[1], and Karim Sory TRAORE[1]

[1]Université Nangui Abrogoua, Unité de Formation et de Recherche Sciences et Gestion de l'Environnement, Laboratoire des Sciences de l'Environnement, 02 BP 801 Abidjan 02, Côte d'Ivoire

[2]Laboratoire National d'Appui au Développement Agricole (LANADA), 04 BP 612 Abidjan 04, Côte d'Ivoire

[3]Université Jean Lorougnon GUEDE, Unité de Formation et de Recherche Environnement, Laboratoire des Sciences et Technologie de l'Environnement, BP 150 Daloa, Côte d'Ivoire

Copyright © 2019 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: Adsorption of heavy metals on activated carbons is influenced by various factors that must be controlled. This study investigates the optimal conditions for removal lead on activated carbon using experimental designs. Thus influence of three parameters (pH, lead concentration and activated carbon) on adsorption rate was studied. Activated carbons was prepared from coconuts shells of Côte d'Ivoire by using chemical activation method. PH, lead concentration and coal nature are the factors taken into account in the two-level complete factorial plan used for optimization. Values of lead elimination rate are between 87 % and 96 % thus indicating the pertinence of the choice of the experimental domain. Moreover, two of the three factors; pH and lead concentration have a significant influence on the lead removal rate. Also, interactions between carbon type and lead concentration and those between pH and concentration have a significant influence on adsorption. Thus, the optimal adsorption conditions of 50 mL of lead at 150 mg / L of concentration are obtained with 0.3 g of activated carbon, at pH 6 and at a temperature of 25 ° C. Experimental designs therefore make it possible to optimize lead removal conditions from wastewater.

KEYWORDS: Activated Carbon, Adsorption, Lead, Optimization, Expeimental Design, wastewater.

RÉSUMÉ: L'adsorption des métaux lourds sur charbon actif est contrôlée par divers facteurs dont la maitrise permet de garantir une grande efficacité. L'objectif de ce travail est donc d'optimiser les conditions d'adsorption du plomb sur des charbons actifs par l'usage des plans d'expériences. Les charbons utilisés sont préparés à partir de coques de noix de coco de Côte d'Ivoire. Le pH, la concentration de plomb et la nature du charbon sont les facteurs pris en compte dans le plan factoriel complet à deux niveaux utilisé pour l'optimisation. Le taux d'adsorption constitue la réponse pour les différents tests de la matrice d'expériences et les résultats sont compris entre 87 % et 96 %. Ces valeurs indiquent la pertinence du choix du domaine d'étude. Par ailleurs, deux des trois facteurs, le pH et la concentration de plomb, ont une influence significative sur le taux d'élimination du plomb. De plus, les interactions entre le type de charbon et la concentration et celle entre le pH et la concentration influencent significativement l'adsorption. Ainsi, les conditions optimales d'adsorption de 50 mL de plomb de concentration 150 mg/L sont obtenues avec 0,3 g de charbon, à pH 6 et à la température de 25 °C. Les plans d'expériences permettent donc d'optimiser les conditions d'élimination du plomb en milieu aqueux.

MOTS-CLEFS: Charbon actif, Adsorption, Plomb, Optimisation, Plan d'expériences, Eaux usées.

Corresponding Author: Kouassi Narcisse ABOUA

1 INTRODUCTION

La pollution des eaux, accidentellement et/ou volontairement, par les métaux lourds constitue une source de dégradation de l'environnement et suscite un intérêt particulier à l'échelle internationale [1]. Le plomb est l'un des métaux lourds les plus toxiques, il est retrouvé le plus souvent dans les compartiments de l'environnement sous forme de traces. Sa présence dans les eaux usées est due à son utilisation dans de nombreux procédés industriels tels que la production de peinture, des colorants, du verre, de carburant et des batteries. Ce polluant possède la capacité de se concentrer le long de la chaine alimentaire et de s'accumuler dans certains organes du corps humain notamment le système nerveux central, les reins et le système hématopoïétique [2]. L'élimination des ions (Pb^{2+}) à partir des milieux aqueux peut se faire par les procédés tels que la précipitation chimique, les échanges d'ions, l'osmose inverse et l'adsorption sur charbon actif [3]. Parmi ces méthodes, l'adsorption sur charbon actif est considérée comme la technique la plus efficace et la plus économique pour l'élimination du plomb [4], [5]. Par ailleurs, les phénomènes d'adsorption sont contrôlés par des paramètres d'adsorption tels que la nature du charbon actif, l'effet du rapport de masse du charbon/volume de la solution, le pH, la température et le temps de contact. Ainsi, dans le souci d'optimiser les conditions opératoires, des modèles mathématiques sont de plus en plus utilisés [6]. Les outils d'optimisation généralement employés sont les plans d'expériences qui permettent de réduire le nombre d'expériences à effectuer sans pour autant perdre sur la qualité des résultats recherchés. Il existe plusieurs types de plans d'expériences. Mais le plus couramment utilisé parce que simple, est le plan factoriel complet à deux niveaux et est noté 2^k [7]. Dans ce travail il s'agit donc d'optimiser les conditions d'élimination du plomb en prenant en compte le nature de charbon actif, le pH du milieu réactionnel et la concentration initiale du plomb. Le processus d'élimination du plomb est basé sur l'adsorption sur charbon actif synthétisé à partir de coques de noix de coco, un matériau abondant et bon marché en Côte d'Ivoire.

2 MATERIEL ET METHODES

2.1 RÉACTIFS ET SOLUTIONS

L'acide orthophosphorique 85%, l'hydroxyde sodium 98%, l'acide chlorhydrique 37%, le nitrate de plomb et l'acide nitrique 98% sont principalement les produits chimiques utilisés. Ils sont de qualité analytique et sont fournis par Prolabo, Suvchem, Panreac Quimica S.A.U.

Les coques de noix de coco, précurseurs des charbons actifs proviennent des déchets agricoles de Côte d'Ivoire.

Les solutions synthétiques de plomb qui ont servi aux différents tests ont été obtenues par dissolution du nitrate de plomb dans de l'eau distillée. Les principales caractéristiques physico-chimiques du plomb sont données dans le **tableau I.**

Tableau 1. Caractéristiques physico-chimiques du plomb [8], [9]

Numéro atomique	**82**
Masse atomique	**207,2 ± 0,1 u**
Masse volumique	**11,44 g.cm^{-3} à 20 °C**
Température de Fusion	**260 °C**
Température d'ébullition	**1755 °C**
Electronégativité de Pauling	**1,8**
Rayon atomique (Van der Waals)	**0,154 nm**
Rayon ionique	**0,132 nm (+II) ; 0,084 nm (+IV)**

2.2 PRÉPARATION DES CHARBONS

Les charbons actifs ont été préparés par activation chimique à l'acide orthophosphorique 30% suivant le procédé décrit ci-après.

Les coques de noix de coco (300g) ayant subis un prétraitement enlever les impuretés sont imprégnés dans 300 mL une solution d'acide orthophosphorique 30 % pendant 24 h. Après les 24 heures, les échantillons imprégnés sont séchés à l'étuve à 110 °C jusqu'à évaporation complète du liquide d'imprégnation.

Les échantillons séchés sont mis dans des creusets et portés dans un four pour être carbonisés respectivement à différentes températures 400 °C et 600 °C pendant trois (03) heures. Les échantillons carbonisés sont lavés à l'eau distillée sous agitation jusqu'à ce que le pH de l'eau de rinçage soit compris entre 6,5 et 7. Ces échantillons sont enfin séchés à l'étuve à 110°C pendant 24 heures et conditionnés dans des bocaux en verre prêt à l'emploi.

2.3 CARACTÉRISATION DES CHARBONS

Différents paramètres ont été déterminés sur les charbons obtenus pour comprendre leur comportement lors des essais d'adsorption du plomb.

2.3.1 TAUX DE CENDRE

Une masse de 5g de charbon actif séchée à l'étuve à 110 °C jusqu'à stabilisation de la masse de la matière sèche puis placée dans des creusets. Les échantillons sont ensuite portés au four à 500°C pendant 8 heures. Ces creusets sont enfin pesés après avoir été refroidis.

Le calcul du taux de cendre (TC) se fait comme suit :

$$TC(\%) = \frac{m_2 - m_0}{m_1 - m_0} \times 100 \quad (1)$$

Où m_0 : masse du creuset vide

m_1 : masse du creuset + échantillon séché à l'étuve à 110 °C

m_2 : masse du creuset + résidu calciné

2.3.2 TAUX D'HUMIDITÉ

Le taux d'humidité (TH) est un rapport exprimé en pourcentage, il est déterminé par le séchage de l'adsorbant dans une étuve. On met 5 g de charbon actif dans un creuset. Ensuite on le sèche dans une étuve à 110 °C pendant 24 heures. Après 24 heures, le creuset est retiré du four puis pesé afin de déterminer le taux d'humidité. L'équation suivante permet de déterminer le taux d'humidité.

$$TH(\%) = \frac{m_1 - m_2}{m_1} \times 100 \quad (2)$$

Où m_1 : masse de charbon actif avant séchage à 110 °C

m_2 : masse du charbon séché à 110 °C pendant 24 heures

2.3.3 INDICE D'IODE

L'indice d'iode, exprimé en mg/g, est la quantité d'iode (en mg) adsorbée par g de charbon actif dans une solution aqueuse de l'iode I_2 de normalité 0,02 N. Il caractérise les zones accessibles à toute particule de taille inférieure ou égale à celle de la molécule d'iode [10].

Pour déterminer l'indice d'iode nous avons utilisé une méthode qui est une adaptation de la méthode CEFIC 1989 et de la norme AWWA B600-78 [11]**.**

Dans un bêcher de 100 ml, on pèse environ m = 0,2 g de charbon préalablement séché à l'étuve à 110°C pendant 24 h. On ajoute à la pipette 20 ml de la solution d'iode à 0,02 N et on agite pendant 4 à 5 mn. On filtre le mélange sur papier filtre sans cendre et on prélève 10 ml du filtrat que l'on met dans un erlenmeyer. A partir de la burette, on verse du thiosulfate de sodium dans l'erlenmeyer contenant le filtrat en présence d'amidon, jusqu'à la décoloration totale de la solution. On note V_{thio}, le volume en mL de thiosulfate à l'équivalence. L'indice d'iode exprimé en mg/g est donné par la relation suivante :

$$\mathrm{QI2} = \frac{C_0 \times C_{th} \times V_{th}}{2V_{I2}} \times \frac{M_{I2} \times V_{ads}}{m_{CA}} \quad (3)$$

Où C_0 : concentration de la solution initiale d'iode (L)

C_{th} : concentration de thiosulfate de sodium (mol/L)

V_{th} : volume de thiosulfate de sodium versé (L)

V_{I2} : volume de la solution dosé (L)

M_{I2} : masse molaire de l'iode (g/mol)

V_{ads} : volume d'adsorption (L)

m_{CA} : masse du charbon actif (g)

2.3.4 SURFACE SPÉCIFIQUE

La surface spécifique des charbons préparés est déterminée selon la méthode d'adsorption de la molécule d'acide acétique développée par [12]. Dans des erlenmeyers, on place une masse de 1g de charbon et un volume d'environ 50 ml d'acide acétique de concentration connue variant entre 0,015 et 0,15 mol. L^{-1} y est ajouté. Ces erlenmeyers sont ensuite fermés puis placés dans un bain thermostat réglé à la température convenable et agités régulièrement pendant trente minutes (30 mn). Le mélange est laissé au repos durant une heure avant d'être filtré. Après la filtration, un volume de 5 ou 10 ml de soluté est titré par une solution d'hydroxyde de sodium de concentration 0,1 mol^{-1}.

La quantité de soluté adsorbée par litre de solution est déterminée par la différence entre la concentration initiale (Ci) et la concentration à l'équilibre (Ce), ensuite on déduit la quantité d'acide acétique adsorbée à l'équilibre selon la relation suivante :

$$Qe = \frac{\mathrm{Ce} - \mathrm{Ci}}{\mathrm{m}} \quad (4)$$

Où Qe : quantité d'acide acétique adsorbé à l'équilibre (mol/g)

Ce : concentration à l'équilibre de l'acide acétique (mol/L)

Ci : concentration initiale de l'acide acétique (mol/L)

m : la masse du charbon actif (g)

Pour la détermination de la surface spécifique S_L (m^2/g), l'équation de Langmuir est écrite sous la forme :

$$\frac{C_e}{q_e} = \frac{1}{q_m b} + \frac{C_e}{q_m} \quad (5)$$

Où - C_e est la concentration de la solution d'acide acétique à l'équilibre (en mol/L)

- q_e est la quantité d'acide acétique fixée à l'équilibre par le charbon (en mol/g)
- q_m est la capacité maximale de saturation du charbon (en mol/g)
- b est la constante thermodynamique de l'équilibre d'adsorption (en L/mol)

q_m est alors déduit à partir de la pente de la courbe $\frac{C_e}{q_e}$ en fonction de C_e. La connaissance de q_m conduit à la détermination de la surface S_L par la relation :

$S_L = q_m.S.$ (6)

Où S = 21 $Å^2$ est l'aire occupée par une molécule d'acide acétique

$N_0 = 6{,}02.10^{23}$ mol^{-1} est le nombre d'Avogadro.

2.4 PLANS D'EXPÉRIENCES

2.4.1 MÉTHODOLOGIE DES PLANS D'EXPÉRIENCES

Il existe différents types de modèles expérimentaux. Le plus couramment utilisé, en raison de sa simplicité, est le plan factoriel complet, noté 2^k, qui est la combinaison de tous les niveaux (2) de tous les facteurs (k) [13], [14]**.** Cette méthode consiste à utiliser simultanément toutes les données pour calculer chaque facteur. Le traitement des résultats se fait à l'aide de la régression linéaire multiple et de l'analyse de la variance. Elle stipule que la réponse est une fonction linéaire de tous les facteurs. Ainsi, déterminer cette fonction revient à trouver les coefficients de l'équation polynomiale suivante :

$$Y = a_0 + a_1X_1 + a_2X_2 + \ldots + a_kX_k + \ldots + a_{12}X_1X_2 + \ldots + a_{k-1k}X_{k-1}X_k + a_{1\ldots k}X_1X_2\ldots X_k \quad (7)$$

Avec :

a_i l'effet du facteur X_i et a_{ij} l'effet des interactions entre facteurs.

La détermination du domaine expérimental, des plans d'expérimentation, des estimations et les statistiques des coefficients du polynôme est réalisée à l'aide du logiciel NEMRODW [15]**.**

2.4.2 CHOIX DES FACTEURS

Un choix adéquat des domaines de variation des paramètres est une condition essentielle pour établir un modèle précis qui décrit parfaitement le processus étudié [16], [17]. Les critères de choix des paramètres influençant l'adsorption du plomb sont nombreux (nature du charbon, masse du charbon, pH du milieu réactionnel, le temps de contact, température du milieu réactionnel...). Dans ce travail, le type de charbon actif, le pH et la concentration initiale du plomb. La réponse notée Y est le taux d'élimination du plomb. Chaque facteur (Xi) à un niveau bas et niveau haut noté respectivement (-1) et (+1) en variable codée **(Tableau II).**

Tableau 2. Domaine expérimental

Facteurs	Variable	Niveau bas (-1)	Niveau haut (+1)
Nature du charbon actif	X1	CAT1	CAT2
pH	X2	4	6
Concentration initiale en mg/L	X3	30	150

2.5 TECHNIQUE ANALYTIQUE

L'adsorption du plomb a été effectuée en batch à la température de la salle (30 ± 2 °C). Pour chaque test, un volume de 50 mL de solutions synthétiques contenant le plomb a été utilisé. Les conditions opératoires pour l'optimisation sont fixées par le plan d'expérimentation. Le mélange charbon actif/solution métallique est agité pendant un intervalle de temps et filtré avant analyse au spectromètre d'absorption atomique à flamme (SAA) de marque Shimadzu de type AA6500. La quantité de plomb adsorbée à l'équilibre est calculée suivant l'expression :

$$q_e = \frac{(C_o - C_e) \times V}{m} \quad (8)$$

Où m est la masse de l'échantillon (g),

V le volume de la solution (L)

C_o est la concentration initiale en métaux (mg/L)

C_e est la concentration des métaux à l'équilibre (mg/L)

q_e la quantité de métaux adsorbée à l'équilibre (mg/g d'adsorbant).

Pour calculer le taux de plomb adsorbé (T), l'expression suivante est utilisée :

$$T(\%) = \frac{(C_o - C_r) \times 100}{C_o} \quad (9)$$

où C_r est la concentration résiduelle de plomb.

3 RESULTATS

3.1 CARACTÉRISATION DES CHARBONS ACTIFS

Deux types de charbons sont obtenus au terme du processus de préparation. Il s'agit de CAT1 pour T = 400 °C et CAT2 pour T = 600 °C. Les résultats des tests de caractérisation des deux types de charbonssont consignés dans le **tableau III**.

Tableau 3. Résultats de caractérisation des charbons actifs

Type de charbon	Surface spécifique (m^2/g)	Indice d'iode (mg/g)	Taux de cendre (%)	Taux d'humidité (%)	Rendements (%)
CAT1 à 400 C	97,96	456,86	1,50	8,00	37,17
CAT2 à 600 C	75,72	426,40	2,50	2,00	34,83

3.2 DÉTERMINATION DES TEMPS D'ÉQUILIBRE

L'étude l'influence du temps d'agitation permet de déterminer la durée nécessaire pour atteindre l'équilibre d'adsorption pour chaque charbon actif préparé.

Les résultats obtenus exprimés en termes de taux d'adsorption en fonction du temps sont présentés dans la **figure 1**.

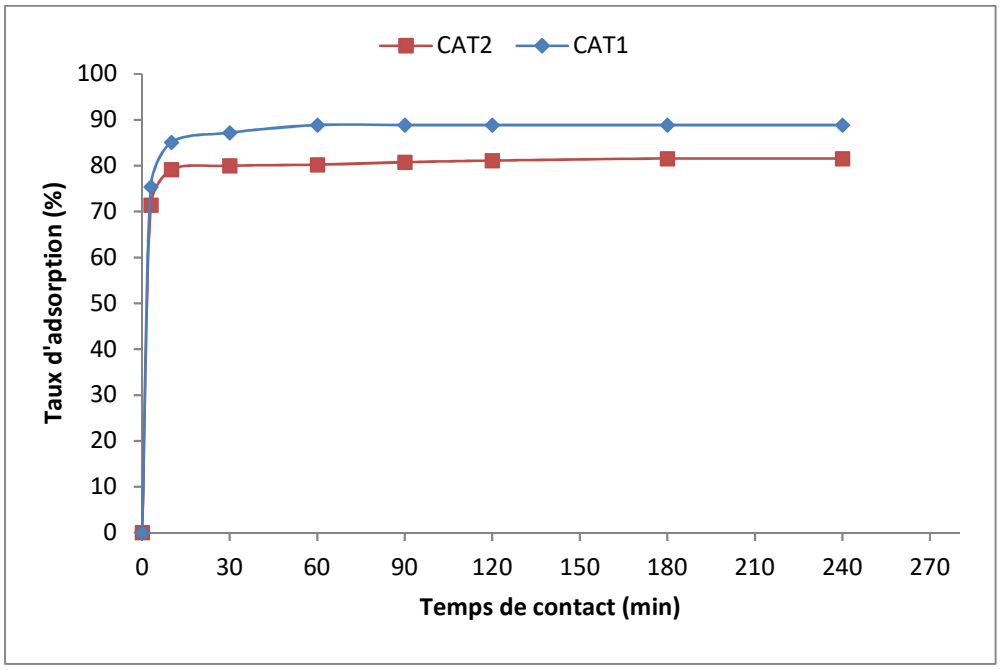


Fig. 1. Influence du temps de contact sur l'adsorption du plomb. (T = 25°C, m = 0,3 g, V = 50 mL et [Pb] = 30 mg/L)

3.3 OPTIMISATION DES CONDITIONS D'ADSORPTION DU PLOMB

3.3.1 PLAN D'EXPÉRIMENTATION ET COEFFICIENT DES FACTEURS

Le **tableau IV** regroupe le plan d'expérimentation et les résultats expérimentaux par rapport aux trois facteurs étudiés.

Tableau 4. Plan d'expérimentation des trois facteurs

N°Exp	Type de CA	pH	Concentration	Taux d'adsorption (%)
1	CAT1	3	30	89,78
2	CAT2	3	30	91,84
3	CAT1	6	30	89,06
4	CAT2	6	30	88,01
5	CAT1	3	150	88,91
6	CAT2	3	150	86,91
7	CAT1	6	150	96,15
8	CAT2	6	150	93,72

Ce tableau comportant huit (8) conditions expérimentales, dans un ordre aléatoire, est obtenu en remplaçant dans la matrice d'expériences les niveaux extrêmes (bas et haut) des variables par les valeurs réelles des facteurs associés. La réponse expérimentale est le taux d'adsorption de chacun des huit (8) tests d'adsorption.

3.3.2 ESTIMATION ET STATISTIQUE DES COEFFICIENTS

Le **tableau V** présente les estimations et les statistiques des différents coefficients du polynôme. Le test de significativité de chaque coefficient du modèle a été effectué en prenant la valeur absolue des coefficients qui doit être supérieure à deux fois l'écart-type.

Tableau 5. Estimation et statistique des coefficients

Nom	Coefficient	Ecart-Type	Signif. %
b0	90,548	0,335	0,236 **
b1	-0,428	0,335	42,3
b2	1,188	0,335	17,5*
b3	0,875	0,335	23,3*
b12	-0,443	0,335	41,3
b13	-0,680	0,335	29,1*
b23	2,325	0,335	9,1*

3.3.3 ÉTUDE DES INFLUENCES DES DIFFÉRENTS FACTEURS

L'importance des effets des facteurs ainsi que celle de leurs interactions est illustrée par la **figure 2**.

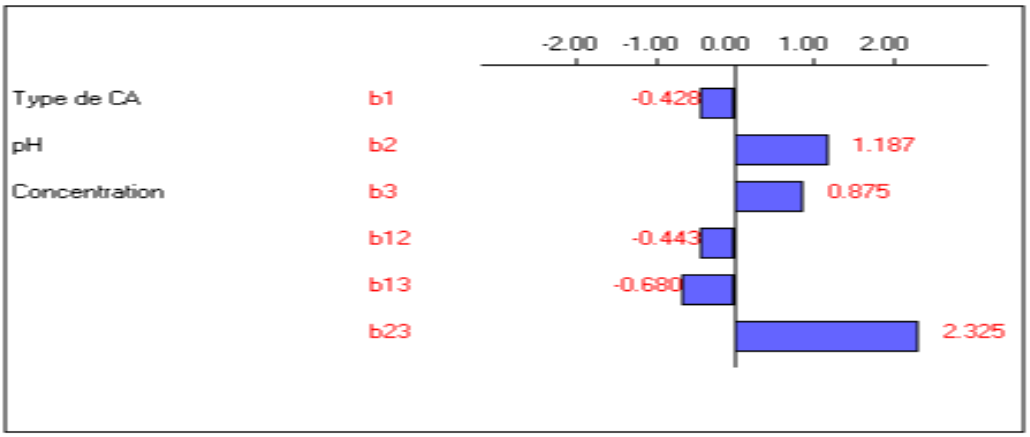


Fig. 2. Etude graphique des effets des facteurs sur la réponse (taux d'adsorption)

Les figures 3 et 4 permettent de visualiser respectivement l'interaction entre le type de charbon et la concentration et celle entre le pH et la concentration. Les valeurs dans chaque petit carré représentent les combinaisons des niveaux des deux facteurs.

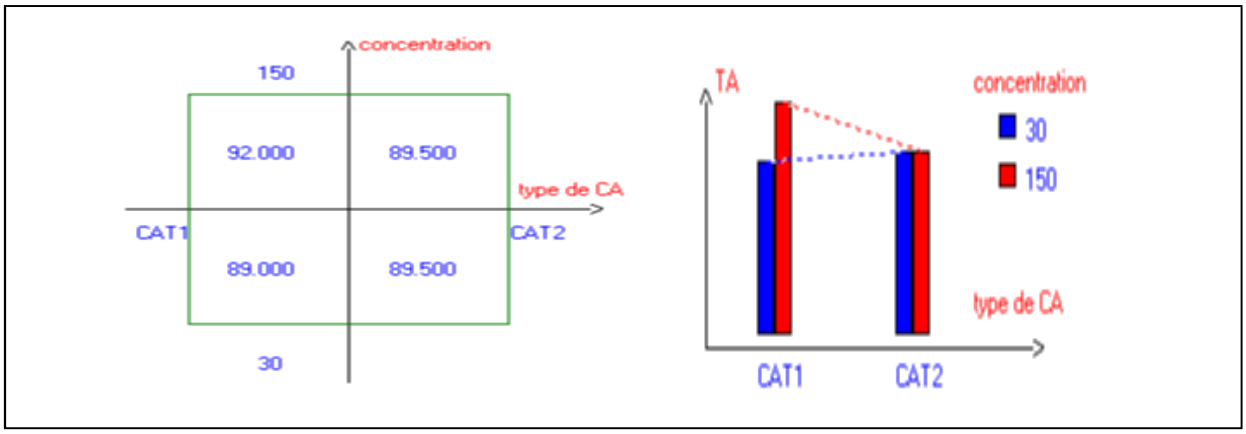


Fig. 3. Étude graphique de l'interaction type de CA/concentration du plomb

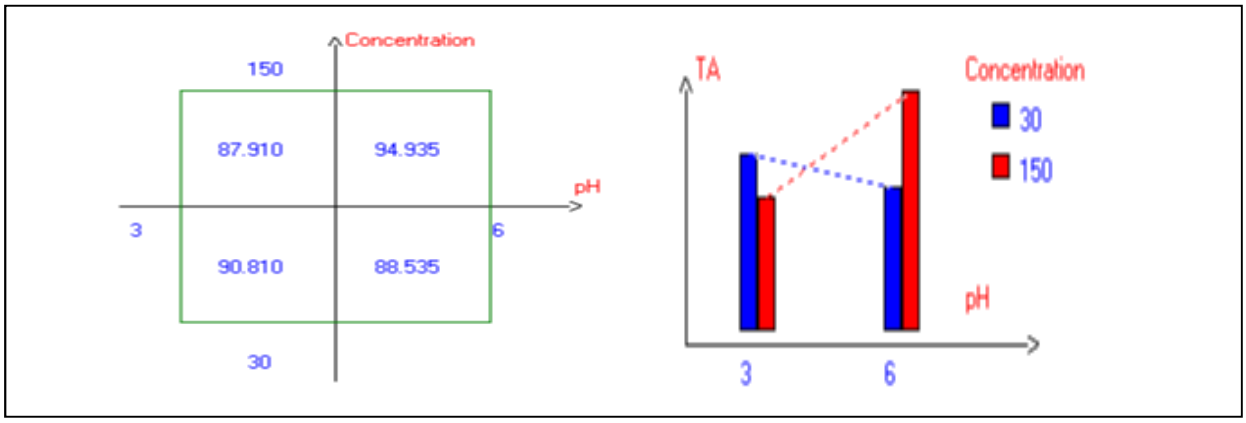


Fig. 4. Étude graphique de l'interaction pH/concentration du plomb

4 DISCUSSION

Les deux types de charbons ont été caractérisés afin d'apprécier leur capacité d'adsorption. En effet, un charbon est meilleur qu'il a un faible taux de cendre et d'humidité et une grande surface spécifique [18]. Dans cette étude, le taux de cendre est inférieur à 3 % et le taux d'humidité ne dépasse pas 8 %. Quant aux valeurs de la capacité d'adsorption, elles sont au-delà de 400 mg/g. Ces valeurs comparables à celles obtenues par [19] et [20], indiquent que les charbons obtenus sont de bonne qualité.

L'étude de de la cinétique d'adsorption donne un temps d'équilibre de 30 minutes et 10 minutes respectivement pour CAT1 et CAT2 avec plus de 80 % d'élimination du plomb. L'adsorption rapide observée pendant les premiers instants pourraient être due à la disponibilité des sites actifs pour l'élimination du plomb [21], [22]. La différence de vitesse d'adsorption (au bout de 10 min, par exemple, 85,81% de plomb adsorbé sur CAT_1 et 79,17% sur CAT_2) au niveau de cette phase, pourrait être liée à la nature des pores à la surface des charbons. On pourrait donc en déduire que la température de carbonisation, a une influence sur le développement de la porosité à la surface du charbon. Selon [23], lorsque la température atteint la valeur de 600°C, une restructuration a lieu provoquant une diminution de la capacité d'adsorption du charbon actif. Ces auteurs soulignent qu'à ces températures les micropores sont détruits au profil des macropores.

L'optimisation des conditions opératoires d'élimination du plomb des eaux a conduit au choix d'un domaine expérimental avec les trois facteurs d'étude. Dans ce domaine, les tests réalisés donnent des taux d'adsorption compris entre 87 % et 96 % montrant ainsi la pertinence de ce choix. Le tableau IV et la figure II montrent par ailleurs que deux des trois facteurs ont une

influence significative sur le taux d'élimination du plomb par les charbons préparés. Il s'agit du pH (Variable X_2) et à la concentration de plomb (variable X_3). De plus, les interactions entre le type de charbon (Variable X_1) et la concentration (Variable X_3) et celle entre le pH (Variable X_2) et la concentration (Variable X_3) influencent significativement l'adsorption. En effet, la valeur absolue des coefficients du pH et de la concentration du plomb et celles des interactions susmentionnées est supérieure à deux fois l'écart-type [24]. Dans le domaine expérimental prédéfini, l'équation du taux d'adsorption (Y)du plomb en fonction des différents paramètres est ainsi donnée par le modèle mathématique suivant.

$$\mathbf{Y= 90,548 + 1,188X_2 + 0,875X_3 + 2,325X_2X_3 - 0,680X_1X_3} \quad (10)$$

L'étude détaillée des différents coefficients des facteurs ayant une influence significative sur l'adsorption du plomb permet de comprendre l'effet de ces derniers et de leurs interactions. Ainsi, pour le pH, lorsque la valeur passe de 3 à 6, la capacité d'adsorption du plomb augmente 2,38 % (valeur de b_2= 1,188). On en déduit qu'une élévation du pH en milieu acide entraine une élévation du taux d'adsorption du plomb. Ces résultats rejoignent ceux obtenus par [25] [26] [27]. Ces derniers qui ont étudié l'adsorption d'ions Pb^{2+} sur des matériaux issus de la biomasse. Pour ces auteurs, cette augmentation pourrait s'expliquer par le fait qu'en milieu acide il y a production d'ions H^+ qui rendrait moins favorable l'adsorption des ions Pb^{2+}. L'augmentation du pH qui indique la diminution des protons, libère donc les sites d'adsorption du charbon les rendant ainsi plus disponibles pour l'adsorption des ions Pb^{2+}. Le maximum de fixation de ces derniers est obtenu à pH égal à 6. Ce constat a été observé pour l'adsorption du plomb des sédiments de rivière sur la sciure d'épicéa [28].

Concernant l'influence de la Concentration initiale du plomb, on note l'accroissement en moyenne de 1,75 % de la capacité d'adsorption lorsque la concentration du plomb passe de 30 à 150 mg/L. Une augmentation de la concentration a donc une action positive sur la capacité d'adsorption. Ces résultats sont confortés par ceux de [29] qui ont travaillé sur l'élimination des ions Pb^{2+} par adsorption sur des charbons actifs préparés et encapsulés dans un réacteur agité fermé. Pour ces auteurs, l'augmentation de la quantité adsorbée avec la concentration peut s'expliquer par une grande variabilité des sites d'adsorption et de la surface présence. Ainsi, le transfert du soluté se ferait d'autant mieux que la concentration des solutions est élevée. **Knappe *et al.*,** [30] sont parvenus au même résultat et affirment que plus la concentration est élevée, plus l'adsorption est élevée.

Les résultats de l'interaction type de charbon et concentration indiquent que, lorsque la concentration passe de 30 mg/L à 150 mg/L, le taux d'adsorption moyenne du plomb passe de 89 % à 92 % soit une augmentation de 3 % pour le charbon CAT1. En revanche, pour la même variation de la concentration du plomb, le taux d'adsorption reste inchangé lorsqu'il s'agit du charbon CAT2. Dans ce domaine, l'effet de la concentration du plomb dépend du type de charbon. Le meilleur taux d'adsorption du plomb est atteint à la valeur maximale de la concentration (150mg/L) avec le charbon CAT_1. Ces résultats montrent que l'augmentation de la concentration du plomb améliore le taux d'adsorption du plomb qu'avec le CAT1.

Concernant l'interaction pH et concentration, on remarque une augmentation de 7,03 % lorsque le pH passe de 3 à 6 et que la concentration est à son niveau haut (150 mg/L). Cependant, quand la concentration du plomb est à son niveau bas (30 mg/L), le taux d'adsorption subit une réduction de 2,28 % pour la même variation de pH. Dans ce domaine, l'effet de la concentration du plomb sur le taux d'adsorption dépend du niveau du facteur pH. En définitive, les conditions optimales d'adsorption du plomb, dans le domaine expérimental, sont obtenues avec 0,3 g de charbon, à pH 6 et à la température de 25 °C. A ces conditions, pour 150 mg/L de plomb, au bout de 30 minutes, un taux d'adsorption de 96 % est obtenu.

5 CONCLUSION

Ce travail est basé sur l'utilisation des plans d'expériences pour l'optimisation des conditions opératoires d'élimination du plomb par les charbons actifs. Les charbons utilisés ont été obtenus par le procédé de préparation chimique, à partir des coques de noix de coco abondamment disponibles en Côte d'Ivoire. La technique du plan factoriel complet à deux variables a permis de déterminer l'effet de trois facteurs et leurs interactions sur l'adsorption du plomb. On note ainsi que l'adsorption du plomb dépend du pH et de la concentration du polluant ainsi que de leurs interactions. Un taux d'élimination de près de 95 % est obtenu pour une concentration 150 mg/L à pH = 6. Il est donc possible à partir des outils mathématiques d'optimiser les conditions opératoires d'assainissement des milieux aqueux par le procédé d'adsorption sur charbon actif issu des déchets agricoles.

REFERENCES

[1] S. Demim, N. Drouiche, A. Aouabed, T. Benayad, O Dendene-Badache and S. Semsari, ''Cadmium and nickel: assessment of the physiological effects and heavy metal removal using a response surface approach by L. *Gibba'', Ecol. Eng*. 61, pp. 426–435, 2013.

[2] X. L. Song, H. Y. Liu, L. Cheng, and Y. X. Qu, ''Surface modification of coconut-based activated carbon by liquid-phase oxidation and its effects on lead ion adsorption'', *Desalination,* 255, pp. 78–83, 2010.

[3] Y. A. Yobouet, K. N. Aboua, K. Adoubi et K. B. Yao, ''Élimination du plomb et du cuivre en solution aqueuse par des charbons à base de bois de Pterygota macrocarpa'' *Afrique Science,* 14 (2), pp. 38 – 47, 2018.

[4] K. S. Gbamele, G. P. Atheba, B. K. Dongui, P. Drogui, D. Robert, O. D. Kra, S. Konan, G. G. M. De Bouanzi et A. Trokourey, ''Contribution à l'étude de quatre charbons activés à partir des coques de noix de coco'', *Afrique Science,* 12(5) pp. 229–245, 2016.

[5] M. N. Murat, M. A. Ahmad and M. N. Idris, ''Optimization of preparation conditions for rice husk based activatedcarbons for the removal of methylene blue dye'' *Int J Petrochem Res*., 2 (2), pp. 186-188, 2018.

[6] I. Tchakala, L. M. Bawa, G. Djaneye-Boundjou, K. S. Doni et P. Nambo, ''Optimisation du procédé de préparation des Charbons Actifs par voie chimique (H_3PO_4) à partir des tourteaux de Karité et des tourteaux de Coton'', *Int. J. Biol. Chem. Sci*., 6(1), pp. 461-478. 2012.

[7] K. N. Aboua, K. B. Yao, S. Gueu and A.Trokourey, ''Production of activated carbon from biomass resources – optimization using experimental designs'', *Res. J. & Biol. Sci.*, 6(6), pp. 665-670, 2010.

[8] I.F. Me Convey and G. Me Kay, ''Mass transfer model for the adsorption of basic dyes on woodmeal in agitated batch adsorbers'' *Chem. Eng. Process*., 19, pp. 267-275, 1985.

[9] M. Mazet, O. Dusart, M. Roger et D. Dussoubs-Marmier, ''Elimination de colorants de l'industrie textile par des sciures de bois'', *Journal of Water Science*, 3, pp. 129-149, 1990.

[10] M. Gueye, ''Développement de charbon actif à partir de biomasses lignocellulosiques pour des applications dans le traitement de l'eau'', Thèse de l'Institut International de l'Ingénierie de l'Eau et l'Environnement (2IE), Ouagadougou, Burkina Faso. 215p., 2015.

[11] S. D. B. Maazou, H. I. Hima, M. M. Malam Alma, Z. Adamou et I. Natatou, ''Elimination du chrome par du charbon actif élaboré et caractérisé à partir de la coque du noyau de Balanites Aegyptiaca'', *Int. J. Biol. Chem. Sci*., 6(1), pp. 3050-3065, 2017.

[12] J. Avom, M. J. Ketcha, M. R. L. Matip and P. Germain ''Adsorption isotherme de l'acide acétique par des charbons d'origines végétale'', *African Journal of Science and Technology (AJST). Science and engineering Series,* 2(2), pp. 1-7, 2001.

[13] M. Feinberg, *''La validation des Méthodes d'Analyse : Une Approche Chimiométrique de l'assurance qualité au laboratoire*'' Masson, Paris, France, pp. 217-239, 1996.

[14] D. L. Massart, B. G. M. Vandeginste, S. N. Deming, Y. Michotte and L. Kaufman, ''Chimiometrics : A Texbook'', *Elsevier,* Amsterdam, Holland, 2 (4), pp 298-299, 1988.

[15] D. Mathieu, J. Nony et R. Phan-Tan-Luu, ''Nemrod-W : Génération des matrices d'expériences en fonction des objectifs et traitement des réponses expérimentales'', Version 9901.

[16] F. Z. Choumane, ''Elimination des métaux lourds et pesticides en solution aqueuse par des matrices argileuses'', Thèse de doctorat de Universite Abou Bekr Belkaid, Tlemcen, République Algérienne Démocratique et Populaire, 187p., 2016.

[17] T. Depci, R. A. Kul and Y. Önal, ''Competitive Adsorption of Lead and Zinc from Aqueous Solution on Activated Carbon Prepared from Van Apple Pulp : Study in Single- and Multi-Solute Systems'', *Chemical Engineering Journal*, Vol. 200-202, pp. 224-236, 2012.

[18] S. Gueu, K. B. Yao, K. Adouby et G. Ado, ''Elimination des métaux lourds des eaux avec le charbon actif préparé à partir de noix de coco et de graine de palmiste''. *9èmes Journées Anuelles de la Soc. Ouest-Afr. Chim*, Dakar, Sénégal, 2006.

[19] S. Zeroual, K. Guerfi, S. Hazourli et C. Charnay, Estimation de l'hétérogénéité d'un charbon actif oxydé à différentes températures à partir de l'adsorption des molécules sondes. *Revue des Energies Renouvelables*, 14 (4), pp. 581-590, 2011.

[20] S. O. Mamane; A. Zanguina; I.Daou et I. Natatou, ''Préparation et caractérisation de charbons actifs à base de coques de noyaux de Balanites Eagyptiaca et de Zizyphus Mauritiana'', *J. Soc. Ouest-Afr. Chim*., 041, pp. 59- 67, 2016.

[21] S.D. Khattria and M. K. Singh, ''Removal of malachite green from dye wastewater using neem sawdust by adsorption'', *Journal of Hazardous Materials*, 167, pp. 1089-1094, 2009.

[22] F. Bouhamed, Z. Elouear, J. Bouzid and B. Ouddane, ''Batch sorption of Pb (II) ions from aqueous solutions using activated carbon prepared from date stones : equilibrium, kinetic, and thermodynamic studies'', *Desalination and Water Treatment*, 52(10-12), pp. 2261-2271, 2013.

[23] K. Mohanty, D. Das, M. N. Biswas, ''Adsorption of phenol from aqueous solutions using activated carbons prepared from Tectona grandis sawdust by ZnCl'', *Chemical Engineering Journal,* 115, pp. 121–131, 2005.

[24] E. Assidjo, B. Yao, E. Akou and G. Ado, 2005. Optimisation of the treatment conditions of cocoa butter in order to reduce non-quality. *J. Chemometrics*, 19 : pp. 543-548, 2005.

[25] D. Hamane et Z. Bendjama, ''Adsorption de Pb (II) par la Sciure de Bois d'Eucalyptus. Récents'', *Progrès en Génie des Procédés*, Vol.92., 2005.

[26] S. Arris, ''Etude Expérimentale de l'Elimination des Polluants Organiques et Inorganiques par Adsorption sur des Sous-Produits de Céréales'', Thèse de Doctorat Faculté des Sciences de l'Ingénieur, Constantine. Algérie, 151p. 2008.

[27] F. Boudrahem, F. Aissani-Benissad and A. Soualah, ''Adsorption of Lead (II) from Aqueous Solution by Using Leaves of Date Trees As an Adsorbent'' *Journal of Chemical and Engineering Data,* 56, 1804–1812, 2011.

[28] J. Marin et J.Ayele, ''Removal of some heavy metal cations from aqueous solutions by spruce sawdust. I. Study of the binding mechanism through batch experiments'', *Environmental Technology*, 23, pp. 1157-1171, 2002.

[29] L. Mouni, L. Belkhiri, F. Zouggaghe and M. Tafer, ''Removal of Pb (II) from aqueous solution by adsorption using activated carbon developed from Apricot stone : equilibrium and kinetic'', *Desalination and Water Treatment*, 52, (34-36), pp. 6412-6419, 2014.

[30] D.R.U Knappe, Y Matsui. and V. L. Snoeyink, ''Predicting the capacity of Powdered Activated Carbon for trace organic compounds in natural waters'', *Environmental science & technology*, 32(11), pp. 1694-1698, 1998.

International Journal of Innovation and Applied Studies
ISSN 2028-9324 Vol. 27 No. 1 Aug. 2019, pp. 65-70
© 2019 Innovative Space of Scientific Research Journals
http://www.ijias.issr-journals.org/

Essai de réflexion sur l'évolution de la notion de l'Etat dans le temps

Rachid Othmani and Wadiaa Morchid

Laboratoire de recherche : Etude juridique et politique, FSJES Meknes, Maroc

Copyright © 2019 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: L'Etat constitue la pièce maitresse du système politique, ce dernier est inhérent au système social, à la société dont il est un aspect. Il faut dire que le système politique n'est pas né ex nihilo, il fait partie d'un ensemble plus vaste et plus complexe; il est « politiquement » le plus important, certes, surtout pour l'étude de L'Etat objet de cette recherche. Cette dernière qui constitue le noyau dur du système politique. En effet, le système politique est constitué par le pouvoir politique dont l'Etat est le siège et l'ensemble de l'environnement social, notamment avec les partis politiques. L'évolution de la notion de l'Etat dans le temps nous permet de déterminer les principales étapes et passages, de l'Etat gendarme, à L'Etat minimal en passant par L'Etat providence et L'Etat animateur. Il faut dire que l'univers politique est un champ de bataille dont l'objet est le pouvoir politique et L'Etat siège de ce pouvoir, permet de prendre les décisions déterminantes pour la société. Pour que telles décisions soient légitimes elles doivent être conformes à la volonté du groupe social : tel est le problème de la démocratie.

KEYWORDS: Etat, évolution, construction étatique, universalisation, pouvoir.

1 INTRODUCTION

Le terme État vient du latin store (demeurer) et est en conséquence connoté aux idées de permanence et de stabilité. L'État est en effet une institution qui survit à la personne des détenteurs du pouvoir. Cependant, et contrairement à ce que pourrait laisser croire son étymologie, l'État est une forme historiquement déterminée, née dans les sociétés européennes à partir de la Renaissance, avant de s'internationaliser par la suite dans le sillage de l'expansion occidentale. Il faut dire qu'il n'est pas aisé de définir la notion d'Etat d'une manière concise, accessible et définitive ; il importe donc d'aborder une telle difficulté avec circonscription et modestie. Ainsi la signification politique de L'Etat apparait grâce à l'adjonction d'un mot qui en suggère l'aspect politique. Avec l'évolution, le mot Etat employé seul mais avec une majuscule suffit. C'est en 1915 que « le prince », de Machiavel comporte et fait connaitre le concept d'Etat. (Tous les Etats, tous les gouvernements qui ont menés ou mènent encore les hommes furent ou sont soit des Républiques, soit des principautés). C'est dire que le mot Etat (stato) désigne la structure politique type et non tel ou tel régime politique qui pourrait y servir. De son côté louis 14 utilise le mot Etat : « L'Etat c'est moi », le terme se généralise au 18éme siècle, en effet plusieurs auteurs se sont efforcés de cerner la notion d'Etat des approches variées en ont été faites. De ce fait on peut dire que le pouvoir a précédé L'Etat ; ce dernier n'est apparu que tardivement, par rapport à l'organisation de la société. L'Etat est une forme avancée du pouvoir politique. L'intérêt du sujet est de voir la notion de l'Etat et son évolution dans la durée ainsi que les transformations qu'il a connu. De même que l'objectif de cette recherche est de relater les diverses fonctions et caractéristiques de L'Etat ce qui dégage la problématique suivante : comment s'est institutionnalisé le pouvoir politique ? Et comment l'Etat est arrivé à l'universalisation ? Répondre à ses interrogations nous pousse a adopter une approche politiste et historique, ce qui a donné lieu à un plan qui portera deux axes. L'un portera sur l'institutionnalisation du pouvoir politique 2/ le second portera sur l'universalisation du pouvoir 3/.

2 L'INSTITUTIONNALISATION DU POUVOIR POLITIQUE

Les processus historiques ayant abouti à la création des États européens ne sont pas identiques d'une société à une autre. Juristes, sociologues, anthropologues et politistes ont cherché à dégager des caractéristiques communes à ces différents États, afin de construire un objet unique d'analyse.

Corresponding Author: Rachid Othmani

2.1 LA GENÈSE DE L'ÉTAT

Au-delà d'un certain nombre d'éléments communs à toute l'Europe (essor de la bourgeoisie, sécularisation, déclin du féodalisme et de l'Empire), la construction de l'État a emprunté diverses voies historiques.

2.1.1 LA SORTIE DE L'EUROPE FÉODALE

L'élément déterminant l'apparition de l'État est l'essor de la bourgeoisie qui, à partir du XII[e] siècle, se regroupe dans les villes, où elle parvient à s'affranchir de la tutelle seigneuriale. Cette situation débouche sur un repli des féodaux autour de la défense de leurs privilèges. L'État parvient alors à s'imposer comme arbitre entre les intérêts contradictoires du groupe social dominant, l'aristocratie, et du groupe social ascendant, la bourgeoisie. Les bourgeois ont intérêt à ce que s'établisse une sécurité favorisant l'épanouissement du commerce et de la libre entreprise. Ils sont prêts à payer, par la fiscalité et par la souscription aux emprunts lancés par l'État, le prix dont ce dernier a besoin pour désarmer les seigneurs et sécuriser les routes. Le coût est pour eux largement inférieur aux bénéfices escomptés, et il permet à l'État de monopoliser progressivement la fonction militaire, au détriment des féodaux. Ces derniers y consentent malgré tout, du fait des espoirs de promotion individuelle au sein des armées du roi. Norbert Elias - qui inscrit sa « sociogenèse de l'État » dans une perspective plus large, celle du refoulement de la violence physique hors de la vie sociale et sa progressive monopolisation par l'État - analyse ce processus comme le passage d'une « société de guerriers » à une « société de cour ».

L'État moderne s'est donc construit en opposition avec la féodalité, mais également avec l'Église, cette construction participant ainsi d'un processus de sécularisation. L'affaiblissement de la papauté à partir du XIVème siècle, et l'essor du protestantisme au XVI[e], contribuent à ce processus, en offrant à l'État l'occasion de s'affirmer comme acteur indépendant de l'Église. Enfin, les États naissants ont dû faire face au Saint-Empire romain germanique, qui prétendait alors à l'exercice d'un pouvoir universel sur toute la Chrétienté. Là aussi, la Réforme protestante s'avère déterminante, puisqu'elle porte à l'Empire un coup dont il ne se relèvera pas. En 1555 en effet, suite à une guerre opposant l'Empereur catholique aux Princes protestants, la paix d'Augsbourg établit le principe selon lequel chaque prince de l'Empire peut imposer sa religion dans son État (cujus regio, ejus religio). En 1648, les traités de Westphalie mettent fin à la guerre de Trente Ans qui avait vu s'opposer l'Europe catholique et l'Europe protestante. En reconnaissant les 350 petits États allemands comme seuls acteurs souverains du droit international au détriment de l'Empire, ces traités achèvent de morceler ce dernier. En 1806, suite aux conquêtes napoléoniennes, l'Empereur Frédéric II met définitivement fin à l'Empire dans son acte d'abdication.

2.1.2 LA DIVERSITÉ DES PROCESSUS DE CONSTRUCTION ÉTATIQUE

Plusieurs auteurs ont cherché à rendre compte de la diversité des processus de construction étatique en Europe. Bertrand Badie oppose ainsi « modèle anglais » et « modèle byzantin » d'une part, monde protestant et monde catholique d'autre part. En Angleterre, la noblesse, peu nombreuse, a eu intérêt à se rapprocher très tôt du roi, ce qui a conduit à la construction précoce d'un État, demeuré plus modeste que sur le continent. Dans ce modèle, l'État n'est pas considéré comme l'expression de la société tout entière, mais comme un simple élément du corps social, créateur d'un ordre juridique qui favorise rapidement la construction d'une société civile individualiste. En Russie, au contraire, construite par les Tsars sur le modèle byzantin, l'Église orthodoxe est indissolublement liée à l'État et l'alliance de ces deux puissances met l'aristocratie terrienne dans une position subordonnée, cette situation empêchant la naissance d'une société civile autonome. De son côté, la Réforme donne naissance à deux nouveaux projets de construction étatique : les calvinistes et les puritains échouent dans leur tentative de reconstruction révolutionnaire de l'État sur des bases théocratiques, tandis que les luthériens considèrent que l'État, juste ou injuste, légitime ou non, est nécessaire pour maintenir l'ordre. Dans l'optique luthérienne, en effet, l'injustice sera toujours préférable au désordre, "et l'État se doit d'être avant tout un État policier. Enfin, dans les pays demeurés catholiques, la menace protes- tante entraîne un renversement des alliances : l'État cesse de se constituer contre l'Église, pour parachever désormais sa construction avec elle.

De son côté, le politiste norvégien Stein Rokkan conçoit une « carte conceptuelle de l'Europe » à partir de trois variables. La première est une variable économique qui distingue entre l'Europe de l'Ouest, dont les élites sont urbanisées, et l'Europe de l'Est, aux élites rurales. La seconde est une variable culturelle séparant l'Europe du Nord protestante et l'Europe du Sud catholique. Enfin, la troisième variable est territoriale, et divise l'Europe entre la zone située au centre du Saint-Empire, d'une extrême densité urbaine, et la périphérie atlantique, plus rurale. Alors que la première variable a favorisé l'émergence d'États rationalisés à l'Ouest et patrimoniaux à l'Est, la seconde a mis fin à la situation de double allégeance des citoyens entre l'Église et l'État au Nord de l'Europe, mais pas dans le Sud. Enfin, la troisième variable a permis la constitution précoce de l'État dans la zone atlantique, où des capitales nationales ont pu émerger sans rencontrer trop de concurrences, et a au contraire freiné le processus de construction nationale dans la zone d'Empire, où les capitales ont mis du temps à s'imposer face à de

nombreuses villes économiquement et politiquement puissantes. En combinant ces trois variables, Rokkan distingue dans l'Europe des XVI^{e} et XVII^{e} siècle entre cinq types d'États : les « périphéries maritimes », les « nations impériales », continentales ou maritimes, les « États tampons continentaux » et enfin les cités-États, qui ne disparaîtront qu'au XIXe siècle.

2.2 LES CARACTÉRISTIQUES DE L'ÉTAT

Face à cette diversité des situations concrètes, les observateurs ont entrepris de découvrir des caractéristiques communes, soit en recherchant des critères permettant de distinguer l'État des autres formes d'organisation du pouvoir politique, soit en identifiant des fonctions universellement remplies par l'État.

2.2.1 LES CRITÈRES DE L'ÉTAT

Au début du XX^{éme} siècle, des juristes allemands et français formulent une définition devenue classique de l'État, autour de trois critères : l'État est constitué par un territoire, une population et une organisation politique. Le territoire de l'État est délimité par des frontières, entre lesquelles la loi de l'État considéré s'applique. De la même manière, la population des ressortissants d'un État est composée par les individus qui lui sont juridiquement assujettis. Enfin, dans le domaine de l'ordre juridique interne, l'organisation politique de l'État est productrice de droit et dispose d'un pouvoir de contrainte pour le faire appliquer. La théorie classique de l'État est ainsi à rapprocher - mais sans se confondre avec elle - de la définition formulée par Max Weber, selon lequel l'État est une organisation politique revendiquant avec succès le monopole de la violence légitime sur son territoire. Cette théorie inspire encore aujourd'hui les critères de reconnaissance d'un État souverain en droit international.

La notion de souveraineté est inséparable de celle d'État moderne, puisqu'elle désigne le droit exclusif d'exercer une autorité sur un territoire ou une population. Le juriste Jean Bodin, qui vivait au XVI^{e} siècle, a été l'un des premiers à théoriser cette notion, dans les Six livres de la République (1576): « La souveraineté est la puissance absolue et perpétuelle d'une République [. . .] c'est-à-dire la plus grande puissance de commander ». La souveraineté est une notion juridique qui se compose de deux éléments complémentaires, selon que l'on considère l'État depuis l'intérieur ou l'extérieur de son propre territoire: en interne, la souveraineté signifie que l'État n'agit qu'en conformité avec sa propre volonté et les règles de droit qu'il a lui-même édictées (bien qu'il ait le pouvoir de casser les lois, l'État se doit de les respecter lorsqu'elles sont en vigueur); en externe, elle désigne la capacité de l'État à traiter d'égal à égal avec les autres États sur la scène internationale.

L'approche anthropologique, de son côté, utilise la méthode comparative pour dégager les spécificités de l'État moderne par rapport aux autres formes de pouvoir politique qui peuvent se rencontrer dans des sociétés extra-européennes. C'est ainsi que Jean-William Lapierre a pu dégager trois variables dont la présence cumulée au degré le plus élevé caractérise selon lui l'État moderne. La première est la spécialisation des agents : entre les sociétés indifférenciées, dans lesquelles tout individu peut accomplir n'importe quelle tâche nécessaire, au bon fonctionnement du groupe, et les sociétés extrêmement différenciées dans lesquelles l'activité politique est réservée aux professionnels de la chose, et les fonctionnaires recrutés exclusivement sur des critères de compétence, il existe plusieurs stades intermédiaires. On trouve ainsi des sociétés dans lesquelles le pouvoir politique est distinct du reste de la société, mais ne dispose pas d'administration ni de force publique et doit recourir à la persuasion pour faire appliquer ses décisions. La deuxième variable est la centralisation de la coercition ; dans l'État moderne, le droit applicable à un citoyen relève d'une seule source, hiérarchiquement organisée, par opposition par exemple à l'imbrication des systèmes juridiques dans le système féodal. Enfin, l'institutionnalisation du pouvoir permet de distinguer entre les sociétés dans lesquelles le pouvoir est l'apanage personnel d'un chef, et celles où non seulement l'État est un être désincarné qui survit à celui qui l'incarne, mais où des règles précises et impersonnelles s'appliquent à tous.

2.2.2 LES FONCTIONS DE L'ÉTAT

À quoi sert l'État ? Les philosophes, puis les sociologues et les politistes, ont tâché de répondre à cette question, en dégageant des fonctions essentielles assurées par l'État. Dès le XVII^{e} siècle, le philosophe anglais John Locke distingue fonction législative (faire les lois), fonction exécutive (les appliquer) et « pouvoir fédératif » (de fœdus, le traité), qui correspond à la conduite des affaires étrangères (pour la vision lockienne des relations internationales. Mais la classification la plus célèbre est bien sûr celle de Montesquieu, qui plaide en faveur d'une séparation des « trois pouvoirs » : exécutif, législatif et judiciaire.

Cette approche est renouvelée dans les années 1960 par l'apport des théoriciens du fonctionnalisme. Ainsi, les politistes américains Almond et Powell distinguent trois séries de fonctions nécessairement prises en charge par l'État. La première série a trait aux rapports que le système étatique entretient avec son environnement, et que nos deux auteurs appellent des « capacités » (capabilities); il s'agit de la capacité régulative, par laquelle l'État contrôle le comportement des individus et des

groupes, de la capacité extractive (prélèvement des ressources), de la capacité distributive (allocation des ressources entre les individus et les groupes), et enfin de la capacité réactive par laquelle le système répond aux demandes qui lui sont adressées. Concernant maintenant son fonctionnement interne, le système étatique doit être capable de transformer les flux d'entrées (input) en flux de sorties (output). Les demandes sociales adressées au système doivent ainsi être articulées (c'est le rôle des groupes d'intérêts) et agrégées (rôle des partis politiques). Ces inputs doivent ensuite être convertis en outputs : élaboration, application et « adjudication » des règles (ces trois fonctions correspondent aux trois pouvoirs de Montesquieu), et communication politique. Enfin, une dernière série de fonctions permet le maintien et l'adaptation du système : le recrutement du personnel politique et la socialisation des individus (l'éducation des citoyens, en particulier, correspond à cette fonction).

3 L'UNIVERSALISATION DE L'ÉTAT

Née en Occident, la forme étatique s'est imposée sur l'ensemble de la planète, à tel point que l'ONU reconnaît aujourd'hui 193 États-membres. Toutes les sociétés n'ont pourtant pas connu un processus de construction de l'État moderne comparable à ce qui s'est produit en Europe depuis la Renaissance. De fait, certaines sociétés ont même pu exister sans État. La forme étatique aurait en fait été imposée à des sociétés auxquelles elle était étrangère. C'est la thèse de l'« importation de l'État ».

3.1 LES SOCIÉTÉS SANS ÉTAT

De célèbres travaux d'anthropologie ont montré que certaines sociétés étaient capables de s'organiser sans État, soit par un jeu d'équilibre s'établissant entre leurs différents « segments », soit par un refus de la division du travail social.

3.1.1 LA SOCIÉTÉ SEGMENTAIRE

Une société segmentaire est une société composée d'une multiplicité et d'un emboîtement de groupes équivalents (des segments) qui s'opposent entre eux, mais se rejoignent au niveau supérieur. Par exemple, les familles d'un même clan s'opposent entre elles, mais forment un tout face aux autres clans, qui forment eux-mêmes une tribu, etc. Mais les segments peuvent également être formés sur la base de l'âge, d'un territoire, d'un lignage, etc. L'équilibre des pouvoirs entre segments de force à-peu-près équivalente inhibe le développement de toute structure étatique permanente dans ces sociétés. Si nous devons la notion de segmentarité à Durkheim, elle a été surtout développée par Evans-Pritchard dans son étude de la tribu des Nuer et par Ernest Gellner pour rendre compte des sociétés du Maghreb.

Située au Sud-Soudan et en Éthiopie, la société **nuer** fait figure - depuis la parution de l'ouvrage que Evans-Pritchard lui a consacré en 1937 - de paradigme de la société segmentaire. L'organisation de cette société est faite de cercles concentriques, partant de la hutte pour arriver au pays nuer, en passant par les villages et les tribus. Outre cette division territoriale, les tribus sont également divisées par lignages et par classes d'âge. Au sein de chacun de ces groupes, les conflits sont réglés par l'arbitrage. Certains de ces litiges relèvent de la compétence du « chef à peau de léopard », qui ne possède aucun pouvoir de coercition - si ce n'est celui de bénir et de maudire - et doit donc persuader les deux parties de la justesse de son jugement. De son côté, Gellner, dans son étude de la segmentarité dans le Haut-Atlas marocain, montre que ce qui fonde l'unité de la tribu, c'est sa volonté d'indépendance par rapport au pouvoir central marocain, le makhzen. La société segmentaire y est décrite comme un mécanisme dans lequel le délicat équilibre entre les chefs tribaux est régulé par les « saints », groupe social remplissant de nombreuses fonctions d'arbitrage et de médiation entre les différentes tribus.

3.1.2 LA SOCIÉTÉ CONTRE L'ÉTAT

Dans son célèbre ouvrage - recueil d'articles paru en 1974 -, Pierre Clastres développe la thèse selon laquelle certaines sociétés d'Amérique du Sud refuseraient volontairement tout développement d'un quelconque embryon de pouvoir étatique. En effet, pour Clastres, l'institution d'un chef sans pouvoir dans ces sociétés a justement pour but d'occuper la place afin d'empêcher l'émergence d'un véritable chef. De fait, celui-ci n'a que des devoirs : obligation de prononcer des discours, de rendre l'arbitrage et de faire preuve de générosité. Par ailleurs, ces sociétés veillent à ne dégager aucun surplus, et l'activité économique se limite strictement à la satisfaction des besoins de base. Partant de ces observations, Pierre Clastres en déduit une opposition fondamentale entre les sociétés à État et les sociétés sans État, ces dernières étant dépourvues non seulement d'un pouvoir politique spécialisé, mais également de toute division entre exploiteurs et exploités, dominants et dominés.

Cependant, et pour éviter justement l'apparition de classes en son sein, la société sans État exerce un pouvoir absolu sur ses membres, passant notamment par l'exercice de la torture rituelle, laissant sur les corps la trace indélébile de leur appartenance tribale : « La loi, inscrite sur le corps, dit le refus de la société primitive de courir le risque de la division, le risque d'un pouvoir séparé d'elle-même, d'un pouvoir qui lui échapperait ». La thèse de Pierre Clastres a été critiquée, notamment

par Jean Bazin, ou encore Jean-William Lapierre, pour sa tendance à dépeindre les Amérindiens sous les traits du « bon sauvage », et pour son occultation de la domination masculine dans les sociétés qu'il étudie. En effet, comme le montre Dominique Colas, il y existe un véritable « monopole de la violence légitime pour tous les adultes de sexe masculin au détriment des femmes », à tel point que certaines de ces sociétés connaissent un phénomène de surmortalité féminine.

3.2 L'ÉTAT IMPORTÉ

Du fait du colonialisme et de l'expansion économique de l'Occident au XIX^{e} siècle, la forme étatique s'est imposée au reste du monde en moins d'un siècle. La rapidité du phénomène et l'extériorité de son origine ont posé divers problèmes aux sociétés qui ont « importé » l'État.

3.2.1 LE PHÉNOMÈNE

L'importation de l'État a été le résultat soit d'une imposition autoritaire dans le cadre du colonialisme, soit d'une imitation volontaire du modèle occidental par les élites indigènes. Mais même dans ce dernier cas, l'adoption de réformes d'inspiration étrangère se fait dans un contexte de défi militaire, politique et économique posé par l'Occident au reste du monde. Ainsi, confronté à la perte de territoires au profit d'autres puissances européennes, l'Empire ottoman réagit dès 1839, en adoptant une série de réformes (les tanzimat, « réorganisations ») destinées à réorganiser l'administration sur une base légale-rationnelle: conscription universelle, égalité de tous devant la loi, liberté religieuse, réforme de l'enseignement, etc. Ce mouvement culmine en 1876 avec la promulgation d'une Constitution et l'élection d'un Parlement.

En 1920, suite à la Première Guerre mondiale au cours de laquelle il a combattu aux côtés de la Triple Alliance, l'Empire ottoman est démembré par le traité de Sèvres. Mustafa Kemal Atatürk se révolte alors contre le sultan qui a accepté de signer ce traité et - appuyé par une grande partie de la population - fonde une deuxième capitale à Ankara, d'où il mène les troupes turques contre les occupants français, italiens et grecs. En 1922, il renverse le sultan et met un terme au califat. Il fait inscrire le principe de laïcité dans la Constitution, impose l'alphabet latin à la place de l'alphabet arabe, le calendrier grégorien à la place du calendrier hégirien, interdit la polygamie et donne le droit de vote aux femmes.

Des processus similaires de construction volontaire de l'État-nation sur le modèle occidental ont lieu en Iran, alors terrain de jeu des rivalités anglo-russes (le « Grand Jeu »): premières réformes au XIXéme siècle sous le règne de Nasir al-Din Shah (réseau de chemins de fer, réforme du système bancaire); révolution constitutionnelle en 1906; réforme de l'éducation et rédaction d'un code civil sous la direction de Reza Khan à partir de 1925. En Égypte, suite aux campagnes napoléoniennes, le vice-roi Muhammad Ali (1769-1849) instaure la conscription militaire et développe le réseau de routes et de canaux d'irrigations. Mais la percée du canal de Suez (1869) exacerbe les intérêts britanniques dans ce pays. Plusieurs révoltes contre l'influence des Anglais ont pour résultat la création d'un premier Parlement en 1882 et l'adoption d'une Constitution en 1923. Au Japon, les pressions en direction d'une ouverture du pays, menées notamment par les États-Unis, débouchent en 1868 sur la « révolution Meiji », du nom de l'Empereur qui l'a initiée : réforme scolaire en 1872, adoption du calendrier grégorien en 1873, rédaction d'une Constitution et création d'un Parlement en 1889. Enfin, en Chine, suite aux guerres de l'opium au milieu du XIXe siècle et à la révolte des Boxers au début du XX^{e}, le système éducatif est réformé en 1901, suivi par l'armée en 1906, et une Assemblée consultative nationale est élue pour la première fois en 1910.

3.2.2 SES CONSÉQUENCES

Ceci dit, du fait d'une incapacité à assurer pleinement leurs fonctions, certains des États issus de ces réformes ou de la décolonisation ne parviennent pas dans les faits à satisfaire aux critères de définition d'un véritable État. Ainsi, ils ne disposent pas toujours d'une capacité extractive (c'est-à-dire essentiellement d'une capacité à lever l'impôt) suffisante pour prétendre à un exercice effectif du monopole de la violence physique légitime. Leur armée régulière peut en conséquence être concurrencée par des groupes armés « privés »: milices communautaires ou ethniques, troupes financées par une puissance étrangère pour contrôler une partie du territoire, etc. Ces États ne satisfont donc pas aux deux premiers critères juridiques, puisqu'ils ne contrôlent que partiellement leurs territoires et s'avèrent incapables d'imposer leur loi à l'ensemble des populations placées sous leur juridiction.

Par ailleurs, l'État importé se montre généralement incapable d'assumer sa fonction distributive, les ressources publiques se trouvant accaparées par les gouvernants et leurs familles élargies, voire leurs clans, leurs communautés religieuses ou leurs tribus. Cette situation de néo-patrimonialisme entraîne la constitution et la perpétuation de réseaux de clientèles privés qui deviennent ainsi un moyen privilégié - si ce n'est l'unique moyen - d'accéder aux ressources de l'État. Cette incapacité fonctionnelle de l'État produit en conséquence des effets néfastes sur le dernier critère de reconnaissance, celui de

l'organisation politique. En effet, la mise en place d'une administration rationnelle recrutant ses fonctionnaires sur le seul critère de la concurrence devient impossible dans un système ou les réseaux de clientèle privés, le népotisme, la cooptation ou encore l'appartenance communautaire constituent les principales voies d'accès aux emplois dans la fonction publique.

REFERENCES

[1] ALMOND Gabriel and Bingham POWELL, Comparative Politics: A Developmental Approach, Little Brown, 1966.
[2] BADIE Bertrand et Pierre BIRNBAUM, Sociologie de l'État, Grasset, 1979.
[3] BADIE Bertrand, Les deux États. Pouvoir et société en Occident et en terre d'islam, Fayard, 1986
[4] *L'État importé. Essai sur l'occidentalisation de l'ordre politique, Fayard, 1992.*
[5] *Burdeau george, L'Etat, éditions du seuil, Paris, 1970*
[6] CLASTRES Pierre, La société contre l'État, Éditions de Minuit, 1974
[7] Duverger Maurice, les partis politiques, Armand collin, Paris, 1976
[8] EVANS-PRITCHARD Edward, Les Nuer, Gallimard, 1994.
[9] ELIAS Norbert, La dynamique de l'Occident, Agora, 1990.
[10] LAPIERRE Jean-William, Essai sur les fondements du pouvoir politique, Ophrys, 1968.
[11] STRAYER Joseph, Les origines médiévales de l'État moderne, Payot, 1979.
[12] Hobbs Tomas, Elements of law, II, IX 1 page 297(trad I Roux)
[13] ROKKAN Stein, « Un modèle géoéconomique et géopolitique de quelques sources de variations en Europe de l'Ouest », Communications, n° 45, 1987.
[14] CARRÉ DE MALBERG Roger, Contribution à la théorie générale de l'État, Dalloz, 2003.
[15] COLAS Dominique, Sociologie politique, Quadrige/PUF, 2006.
[16] DURKHEIM Émile, De la division du travail social, PUF, 2004.
[17] GELLNER Ernest, Les Saints de l'Atlas, Bouchène, 2003.
[18] KANTOROWICZ Ernst, Les deux corps du Roi, Gallimard, 1987.
[19] LOCKE John, Second traité du gouvernement civil, Vrin, 1977.
[20] MONTESQUIEU, De l'esprit des lois, Flammarion, 2008.
[21] Machiavel Nicolas, Le prince, lib, gle française, 1972,
[22] KELSEN Hans, Théorie pure du droit, Dalloz, 1962
[23] Rosanvallon Pierre, l'âge de l'autogestion, éditions du seuil, Paris 1976
[24] WEBER Max, Économie et société, 2 vol., Plon, 1995.

International Journal of Innovation and Applied Studies
ISSN 2028-9324 Vol. 27 No. 1 Aug. 2019, pp. 71-87
© 2019 Innovative Space of Scientific Research Journals
http://www.ijias.issr-journals.org/

AVANT PROJET DE DIMENSIONNEMENT D'UN CHAUFFE-EAU SOLAIRE

KAZADI KATOMPA Aubin and NGELEKA MULAMBA Fontaine

Ecole Supérieure des Ingénieurs, Université de LIKASI, RD Congo

Copyright © 2019 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: Solar collectors are an environmentally friendly solution for the production of hot water, but can also contribute to the heating of rooms. They can be used in combination with any other method of heat production used in case of low sunlight (wood heating, heat pump, oil or gas boiler). They make it possible to solve the problem of the high cost of electricity and especially of the regular load shedding that the population meets. To solve the problem related to the production of hot water, we sized a solar water heater capable of meeting the needs of thirteen people; with a backup system to compensate for the drop in temperature during the period when we have low sunlight.

KEYWORDS: collectors, solar, ecological, sanitary, dimensioned.

1 INTRODUCTION

L'eau chaude sanitaire est d'une importance indispensable pour le maintien du confort du corps humain. Cependant son obtention nécessite une grande quantité d'énergie. Les ménages congolais recours à l'énergie électrique et à l'énergie thermique (chauffage au bois, etc.). Cependant ces procédés impliquent une grande consommation d'électricité, une grande émission des gaz à effet de serre et un coût élevé. Par ailleurs la plupart de ménages congolais n'a pas accès à l'énergie électrique. Pour Ceux qui en ont, elle est de mauvaise qualité et interrompue à tout moment.

C'est pourquoi actuellement on recourt aux énergies solaires thermique et photovoltaïque pour résoudre les problèmes évoqués ci-dessus.

Le recours à l'énergie solaire pour la production d'eau chaude est donc un excellent moyen d'améliorer la qualité de l'air que nous respirons, de contribuer à réduire les émissions de gaz à effet de serre responsables du changement climatique planétaire et d'économiser l'énergie électrique.

Le chauffe-eau solaire (CES) dont il est question dans ce travail, produit de l'eau chaude en utilisant comme source d'énergie la lumière du soleil. Grâce à lui, un ménage congolais peut couvrir entre 30 et 80% de ses besoins en énergie pour la production d'eau chaude sanitaire (cuisine, salle de bain,…).

Le matériel est fiable et a une durée de vie d'au moins 25 ans. Les capteurs solaires thermiques peuvent aussi bien être installés sur des habitations déjà existantes que sur de nouvelles constructions.

Deux points focalisent la présente réflexion :

- Cadre théorique : le système de production d'eau chaude sanitaire ;
- Cadre pratique : le dimensionnement du chauffe-eau solaire

2 CADRE THÉORIQUE

En vue de justifier le choix pour le chauffe- eau solaire, Cette section a pour objectif d'examiner les trois systèmes de production- d'eau chaude sanitaire qui sont : le chauffe-eau électrique, le chauffe-eau gaz et le chauffe-eau solaire lui-même.

Corresponding Author: KAZADI KATOMPA Aubin

2.1 COMPARAISON DU COUT D'EAU CHAUDE SANITAIRE

Cinq facteurs sont pris en compte Pour comparer le coût de l'eau chaude sanitaire. Il s'agit de l'investissement de départ (matériel et pose), des aides disponibles pour l'acquisition et la pose du matériel, du coût de la maintenance, du coût de l'énergie utilisée et de la durée de vie du matériel.

Tableau 1. Comparatif des solutions de production d'eau chaude sanitaire

	Chauffe-eau électrique	Chauffe-eau solaire	Chauffe-eau gaz
Investissement de départ	Faible	Elevé	Moyen
Aides disponibles (pose et matériels)	Aucune	Aide	Aucune
Maintenance	Resistance à changer, fuite de la cuve	Les fuites	Contrat de maintenance obligatoire pour assurance habitation
coût de fonctionnement	Elevé (1500 kwh/an)	Faible	Moyen (1 à 2 bouteille par mois)
Durée de vie	10 ans	20 ans	10 à 20 ans

*Source : Agence de l'environnement et de la maîtrise de l'Energie, « Le chauffe-eau solaire individuel »in **CESI-GUIDE**, n° 4272, Paris, 2011, p.23*

En analysant le tableau ci-dessus, on constate que le principal handicap du chauffe-eau solaire est l'investissement de départ, mais en comparant les économies réalisées sur la durée de vie (20 ans) du matériel sont très importantes et rendent le chauffe-eau solaire rentable dès les premières années d'utilisation. De plus, les prix du gaz et de l'électricité ont tendance à augmenter alors que la source d'énergie du chauffe-eau solaire est gratuite et durable.

2.2 LE CHAUFFE-EAU SOLAIRE

2.2.1 DÉFINITION

Le chauffe-eau solaire est une unité de production d'eau chaude à partir du rayonnement solaire.

2.2.2 PRINCIPE DE FONCTIONNEMENT

En utilisant les rayons du soleil : l'eau froide du réseau, en circulant dans le capteur solaire, se réchauffe au contact de l'absorbeur composé de tubes qui captent le rayonnement solaire. Cette eau est stockée dans un ballon pour être distribuée par la suite. Son fonctionnement repose sur le principe de l'effet de serre : phénomène naturel de réchauffement.

2.2.3 CONSTITUTION D'UN CHAUFFE-EAU SOLAIRE

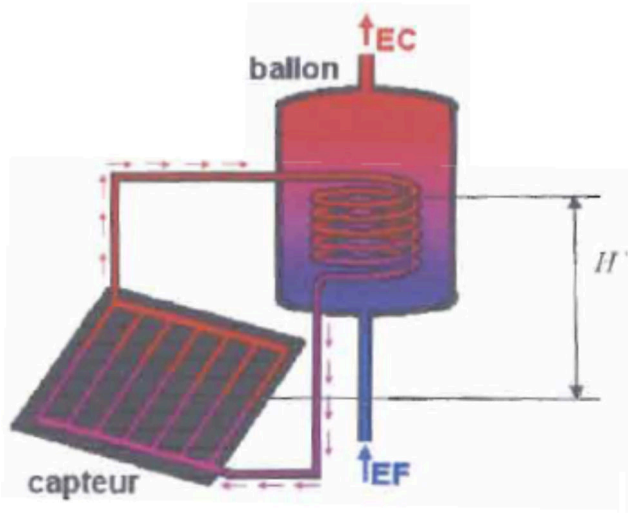


Fig. 1. Chauffe-eau solaire avec fonctionnement en thermosiphon

2.3 LE CAPTEUR SOLAIRE

Le capteur est la partie visible de l'installation. Il se place généralement en toiture mais peut aussi être installé en auvent, en façade ou dans le jardin. Sa dimension dépend de la quantité d'eau à chauffer, et donc du nombre d'habitants qui utilisent de l'eau chaude dans le bâtiment.

Il renferme l'**absorbeur (**une plaque et des tubes métalliques), généralement en cuivre, qui absorbe le rayonnement solaire et le transmet au fluide caloporteur qui le traverse.

Il existe deux grandes familles de capteurs solaires thermiques : les capteurs plans vitrés et les capteurs tubulaires »[1].

a. Les capteurs plans vitrés, ressemblant à de grandes fenêtres de toit, ont l'absorbeur placé dans un caisson métallique recouvert d'une vitre. L'isolant du caisson métallique et la vitre permettent un effet de serre qui maintient la chaleur de l'absorbeur ; comme l'indique la figure ci-dessous.



Fig. 2. Capteur plan vitré

b. Les capteurs tubulaires, quant à eux, ont l'absorbeur enfermé dans de longues bouteilles de verre sous vide placées côte à côte. Le vide d'air sert d'isolant thermique et le rend moins dépendant des fluctuations de la température extérieure.

Ainsi, pendant les périodes froides, le capteur tubulaire bénéficie d'une production sensiblement supérieure au capteur plan. Il est plus efficace lorsqu'il fait froid et donc recommandé s'il vient en soutien au chauffage. Pendant les périodes chaudes, par contre, les rendements sont similaires. Il faut noter que le capteur tubulaire est aussi plus cher que le capteur plan. La figure qui suit en donne une illustration.



Fig. 3. Capteurs tubulaires

2.4 FLUIDE CALOPORTEUR

Le fluide caloporteur transporte la chaleur du champ du capteur vers le système d'eau chaude. Suivant le type d'installation, le fluide caloporteur est l'eau ou le mélange eau-glycol. Les mélanges contenant du glycol présentent l'avantage de ne pas geler. D'autres systèmes vidangent le champ du capteur lorsqu'il y a un risque de gel.

2.5 TRANSPORTEUR DE CHALEUR

C'est le rôle du **circuit primaire**. Étanche et calorifugé, il contient de l'eau. Ce liquide s'échauffe en passant dans les tubes du capteur, et se dirige vers un ballon de stockage.

2.6 LE BALLON : LIEU DE STOCKAGE DE L'ENERGIE

Le réservoir ou **ballon de stockage** contient une quantité d'eau suffisante au confort du ménage (1 à 2 fois la consommation journalière du ménage). Le serpentin échangeur de chaleur est toujours placé dans le bas du réservoir. L'eau sanitaire qu'il chauffe migre naturellement vers le haut du ballon. Afin d'optimaliser ce processus et permettre une bonne stratification, il est essentiel que le ballon soit placé verticalement. Il doit également être très bien isolé, afin de conserver au mieux les calories (quantité de chaleur) captées. Une isolation renforcée d'au moins 7 cm est conseillée.

Le ballon est en acier émaillé ou en acier inoxydable.

- Un ballon en acier émaillé (double émaillage) étant sujet à corrosion, il est équipé d'un dispositif de protection qui permet d'éviter la corrosion. Ce dispositif doit être contrôlé chaque année.
- Un ballon en acier inoxydable (inox 316 titane) ne nécessite aucun entretien mais coûte environ deux fois plus cher qu'un ballon en acier émaillé.

Le réservoir est idéalement placé à proximité du capteur ou à proximité du chauffage d'appoint. L'installateur estimera la localisation qui nécessitera le moins de travaux et le moins de pertes de chaleur. En effet, au plus la distance entre le capteur et le ballon de stockage est grande, au plus il y aura des pertes de chaleur. Cette perte sera fortement réduite par une bonne isolation des tuyaux.

2.6.1 TYPES DE BALLON DE STOCKAGE

2.6.1.1 STOCKAGE AVEC ÉCHANGEUR: SYSTÈME À DEUX FLUIDES

Le fluide primaire 1 circule dans un échangeur placé à la base du réservoir R. Il transmet ainsi de la chaleur au fluide secondaire 2 par le biais de l'échangeur. En voici l'illustration.

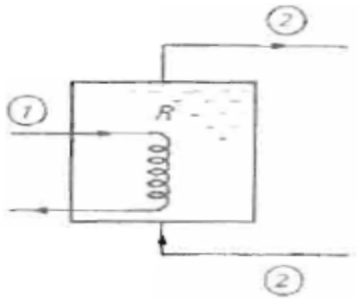


Fig. 4. Stockage avec échangeur

2.6.1.2 STOCKAGE SANS ÉCHANGEUR: SYSTÈME À UN FLUIDE

Pour cette disposition le fluide récupère la chaleur de lui-même du capteur. L'échange se fait donc par mélange.

L'inconvénient réside dans le fait que le fluide qui circule dans le capteur est continuellement renouvelé favorisant ainsi l'entartrage de l'absorbeur

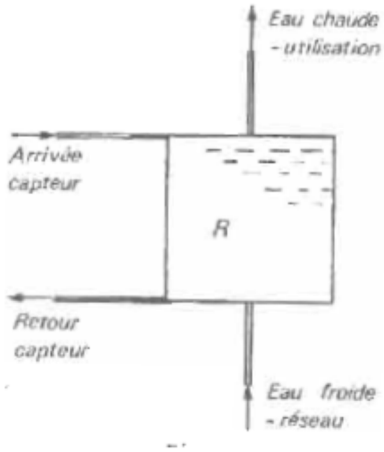


Fig. 5. Stockage sans échangeur

2.7 CIRCULATION DU LIQUIDE CALOPORTEUR

La circulation du liquide s'opère de deux façons : elle peut être **naturelle** ou **forcée [2]**

2.7.1 CIRCULATION NATURELLE (PAR THERMOSIPHON)

Le liquide caloporteur circule grâce à sa différence de densité avec l'eau du ballon. Tant qu'il est plus chaud, donc moins dense qu'elle, il s'élève naturellement par thermo-circulation.

Le ballon doit être placé plus haut que les capteurs, telle est la contrainte principale de ce système. Sur ce principe sont conçus les chauffe-eau solaires « en thermosiphon».

2.7.1.1 FONCTIONNEMENT EN THERMOSIPHON MONOBLOC

Capteur et ballon sont groupés sur un même châssis rigide et placés **à l'extérieur**. Ce système simple est peu coûteux.

Ce chauffe-eau est compact et bien adapté à la pose sur supports inclinés, en toiture-terrasse. Il se prête moins bien à la fixation sur un toit en pente.

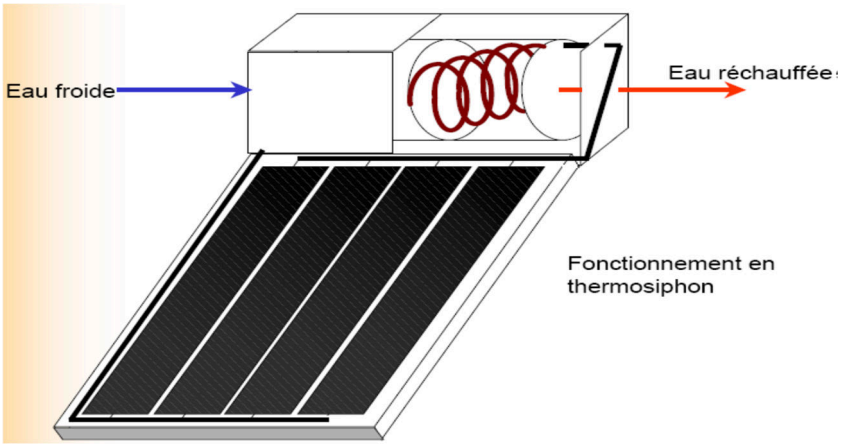


Fig. 6. Fonctionnement en thermosiphon monobloc

2.7.1.2 FONCTIONNEMENT EN THERMOSIPHON À ÉLÉMENTS SÉPARÉS

Le capteur et le ballon sont placés séparément.

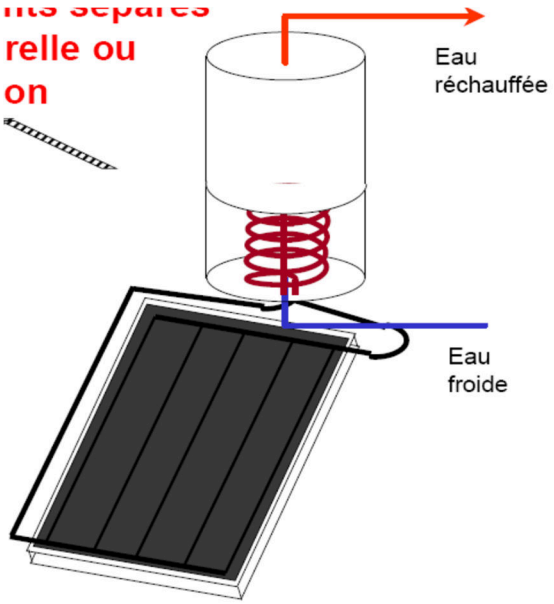


Fig. 7. Fonctionnement en thermosiphon à éléments séparés

2.7.2 CIRCULATION FORCEE (PAR POMPE)

Le capteur et le ballon sont placés séparément. Le ballon peut être placé plus bas que le capteur. Dans ce cas une petite pompe électrique (**circulateur)** assure la circulation de l'eau entre le capteur et le ballon, dès que la température du liquide caloporteur mesurée dans le capteur et supérieure de quelques degrés à la température du ballon. Son fonctionnement est commandé par un dispositif de **régulation** jouant sur les écarts de températures : si la sonde du ballon est plus chaude que celle du capteur, la régulation coupe le circulateur. Sinon, le circulateur est remis en route et le liquide primaire réchauffe l'eau sanitaire du ballon.

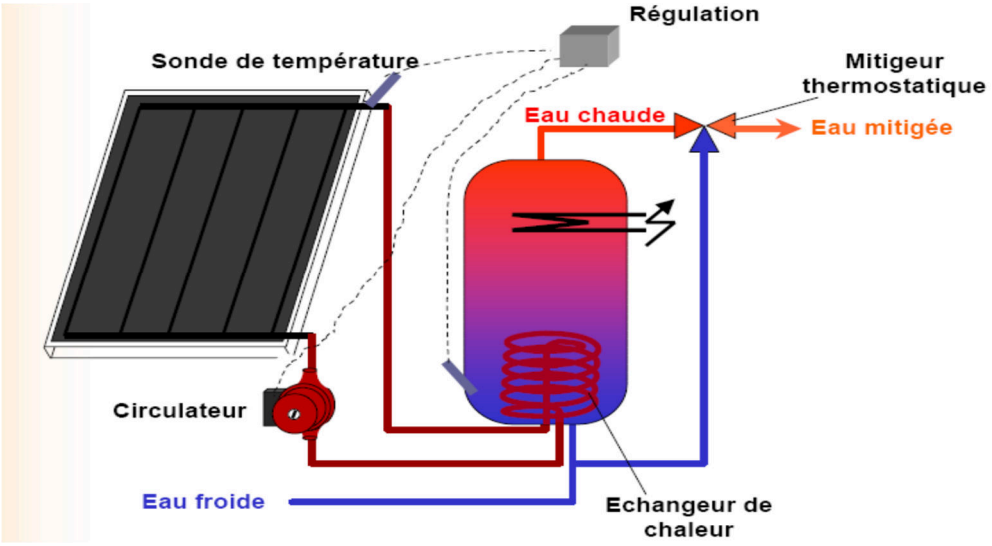


Fig. 8. Fonctionnement avec circulateur

2.7.2.1 LE CIRCULATEUR

Le circulateur possède un relais d'alimentation commandé par un signal électrique venant de la régulation.[3]

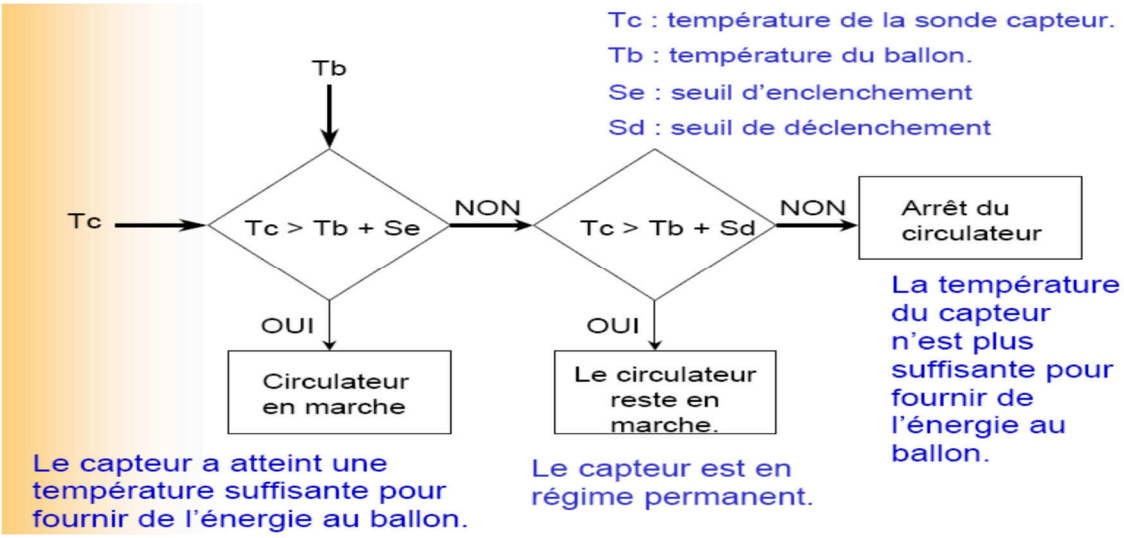
2.7.2.2 LA REGULATION

Elle permet de mesurer la température et d'assurer le fonctionnement de la régulation [4]

MESURE DE LA TEMPÉRATURE

- Une sonde placée dans un doigt de gant mesurant la température du fluide en sortie de capteur.
- Une sonde placée au niveau de l'échangeur du circuit mesurant la température de l'eau dans le ballon.

FONCTIONNEMENT DE LA RÉGULATION



2.7.3 AVANTAGES ET INCONVENIENTS DE DEUX SYSTEMES

Le tableau 2 donne les avantages et les inconvénients de deux systèmes

	Système thermosiphon		Système à circulation forcée
	Monobloc	Dissocié	
Fonctionnement	Simplicité Pas d'électricité	Simplicité Pas d'électricité	Plus de composants Ne fonctionne pas sans électricité
Isolation	Simplicité d'installation	Travaux de couverture Nécessite un espace sous toiture	Nécessite une dalle au sol Cuve facile d'accès
Intégration architecturale	Intégration peu esthétique	Intégration esthétique	Intégration esthétique
Coût	Faible	Moyen	Elevé
Maintenance	Vérification du groupe de sécurité Vérification de la propreté du vitrage		

Source : Agence de l'environnement et de la maîtrise de l'énergie, art.cit. p.27

2.8 SYSTEME D'APPOINT : GARANTIE D'UNE EAU CHAUDE EN TOUTE SAISON

Pour assurer le confort d'avoir de l'eau chaude à tout moment et en quantité suffisante, le CES s'accompagne d'un **système d'appoint**. En effet, si la durée d'ensoleillement est réduite, le chauffe-eau solaire préchauffe l'eau sans atteindre les 50°C attendus. C'est souvent le cas lors d'un faible ensoleillement ou en cas de grandes demandes d'eau chaude sanitaire. Le chauffe-eau solaire est alors complété par un système d'appoint qui fournit la chaleur supplémentaire nécessaire. Il peut

fonctionner avec tous les systèmes traditionnels de chauffage de l'eau, que leur source soit l'électricité, le gaz, le mazout ou même le bois [5].

2.8.1 CHAUDIÈRE AU GAZ (CLASSIQUE, HAUT RENDEMENT OU À CONDENSATION), AU MAZOUT OU AU BOIS

Avec une chaudière au gaz, au mazout ou au bois, deux solutions sont possibles :

- Remplacer l'ancien stockage d'eau de la chaudière par un réservoir alimenté en chaleur à la fois par le capteur solaire et la chaudière.

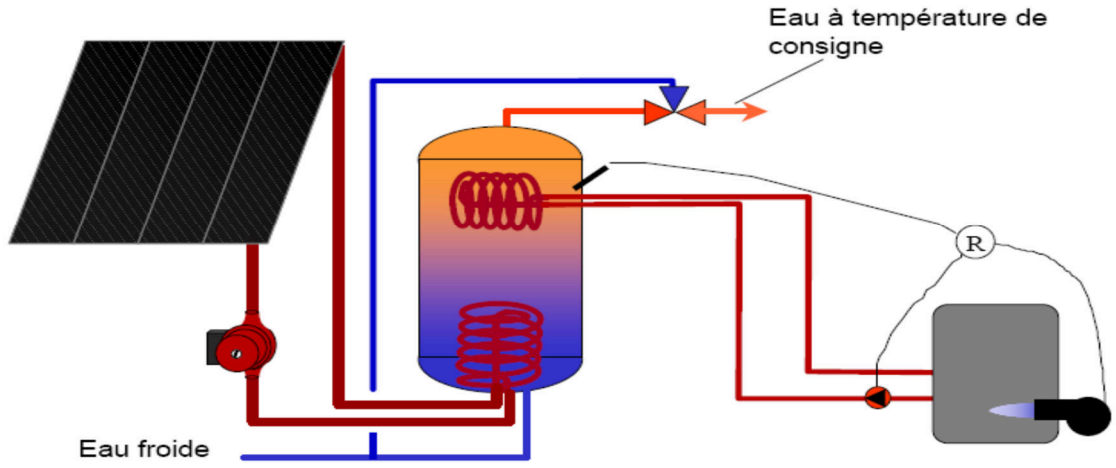


Fig. 9. Chauffe-eau solaire avec appoint intégré (chaudière) : réservoir alimenté en chaleur à la fois par le capteur solaire et la chaudière.

- Placer un réservoir solaire avant celui de la chaudière. L'eau chaude, préchauffée par le soleil, est alors portée à température voulue par la chaudière, uniquement si cela s'avère nécessaire.

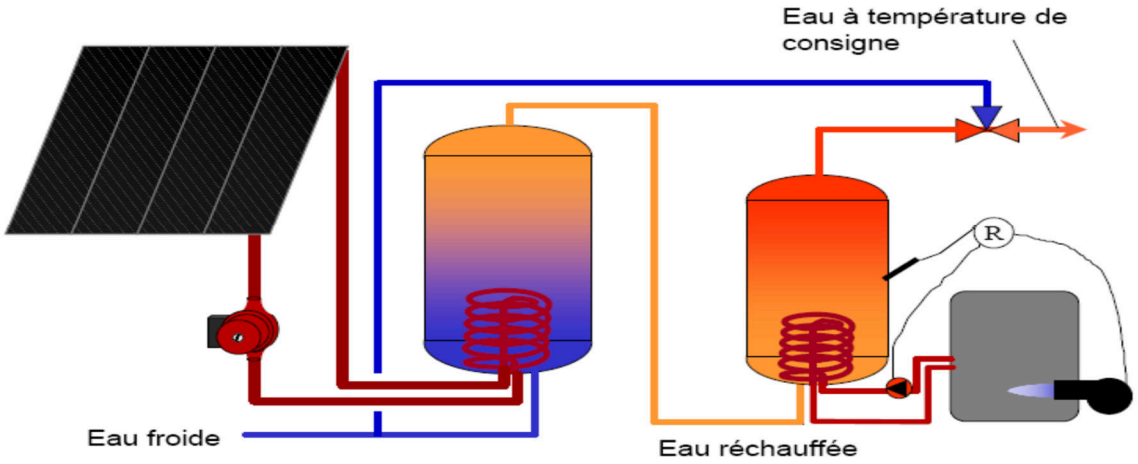


Fig. 10. Chauffe-eau solaire avec appoint intégré (chaudière) : réservoir solaire avant celui de la chaudière.

Généralement, sur le plan énergétique, la première solution est à privilégier.

2.8.2 SYSTÈME ÉLECTRIQUE

Il est également possible de fournir le surplus de chaleur à l'aide d'une résistance électrique placée dans la partie supérieure du ballon de stockage. Le système est régulé automatiquement c'est-à-dire qu'il enclenche la résistance uniquement dans le cas où l'eau n'a pas atteint la température souhaitée. Cette régulation est programmée par l'installateur pour convenir au mieux aux besoins des utilisateurs.

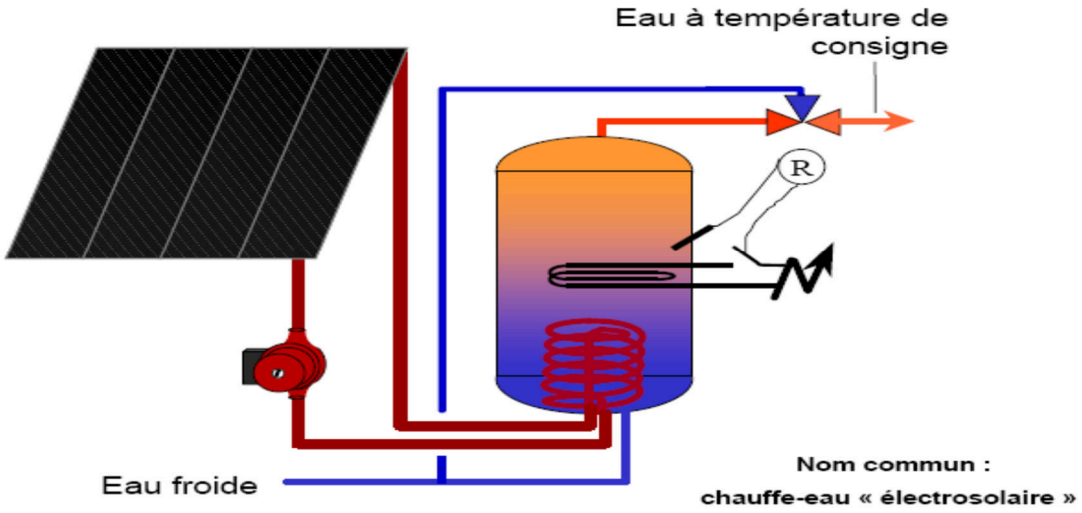


Fig. 11. Chauffe-eau solaire avec appoint intégré (électricité)

Notons que la mise en service de la résistance électrique ou tout autre système d'appoint doit être manuel car, ainsi, c'est l'utilisateur qui décide de son utilisation en fonction de ses besoins. Sa commande doit être temporisée afin de limiter sa durée de fonctionnement au strict minimum et la consommation d'électricité qui en résulte.

3 DIMENSIONNEMENT DU CHAUFFE-EAU SOLAIRE

Les vraies économies commencent avec un dimensionnement optimal de l'installation solaire.

Nous allons opter pour le dimensionnement par la circulation naturelle ou par thermosiphon.

Le dimensionnement dépend de plusieurs paramètres : les conditions climatiques et les besoins en eau chaude sanitaire :

- **Les conditions climatiques (l'ensoleillement de la région) :** la surface de capteurs nécessaire est liée au rayonnement solaire journalier, à la température de l'air extérieur et à la température de l'eau froide.
- **Les besoins en eau chaude sanitaire :** ils dépendent directement de la taille du logement et/ou du nombre d'habitants permanents.

3.1 ENSOLEILLEMENT DE LA TERRE [6]

Situé à environ 150 millions kilomètres de la terre, le soleil est une étoile de 750000 km de rayon (environ 1 300 000 fois plus gros que la terre) qui émet $3{,}85.10^{26}$ W par seconde. Son rayonnement est un rayonnement électromagnétique assimilé à celui d'un corps noir à 5770 K. Il rayonne suivant des longueurs d'ondes principalement comprises entre 0,3 et 3 micromètre.

Ce rayonnement est composé d'infrarouges (46%), de la lumière visible (48%) et des ultra-violets (6%).

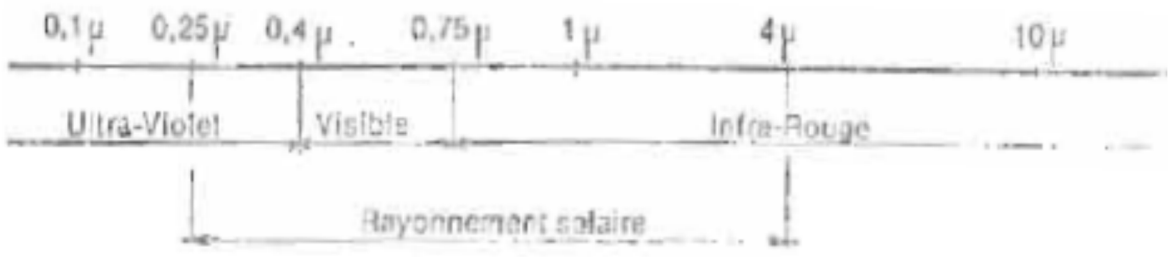


Fig. 12. Spectre d'émission du soleil

La Terre n'est pas toute ensoleillée de la même façon. Voici une carte présentant l'ensoleillement des différentes zones de la Terre :

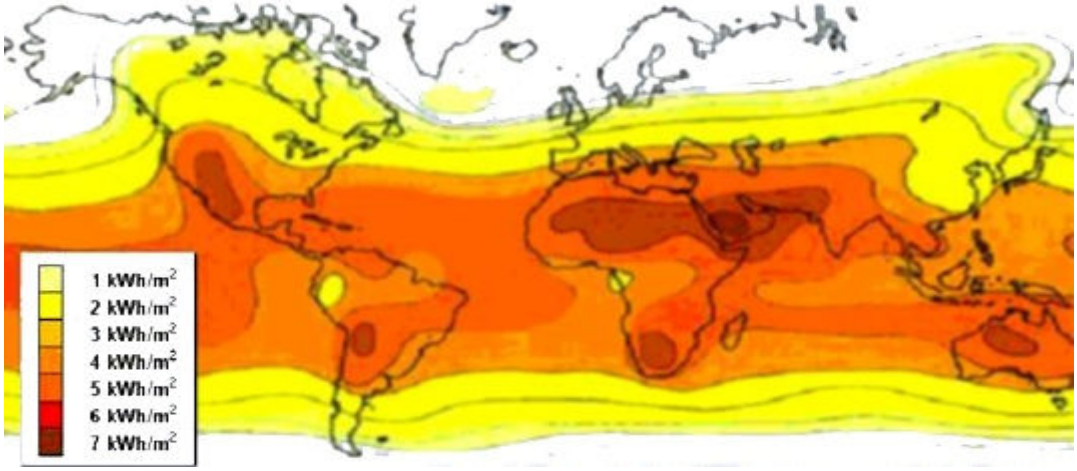


Fig. 13. Ensoleillement de différentes zones de la terre

On remarque que la République Démocratique du Congo a un ensoleillement moyen de 3 kWh/m². Cette information nous sera utile ultérieurement.

3.2 EMPLACEMENT DE CAPTEURS SOLAIRES

Étant donné que les capteurs solaires utilisent le soleil comme source d'énergie, il est très important de choisir un site d'installation et un angle adéquats pour optimiser l'exposition au rayonnement solaire(7).

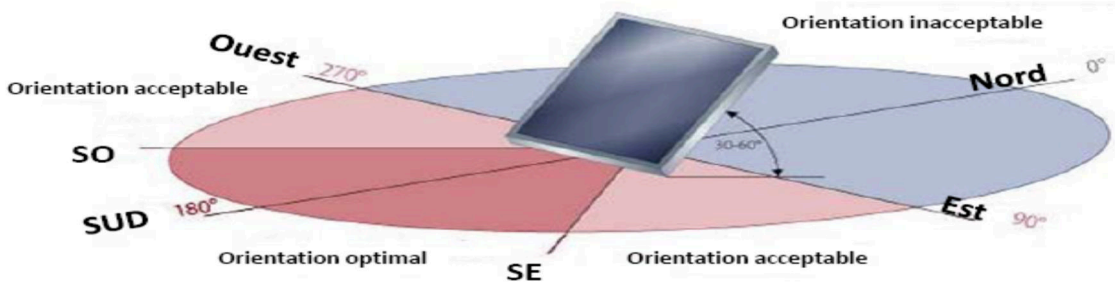


Fig. 14. L'orientation et l'angle optime pour un capteur solaire

3.3 CALCUL DES BESOINS

Le calcul des besoins se fait sur base de deux variables : les variables influençant la consommation et les besoins des habitants.

3.3.1 VARIABLES QUI INFLUENT SUR LA CONSOMMATION

Les besoins individuels en eau chaude sanitaire sont rattachés aux éléments suivants :

- La nature de l'utilisation qui correspond au type de local (habitation, hôtel, bureau ou hôpital);
- Le genre de vie des utilisateurs qui tient compte du pays, de coutumes, de la région, du climat et du niveau de vie;
- L'équipement sanitaire thermique ;
- La saison : selon qu'on soit en période de froid ou non.

3.3.2 BESOINS EN FONCTION DES HABITANTS(8)

La consommation en litre par jour et par personne d'eau chaude sanitaire est donnée dans le tableau ci-dessous :

Tableau 2. Besoins journalier par personne en l/j

Habitations	Confort minimal	Confort normal	Confort maximal
Consommation (l/j) par personne à 50 °C	30	50	75
	Dans la décade à venir		
	35	55	80

Source : Paul DEMBAA, « Plomberie et installations des tuyauteries industrielles », notes de cours, Ecole Supérieure Polytechnique, Centre de Thiès, inédit, 2007.

Pour une construction habitée où l'on connaît le nombre d'habitants, les besoin s'obtiennent en faisant le produit du nombre d'habitants par la valeur de la consommation pour le niveau de confort désiré. Pour une construction nouvelle, on utilise la valeur moyenne du taux d'occupation normal qui est d'environ 1,5 personne par pièce.

3.3.3 BESOINS JOURNALIERS D'UNE HABITATION EN KWH

Dans le cadre de notre travail nous allons faire le calcul des besoins en fonction d'une habitation de 13 personnes ; pour un besoin d'eau chaude sanitaire à la température de 35 ^{0}C destinée exclusivement au lavage corporel.

Chaque occupant devra pouvoir se laver deux fois par jour.

Nous adoptons une consommation de 20 l/J. Le besoin journalier d'une habitation sera : $V = Nh \times Cons$ [1]

Avec :

V : le volume. Représente les besoins en l/J *;*

Nh : nombre d'habitants,

Cons : Consommation (l/j) par personne.

$$V = 13 \times 20 = 260\ l/j$$

En en tenant compte d'une marge de 10%, on aura :

V= 286 l/j

Les besoins en eau chaude sanitaire peuvent être exprimés en termes de puissance. La relation suivante permet de passer des besoins en litre par jour (l/j) à ceux en kWh/j:

$$C = Cs \times V \times (TC - Tf)\ [2]$$

Avec:

La puissance C qui représente les besoins en kwh/j ;

La chaleur spécifique de l'eau Cs = 1,16 kwh/m3/°C=0,00116 kwh/l/°C

La température de l'eau froide Tf en oc;

La température de l'eau chaude *Tc* en °C.

On peut estimer la température moyenne annuelle d'eau froide à la température annuelle moyenne de l'air. Tc = 10 ^{0}C

$$C = 0{,}00116 \times 286 \times (35 - 10)$$

$$C = 8{,}294\ \text{kWh/j}$$

3.4 DIMENSIONNEMENT DU CAPTEUR

Selon Thierry Cabiro et ses collègues, le dimensionnement du capteur se fait en fonction de l'absorbeur, du serpentin, de l'isolateur, de la coque [9].

3.4.1 L'ABSORBEUR

La détermination de la surface de l'absorbeur et le facteur le plus important dans la conception du capteur. Cette aire de captation est donnée par la relation suivante :

$$A = \frac{1}{\eta s} \times \frac{f \times C}{E} \text{ [3]}$$

Avec :

la surface A en m^2 ;

le rendement souhaité ηs du système. Dans notre système, le rendement souhaité est

$\eta s = 85\%$;

la fraction f des besoin couvert pendant la période la plus défavorisée en %. On peut évaluer cette fraction à 60% ;

le besoin C en kWh/j;

L'ensoleillement E en kWh/m^2.j (on utilisera sa valeur maximale *E max* pour un système avec appoint et sa valeur minimale *E min* pour un système 100% solaire).

$$A = \frac{1}{0{,}85} \times \frac{0{,}6 \times 8{,}294}{3}$$

$$A = 1{,}95\ m^2$$

MATÉRIAUX POUR L'ABSORBEUR

L'absorbeur sera en tôle galvanisée peinte en noire mate.

3.4.2 LE SERPENTIN

Le dimensionnement de l'échangeur consiste en la détermination de son diamètre D car sa longueur est tributaire des dimensions de l'absorbeur.

Ce diamètre est donné par la relation :

$$D = \sqrt{\frac{4Q^B}{\rho \pi U}} \quad \text{[4]}$$

Où :

Q^B désigne le débit de base de l'appareil desservi (il est donné dans les abaque pour la nonne française et la norne REEF, dans ce qui suit nous considérerons que l'appareillage se résume en un robinet de puisage et nous utiliserons: la nonne REEF) ;

U la vitesse de circulation du fluide caloporteur ici l'eau (choisi entre 0,5 et 2 m/s). On adopte une valeur de U = 0,7 m/s;

ρ sa masse volumique.

Cependant, il conviendra de vérifier la pression résiduelle Pr, au point d'utilisation.

Le fluide caloporteur est de l'eau et on utilise la norne REEF, donc on a:

ρ = 1000 kg/m3 ; $Q^B = Q_{brute}$ =0,05 l/s.

$$D = \sqrt{\frac{4 \times 0{,}05 \times 10^{-3}}{1000 \times 3{,}14 \times 0{,}7}}$$

$$D = 4{,}22mm$$

MATÉRIAUX POUR LE SERPENTIN

Le serpentin sera en cuivre à cause de ses bonnes propriétés thermiques et que le cuivre résiste bien à la corrosion.

3.4.3 L'ISOLATION

Pour ce calcul, nous admettons une baisse de température de l'air *(*ρ =O, 998 kg/m^3 et C_P =

1009 J/kg.K à 350K) confiné entre l'absorbeur et le vitrage, et que son volume est de 0,2 m^3.

L'isolant utilisé est le polystyrène (λ =0,029 W/ m.°C).

Le flux de chaleur σ à travers l'isolation s'écrit :

$$\varphi = \frac{\lambda}{e} \times (T1 - T2) \text{ [5]}$$

Avec :

e est l'épaisseur de l'isolant ;

T1 est la température du coté du vitrage ;

T2 est la température du coté opposé au vitrage,

On prendra T_1 = 90°C et T_2 = 25°C.

Les pertes sont généralement de l'ordre de 100 à 200 W/m^2. Nous prendrons de perte. De l'ordre 150W/m^2.

Ce qui nous permettra d'avoir l'épaisseur.

$$\mathrm{e} = \frac{0{,}029}{150} \times (90 - 25)$$

$$e = 12{,}57mm$$

MATÉRIAUX POUR L'ISOLATION

Le capteur et le réservoir doivent être bien calorifugés pour un rendement optimal. Et donc, un choix judicieux s'impose.

A cause de sa disponibilité et de ses caractéristiques adéquates, nous choisissons le polystyrène expansé therrnocomprimé.

En Remarque**,** nous choisissons de renforcer l'isolation du bas avec une feuille d'aluminium.

Elle sera disposée entre le polystyrène et l'absorbeur en veillant à ce que ce dernier ne soit pas en contact avec elle.

Sa contribution dans l'isolation réside dans le fait qu'elle réfléchit le rayonnement infrarouge de l'absorbeur.

3.4.4 LA COQUE

Elle est de construction assez simple. C'est une boite généralement en bois avec un fond et quatre cotés.

L'épaisseur dépend de la taille du capteur.

MATIÈRE DE LA COQUE

Il maintient rigide l'ensemble. Les matériaux possibles pour son élaboration sont :

- Tôle noire ordinaire : bon marché, mais facilite les pertes thermiques et nécessite un matériel lourd (plieuse. poste de soudure, ...)
- Bois : bon marché, mais durée de vie relativement faible.
- Plastique: fibre de verre et résine. Sure et pas très chère, ne nécessite aucun matériel particulier, demande beaucoup de soins, mais de plus en plus utilisé

Dans notre cas nous choisissons d'utiliser le bois car plus accessible sur le marché.

3.4.5 LE VITRAGE

Le couvercle transparent est placé devant l'absorbeur pour deux misons :

- L'isolation : il évite à l'absorbeur d'être atteint par l'air extérieur et ainsi lui permet de bien s'échauffer.
- L'effet de serre : en permettant au rayonnement solaire de passer et en retenant les émissions, de l'absorbeur.

L'espace optimal qu'il faut laisser entre la vitre et l'absorbeur est de 28 mm (en pratique 25 à 40 mm).

La surface du vitrage est fonction de celle de l'absorbeur.

Le matériau qui convient le mieux est le verre, il est une vitre ordinaire le plus blanc et doit avoir 4mm d'épaisseur.

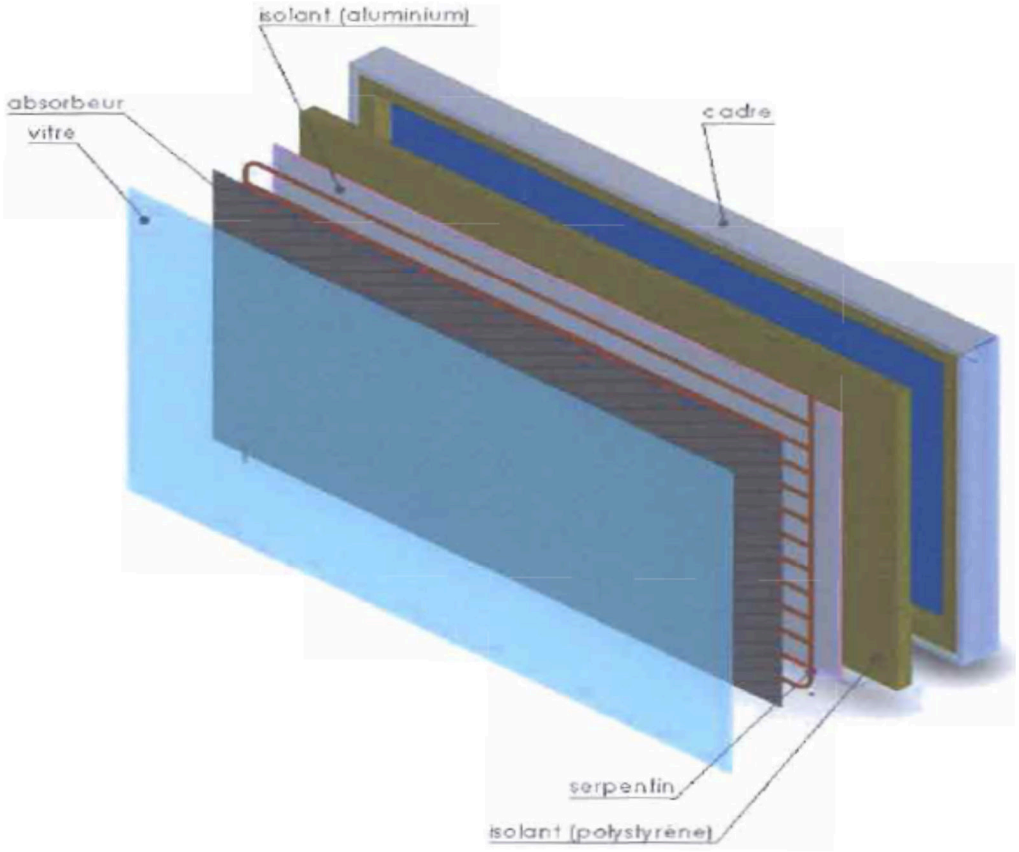


Fig. 15. Vue éclatée du capteur

3.5 DIMENSIONNEMENT DU RESERVOIR [10]

3.5.1 L'ENVELOPPE INTÉRIEURE

Le volume de stockage Vs, en litre est donné par la relation:

$$Vs = 350 \times E \times \frac{A}{Ts-Tf} \text{ [6]}$$

En adoptant la forme cylindrique pour le réservoir. Ainsi, nous allons fixer la longueur L (en mètre) du réservoir afin de déterminer son rayon intérieur r_i (en mètre).

Le réservoir étant cylindrique Vs sera :

$$Vs = 0{,}001 \times \pi \times ri^2 \times L \text{ [7]}$$

$$ri = \sqrt{\frac{Vs}{0{,}001 \times \pi \times L}}$$

On choisi L= 1m

3.5.2 MATÉRIAUX POUR LE RÉSERVOIR

Il sera fabriqué en acier inoxydable pour éviter sa corrosion.

On peut aussi utiliser une tôle galvanisée. Dans ce cas, l'enveloppe intérieure sera revêtue d'une couche d'anti-rouille pour une meilleure protection.

3.5.3 ISOLATION

Cette partie concerne la détermination de l'épaisseur de l'isolation. Pour cela, nous avons besoin de déterminer le flux de chaleur à travers celle-ci.

L'essentiel des pertes thermiques se résume aux pertes nocturnes que nous aurons à déterminer. Ainsi, nous allons déterminer ces perles en premier lieu.

3.5.3.1 LES PERTES NOCTURNES

HYPOTHÈSE DE CALCUL :

- Température T_i dans le réservoir à 18 heures est Ti=55°C
- Température T_i' dans le réservoir à 08 heures est Ti=50°C
- Température T_e sur la paroi extérieure du réservoir est T_e=20°C
- Masse d'eau M dans le réservoir M=280kg

CALCUL DE Q

$$q = MC\Delta T \text{ [8]}$$

Avec :

M : masse d'eau ;

C: chaleur massique de l'eau ;

ΔT : variation de température entre 18hOO et 08h00.

$$q = 280 \times 4180 \times 5$$

$$q = 5852000\, J$$

CALCUL DE L'ÉPAISSEUR E DE L'ISOLANT

La quantité de chaleur à travers l'isolation est donnée par la relation :

$$q = \frac{2\pi \times \lambda \times L \times (Ti - Te)}{log(ro/ri)} \text{ [9]}$$

Posons : $r_o = r_i + e$

L'équation devient :

$$q = \frac{2\pi \times \lambda \times L \times (Ti - Te)}{log(1 + \frac{e}{ri})}$$

D'où : $e = ri\left(\exp(\frac{2\pi \times \lambda \times L \times (Ti - Te)}{q}\right) - 1)$

L'isolant est le polystyrène expansé thermocomprimé (λ =0,029 W/ m°C).

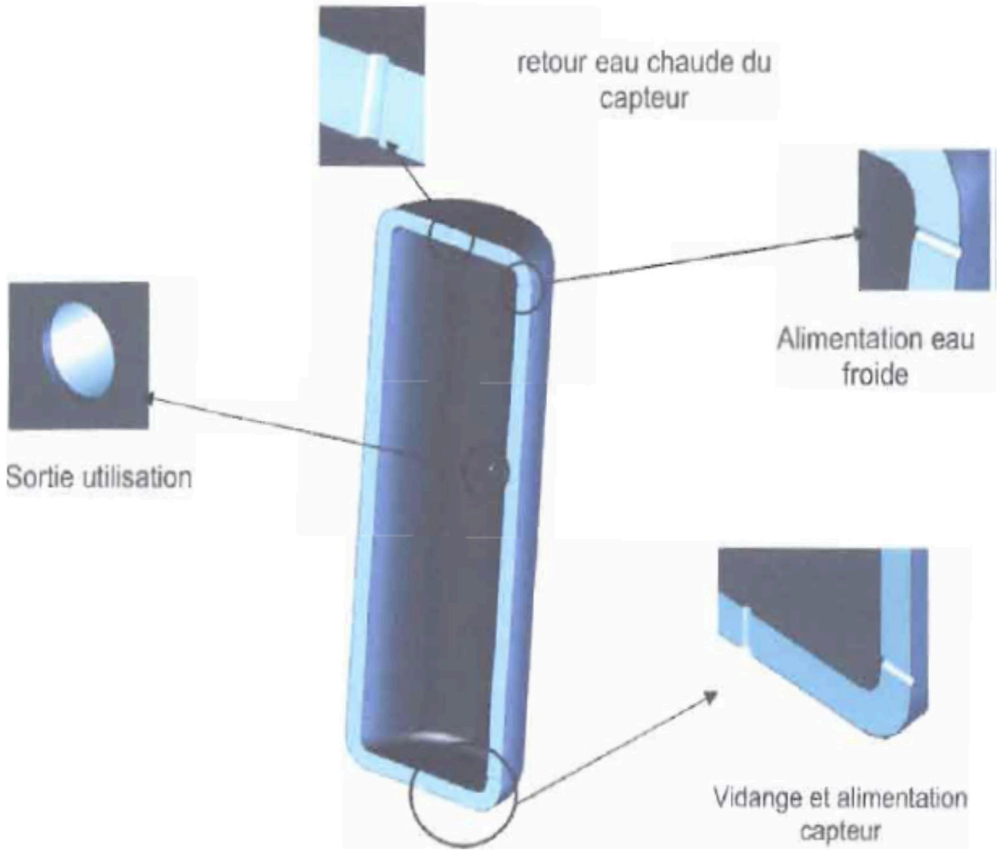
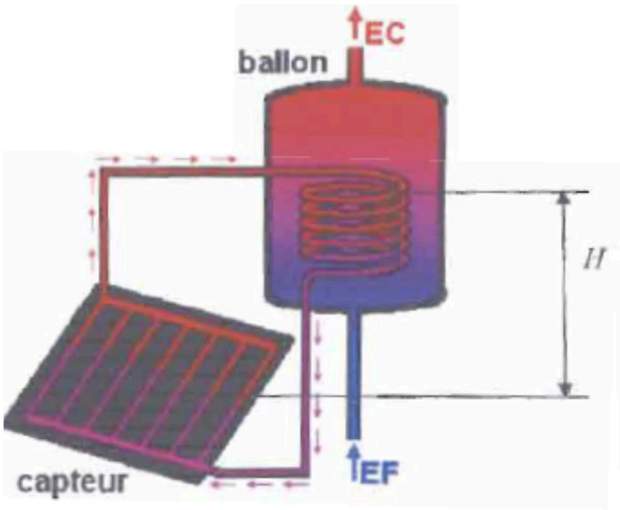


Fig. 16. Vue éclatée du réservoir

3.6 CALCUL DE LA DISANCE ENRE LE RESERVOIR ET LE CAPTEUR [11]



Le mouvement du fluide est caractérisé par la relation suivante :

$$H \times g \times (\rho_f - \rho_c) = \frac{f \times U^2}{2} \times \rho_m \ [10]$$

Avec :

H distance (en mètre) entre les deux plans médians horizontaux du réservoir et du capteur, On a l'effet thermosiphon dès que H = 300 mm.

g accélération de la pesanteur en m/s^2

ρ_f masse volumique de l'eau froide en kg/m^3

ρ_c, masse volumique de l'eau chaude en kg/rn^3

$\rho_m = \sqrt{\rho_f \times \rho_c}$ masse volumique moyenne de l'eau en kg/m^3

J coefficient global de pertes de charge dans la conduite de circulation

U vitesse d'écoulement du fluide donnée par la formule

$$U^2 = \frac{2}{J} \times H \times \Delta T \ [11]$$

ΔT différence de température entre le fluide chaud et le fluide froid

L'effet thermosiphon dépend donc de la charge H et la variation de température ΔT .

4 CONCLUSION

Le taux d'accès à l'électricité est très faible, en Afrique. Il est par exemple de 7,1% en République Démocratique du Congo. Le gaz est peu fourni et rarement utilisé. La protection de l'environnement impose une discipline et une rigueur dans l'utilisation de bois de chauffe et de charbon. Ce sont autant des difficultés devant lesquelles plusieurs ménages se heurtent quand il s'agir d'avoir une eau chaude sanitaire.

La présente étude a prétention de suggérer une possibilité d'obtention d'eau chaude sanitaire par un moyen : le recours aux chauffe-eau solaires. Mais pour atteindre les résultats escomptés, le chauffe-eau solaire doit être préalablement dimensionné.

Les conditions et les préalables au dimensionnement d'un chauffe-eau solaire constituent l'essentiel de cette réflexion.

Nous espérons que cette étude pourra aider bien de ménages à dimensionner eux-mêmes leurs chauffe-eaux solaires et partants, au bien-être auquel tout le monde aspire.

REFERENCES

[1] Institut Bruxellois de Gestion, *Chauffe-eau solaire*, Etudes, Bruxelles, 2009, p.23
[2] Bruno FLECHE, *Energies renouvelables : solaire thermique,* Paris, Coloniers, 2012,p 19
[3] Anonyme, « Le chauffe-eau solaire »[en ligne] :http://www.efficacitend.ca/apprentissage(le 14/04/2018)
[4] Idem
[5] Bruno FLECHE, *op.cit*., p.57
[6] Albert PELISSOU et Daniel ROUX, *L'Isolateur, plan à effet de serre et chauffe-eau solaire*, Aix-en-Provence, Ed. Sud, 1978, p.87
[7] Suisse Energie, *Dimensionnement d'installations à capteurs solaires*, Genève, Office Fédéral de l'Energie, 2001,p. 66
[8] Paul DEMBA, *Plomberie et Installation de tuyauteries industrielles*, notes polycopiées de cours, Ecole Supérieure Polytechnique, Centre de Thiès, 2007, inédit.
[9] Alioune DIOP, *Conception et réalisation d'un chauffe-eau solaire*, Projet de fin d'études, Ecole Supérieure Polytechnique, Centre de Thiès, 2006-2007, inédit.
[10] I*dem*
[11] *Ibidem*

International Journal of Innovation and Applied Studies
ISSN 2028-9324 Vol. 27 No. 1 Aug. 2019, pp. 88-97
© 2019 Innovative Space of Scientific Research Journals
http://www.ijias.issr-journals.org/

Evolution spatio-temporelle des teneurs en nitrates dans les eaux souterraines du bassin versant de la Baya (Est Côte d'Ivoire)

[Spatio-temporal evolution of nitrate levels in the groundwater of the Baya watershed (Eastern Côte d'Ivoire)]

Germain Kobenan N'GUETTIA[1], Jules Mangoua Oi Mangoua[2], Aristide Gountôh DOUAGUI[1], Kouassi Narcisse ABOUA[1], and Lanciné Droh GONE[1]

[1]Laboratoire Géosciences et Environnement (LGE), UFR Sciences et Gestion de L'environnement (SGE), Université Nangui Abrogoua (UNA), 02 BP 801 Abidjan 02, Côte d'Ivoire

[2]Laboratoire des sciences et Technologies de l'Environnement, Université Jean Lorougnon Guedé, Daloa (UJLoG), BP 150 Daloa, Côte d'Ivoire

Copyright © 2019 ISSR Journals. This is an open access article distributed under the ***Creative Commons Attribution License***, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

ABSTRACT: This study proposes to follow the temporal evolution of nitrate contents of groundwater and to map their spatial distribution. For this purpose, physicochemical analyzes and statistical treatments were carried out on 10 boreholes and 12 wells. The nitrate distribution map is obtained using the IDW (Inverse Distance Weitling) interpolation method. Nitrate levels in the Baya watershed range from 0.5 mgL-1 to 196.2 mgL-1. Well water is richer in nitrate than drilling water with an average grade of 28.77 and 13.51 mg.L-1, respectively. Only 12% of nitrate levels are above the WHO guideline (50 mg.L-1) for drinking water. These are the waters of P3 (79.5 mg.L-1), P5 (110.8 mg.L-1) and P8 (56 mg.L-1) and F1 wells (47.1 mg. L-1) F10 (109.6 mg.L-1). In terms of time, unlike the drilling water, the nitrate concentrations of the wells of the rainy season are generally higher (33.96 mg.L-1) than that of the dry period (23.59 mg. L-1). Excessive nitrate levels are observed in the localities of Agnibilekro, Koun-fao, Tanda and the outlet of the main stream of Baya. This increase in nitrate levels is related to the geological nature of the soil and the anthropogenic pressure in the region.

KEYWORDS: Anthropogenic activities, groundwater, environment, nitrates, pollution.

RÉSUMÉ: Cette étude se propose de suivre l'évolution temporelle des teneurs en nitrates des eaux souterraines et de cartographier leur distribution spatiale. A cet effet, des analyses physico-chimiques et traitements statistiques ont été effectuées sur 10 forages et 12 puits. La carte de distribution des nitrates est obtenue à l'aide de la méthode d'interpolation IDW (Inverse Distance Weitling). Les teneurs en nitrates observées dans les eaux du bassin versant de la Baya varient de 0,5 $mg.L^{-1}$ à 196,2 $mg.L^{-1}$. Les eaux de puits sont plus riches en nitrates que les eaux de forage avec une teneur moyenne respective de 28,77 et 13,51 $mg.L^{-1}$. Seulement, 12% des teneurs en nitrate sont supérieures à la directive OMS (50 $mg.L^{-1}$) pour une eau de consommation. Ce sont les eaux de P3 (79,5 $mg.L^{-1}$), de P5 (110,8 $mg.L^{-1}$) et de P8 (56 $mg.L^{-1}$) et les forages F1 (47,1 $mg.L^{-1}$) F10 (109,6 $mg.L^{-1}$). Au plan temporel, à l'opposé des eaux de forage, les concentrations en nitrate des puits de la saison pluvieuse sont en générale plus élevées (33,96 $mg.L^{-1}$) que celle de la période sèche (23,59 $mg.L^{-1}$). Les teneurs excessives en nitrates sont observées dans les localités d'Agnibilekro, de Koun-fao, de Tanda et à l'exutoire du cours d'eau principal de la Baya. Cette augmentation des teneurs en nitrates est en rapport avec la nature géologique du sol et la pression anthropique qui s'exercent dans la région.

MOTS-CLEFS: Activités anthropiques, eaux souterraines, environnement, nitrates, pollution.

Corresponding Author: Germain Kobenan N'GUETTIA

1 INTRODUCTION

L'accès à l'eau potable constitue l'une des préoccupations de toute l'humanité [1]. Pour cette raison, depuis des décennies, les États et les gouvernements d'Afrique en général et de la Côte d'Ivoire en particulier, s'attellent à doter leur population d'infrastructures hydrauliques adéquates. Dans la région de Gontougo, la croissance démographique et l'urbanisation ont contribué à rendre inefficaces les énormes efforts fournis par l'État ivoirien [2]. En plus, l'avènement de l'arboriculture ces dernières décennies avec son corolaire utilisatrice d'engrais et de certains produits chimiques, ne font l'objet d'aucune attention particulière, or plusieurs présentent des effets très nocifs pour la santé [3]. A cela, s'ajoute aujourd'hui, des problèmes de surexploitation et de pollution qui altèrent plus fréquemment la qualité de cette ressource. Plusieurs travaux réalisés en Afrique [4] et [5] relatent que la pollution des nappes fréquemment ressentie au niveau des centres urbains touche aussi les zones rurales de grande ou petite taille. Pour ces auteurs, la détérioration de la qualité de ces eaux est intimement liée aux activités agricoles et à la décomposition de la litière.

Dans le bassin versant de la Baya, la gestion des eaux souterraines alimentant les populations constituent un problème majeur auquel ces localités doivent faire face. En effet, les travaux de [6] ont clairement montré que 63% des localités de la région de Bondoukou éprouvent d'énormes difficultés d'approvisionnement en eau potable. Pendant la saison sèche, bon nombre de ces ouvrages hydrauliques tarissent ou sont abandonnés à cause de leur apparence rougeâtre et goût désagréable [7]. Par ailleurs, la qualité de cette ressource est sans cesse mise à rude épreuve, à cause de la croissance des sources de pollution tant ponctuelles que diffuses [2]. Selon [8] la mauvaise qualité de l'eau est source de maladies telles que la dysenterie, le choléra etc... Face à cette situation, il est donc important de connaître au mieux l'évolution spatio-temporelle des teneurs en nitrate pour une consommation sans risques sanitaires. Plusieurs études ont déjà été réalisées dans la région sur la qualité physico-chimique des eaux souterraines notamment [9].

Cette étude se propose d'identifier les différentes localités touchées par la pollution et de faire une cartographie spatiale de la pollution nitratée des eaux souterraines du bassin de la Baya.

2 ZONE D'ÉTUDE, DONNÉES ET MÉTHODES

2.1 LOCALISATION DE LA ZONE D'ÉTUDE

Le bassin versant de la Baya est localisé à l'Est de la Côte d'Ivoire entre les longitudes 2°38' et 3°33' W et les latitudes 6°35' et 8°26' N. Il couvre une superficie d'environ 6 324 km^2 (figure1). La population du bassin est estimée à 267 263 habitants avec un accroissement de 2,8% de la population [10].

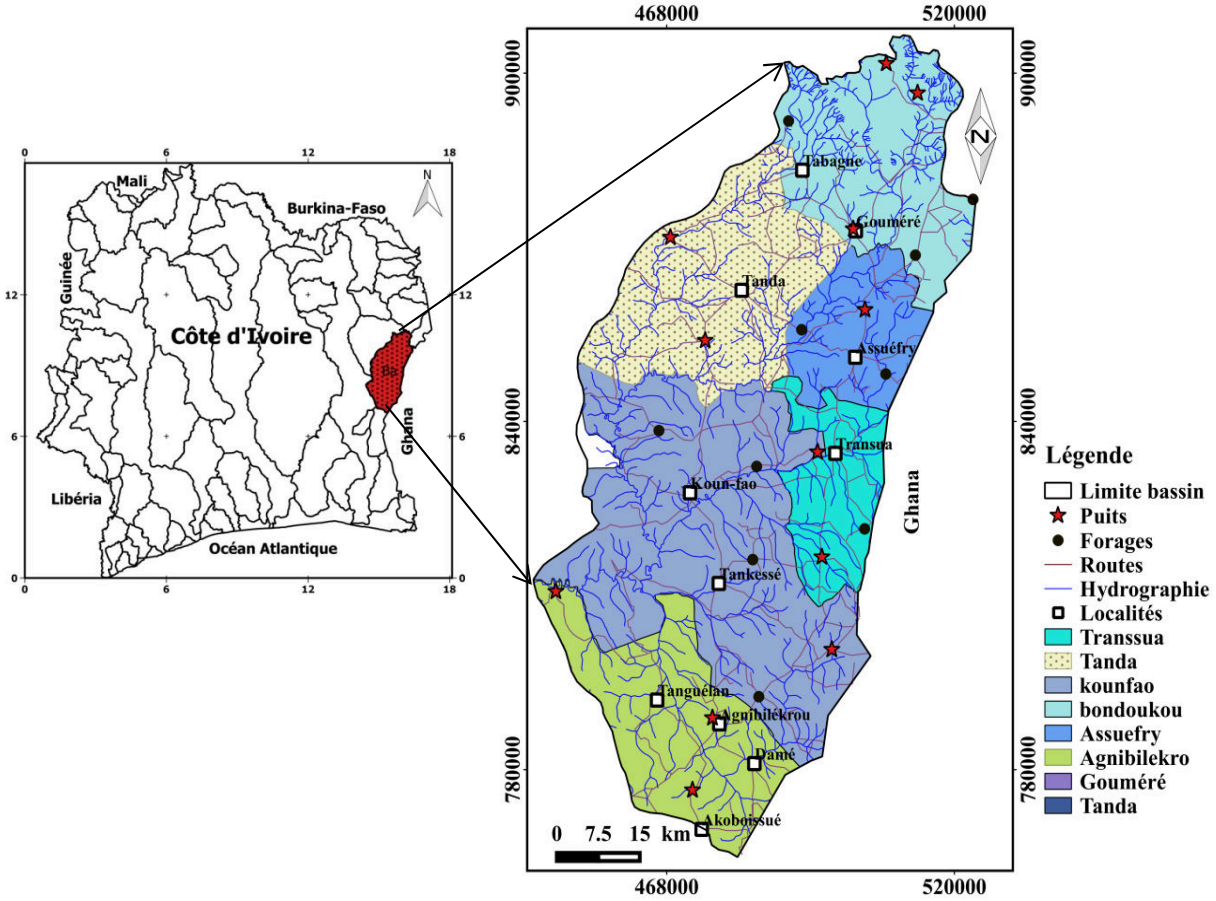


Fig. 1. Situation géographique du bassin de la Baya et présentation du réseau des points d'échantillonnage

Les principales formations géologiques rencontrées peuvent être regroupées en trois grands ensembles lithologiques [6]. Un ensemble tarkwaien et volcano-sédimentaire constitué principalement de Schiste, d'Amphibolite et de Métadolérite.

Du point de vue pédologique, ce bassin est couvert de sols ferralitiques occupés par des cultures de rente et d'exportation (café, cacao, anacarde) et les cultures vivrières [11].

Au plan hydrogéologique, l'on distingue deux types d'aquifères dans la zone d'étude. Ce sont les aquifères d'altérites, les aquifères de fissures et de fractures. Les premiers sont des réservoirs résultant des processus d'altération physicochimique et d'érosion du socle. Ils sont composés de sables argileux et d'arènes grenues et constituent le premier niveau de réservoirs en milieu de socle. Ces aquifères sont directement alimentés par les eaux des précipitations. Les seconds se développent dans les zones broyées et/ou fissurées du socle. Ainsi, leur potentialité en eau est liée à la densité de la fracturation du socle [12];[13].

2.2 ECHANTILLONNAGE ET MÉTHODES ANALYTIQUES

Un total, 22 échantillons ont été prélevés, dont 12 puits et 10 forages. Les paramètres physiques ont été mesurés *in situ* à l'aide d'un multi-paramètre de marque WWT 82 362. Pour les analyses au laboratoire, les échantillons ont été conservés à 4°C pendant le transport dans une glacière. Sur le terrain, les coordonnées des différents points d'eau ont été prises à l'aide d'un Global Positioning System (GPS) de type Garmin. L'ion nitrate (NO_3^-) a été dosé selon la méthode HACH à l'aide d'un spectrophotomètre UV-Vis DR 6000. Pour observer l'évolution de la composition nitratée des eaux, nous avons également utilisé des données antérieures de forages de 2008, provenant des fiches techniques de l'Antenne d'Hydraulique Villageoise de Bondoukou, financés par la Banque Arabe de Développement pour l'Afrique (BADEA).

2.3 TRAITEMENT DES DONNÉES

Les données collectées dans les eaux souterraines de la zone d'étude a fait l'objet d'un traitement statistique et cartographique. La combinaison de toutes ces méthodes a permis de caractériser les teneurs en nitrates et de suivre leurs évolutions dans les eaux souterraines du bassin versant de la Baya. Le traitement statistique des données a nécessité l'utilisation du logiciel Statistica 7.1. Les cartes de distribution spatialisation sont obtenues par la méthode d'interpolation IDW (Inverse Distance Weitling) du logiciel QGIS 2.12.3-Lyon.

3 RÉSULTATS

3.1 VARIATION TEMPORELLE DU NITRATE ENTRE 2016 ET 2017

La figure 2 indique une augmentation des teneurs en nitrate dans les réservoirs superficiels (puits) pendant la saison pluvieuse et une diminution pendant ladite saison dans les réservoirs profondes (forages). La moyenne observée en 2017 pendant la saison pluvieuse est de 33,96 mg.L^{-1} et celle de 2016 pendant la saison sèche est de 23,6 mg.L^{-1}. Cependant, dans les ouvrages profonds, on assiste à une accumulation des teneurs en nitrate avec une moyenne de 18,96 mg.L^{-1}en saison sèche et 8,06 mg.L^{-1}en saison de pluie.

Tableau 1. Variation annuelle saisonnière du nitrate dans les eaux du bassin

Année/saison	Type d'eau	Moy mg.L^{-1}	Max mg.L^{-1}	Min mg.L^{-1}	ecatype	Variance %	OMS (2011)
saison sèche 2016	Puits	23,59	110,8	0,6	37,54	1,59	50 mg.L^{-1}
	Forage	18,96	109,6	0,9	34,78	1,83	
Saison humide 2017	Puits	33,96	193,7	3,5	65,18	1,92	
	Forage	8,06	28,4	0,4	10,53	1,30	

En 2016, les concentrations exprimées en mg.L^{-1} de nitrates dans les eaux de puits représente 25% des échantillons dont la concentration est supérieure à la directive [8] qui est de 50m.L^{-1}, précisément dans les localités d'Agnibilékro (79,5; P3), de Tiédo (110,8 P5) et de Transua (56 P8) respectivement. En 2017, ce pourcentage ne présente que 12,5% avec une concentration maximale de 193,7 mg.L^{-1} de nitrate (NO_3^-) à Tiédo (P8). Par ailleurs une légère augmentation de ce paramètre est observée sur les sites P4, P7et P11 en saison humide.

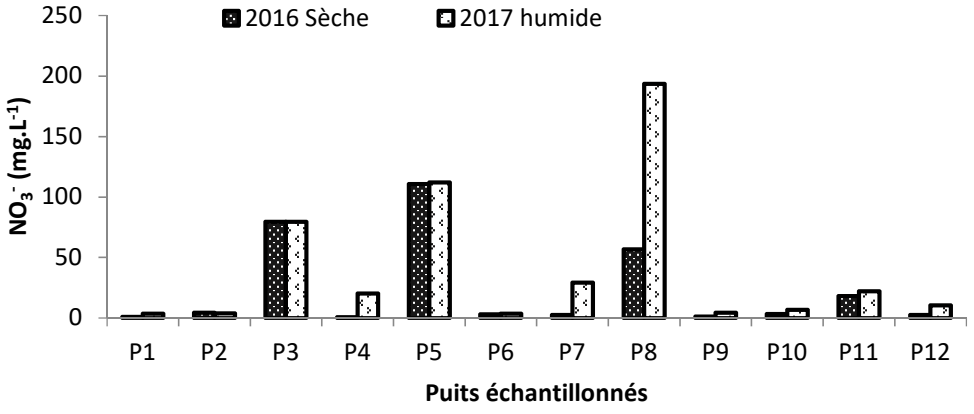


Fig. 2. Evolution temporelle du nitrate dans les eaux de puits du bassin de la Baya

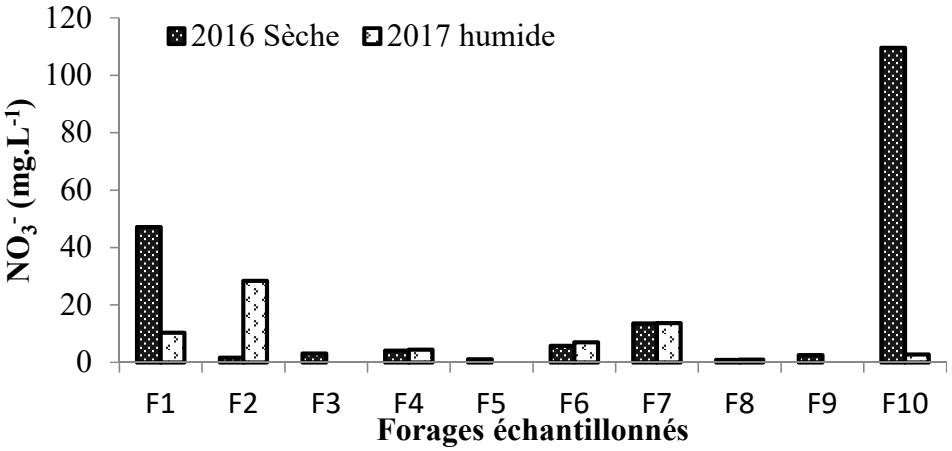


Fig. 3. Evolution temporelle du nitrate dans les eaux de forage du bassin de la Baya

3.2 EVOLUTION DES TENEURS EN NITRATES PAR CLASSE DE CONCENTRATION SUR LA ZONE D'ÉTUDE

L'analyse de la figure 4 expose les classes de teneurs en nitrate rencontrées dans les eaux souterraines du bassin. On constate que près de 50% des eaux échantillonnées ont des concentrations variables supérieures à 5 mg.L^{-1}. Parmi lesquelles, 12 % des échantillons dépassent la directive OMS qui est de (50 mg.L^{-1}).

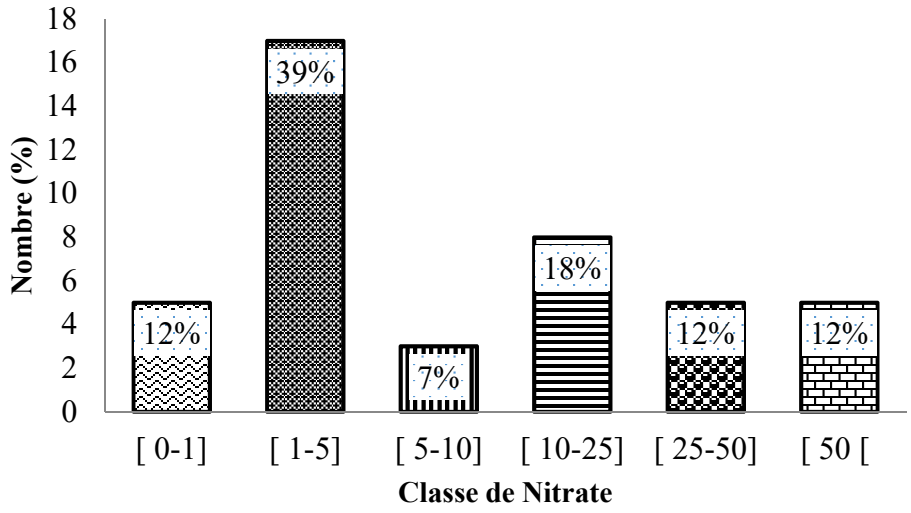


Fig. 4. Teneur en nitrate par classe de concentration

3.3 ÉVOLUTION DES TENEURS EN NITRATES EN FONCTION DES PROFONDEURS DES FORAGES

Les teneurs en nitrates observées (figure 5) dans les eaux souterraines ne présentent pas une répartition liée à la profondeur des forages. En effet, plusieurs forages situés à différentes profondeurs présentent des teneurs variables en nitrates. Par exemple la localité de Siédja de 94,99m de profondeur de forage à une teneur en nitrate (109,6 mg.L^{-1}) supérieures à 50 mg/L (directive OMS), alors que des forages de même profondeur 80 m ont des teneurs largement inférieures à 50 mg.L^{-1}. Toutefois, la présence de forte concentration de nitrate dans les forages peu et très profonds par endroit, ne peut être expliquée que par le phénomène de pression anthropique. Ce constat soulève le problème de l'origine de cet ion, en particulier pour les eaux de forages qui sont censées être à l'abri d'une pollution directe, contiennent parfois des concentrations énormes en nitrate.

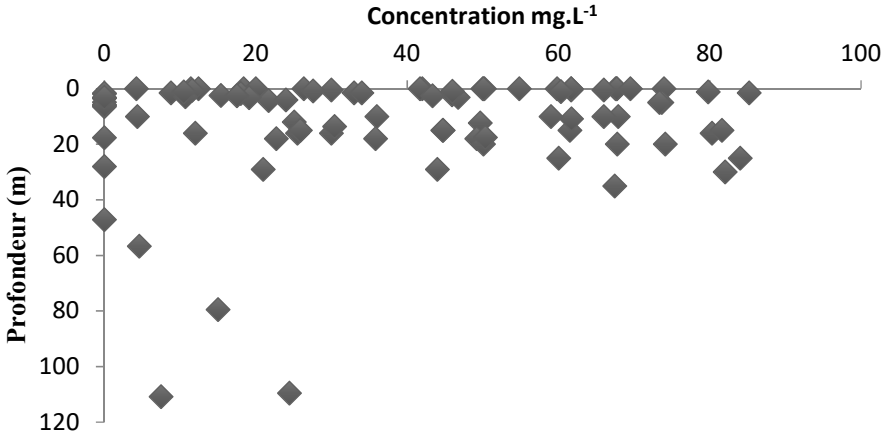


Fig. 5. Répartition des teneurs en nitrate (NO_3^-) en fonction de la profondeur des forages

3.4 RÉPARTITION SPATIALE MOYENNE DES CONCENTRATIONS DES NITRATES PAR LOCALITÉ

La figure 6 présente les concentrations moyennes des nitrates par localité. Cette observation permet d'appréhender l'évolution moyenne des nitrates afin de mettre en exergue les tendances locales des teneurs en nitrate dans les eaux souterraines du bassin. Les localités les plus touchées sont celles d'Assuéffry et de Koun-fao.

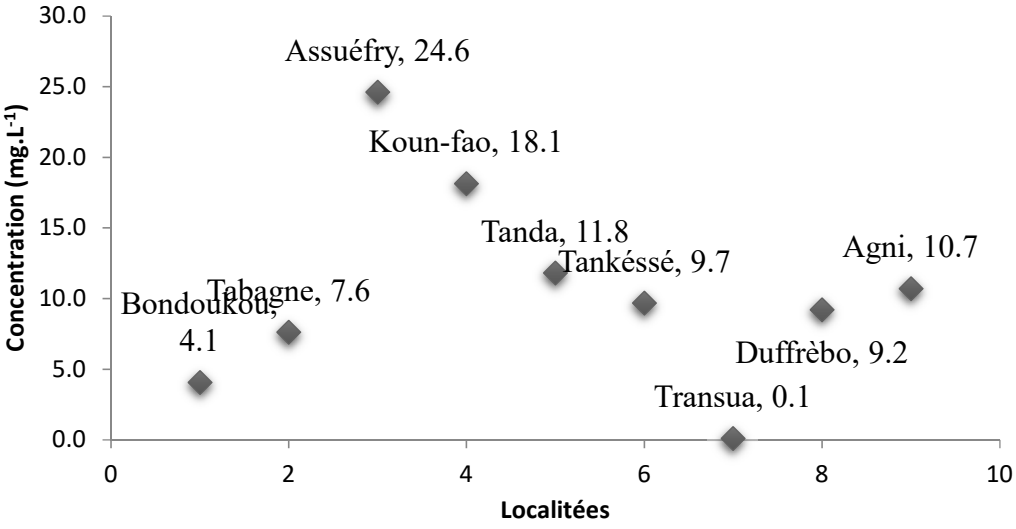


Fig. 6. Concentration moyenne de nitrate par localité

3.5 RÉPARTITION SPATIALE DES CONCENTRATIONS EN NITRATE DANS LES EAUX DU BASSIN DE LA BAYA

On remarque sur la figure 7 que les teneurs en nitrate sont nettement plus faibles en 2008 que celles retrouvées dans les eaux souterraines en 2016 et 2017. La teneur maximale observée en 2008 dans les eaux souterraines est de 35 $mg.L^{-1}$. Tandis que celles observées en 2016 et 2017 sont respectivement de 110,8 $mg.L^{-1}$ et 193,7 $mg.L^{-1}$.

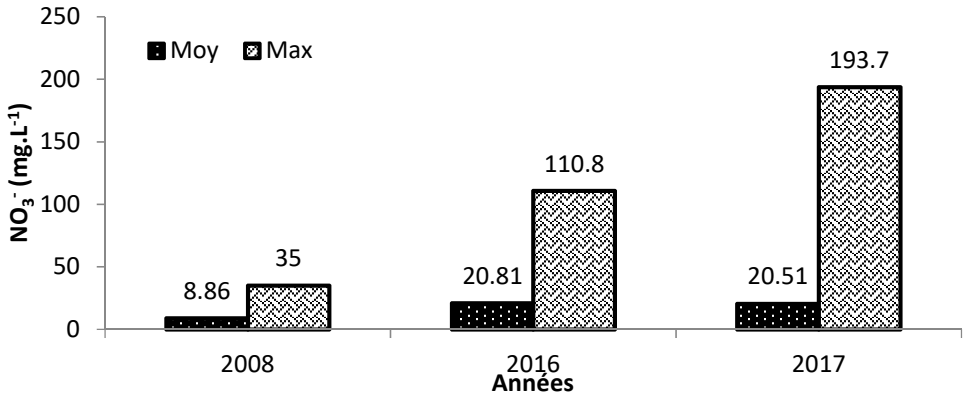


Fig. 7. Evolution des nitrates dans les eaux souterraines du bassin versant de la Baya

La figure 8 présente les résultats d'interpolation des concentrations de nitrates dans les eaux souterraines de la zone d'étude. Le calcul du coefficient de variation des nitrates donne des valeurs très contrastées par saison (Tableau II). Ceci témoigne d'une distribution spatiale très hétérogène et reflète un très grand écart entre les teneurs en nitrate, comme en montre les cartes de distribution spatialisation (Figure 8).

Tableau 2. Coefficient de variation de la répartition spatiale des nitrates en saison sèche 2016 et en saison humide 2017 dans le bassin de la Baya.

	Puits		Forages	
Paramètres	**SS**	**SH**	**SS**	**SH**
NO_3^- (%)	159	192	183	130

Cette cartographie (figure 8) met en évidence une progression de ce paramètre dans les eaux de la région. Les localités de Tanda et d'Agnibilékro et de Transua sont les plus touchées par la pollution nitratée sur la chronique d'étude (2016-2017).

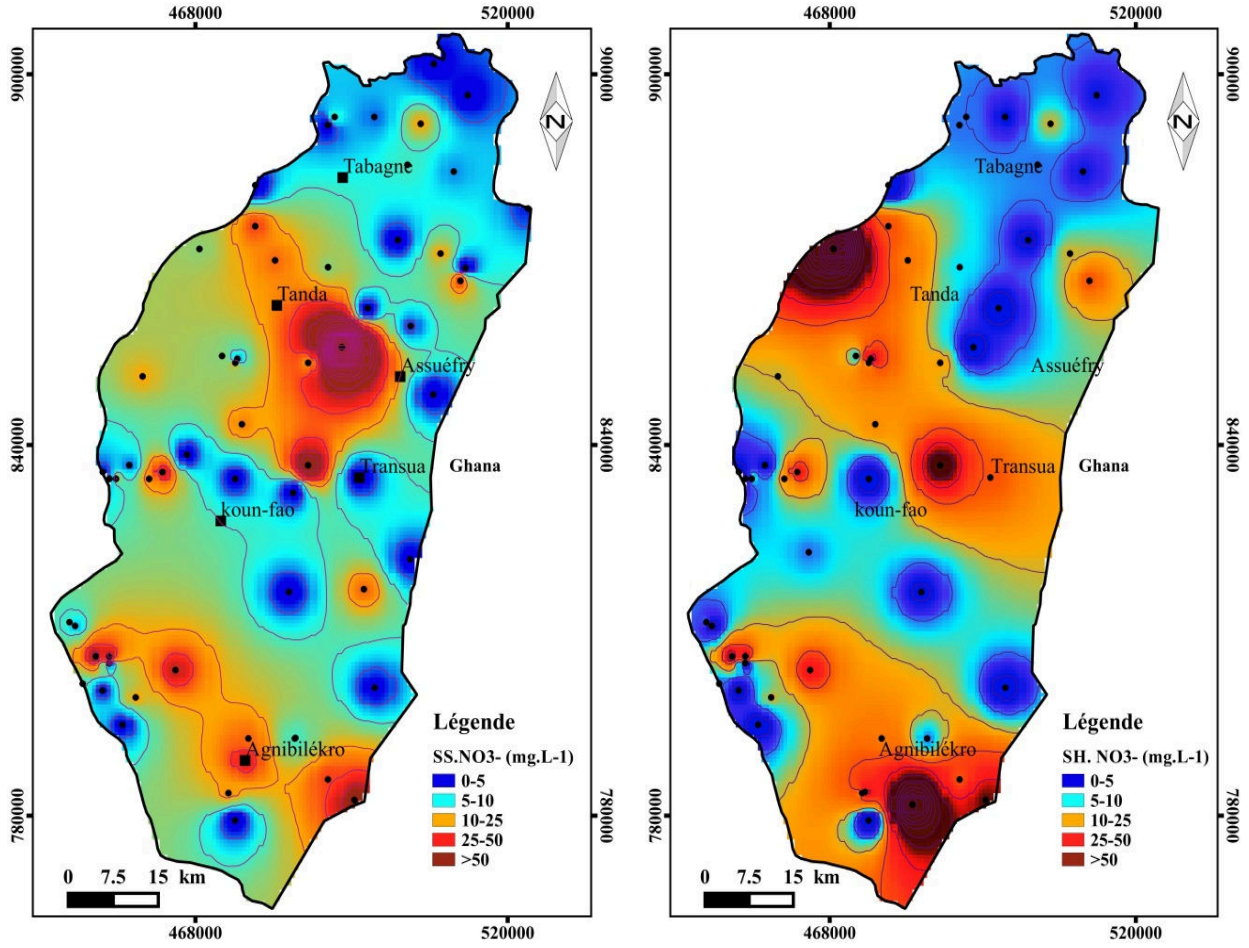


Fig. 8. Variations spatiales des concentrations du nitrate dans les eaux souterraines du bassin versant de la Baya (SS: saison sèche 2016; SH: humide 2017).

4 DISCUSSION

Les nitrates constituent l'un des composés azotés dominants dans les eaux souterraines du bassin versant de la Baya. Les teneurs observées, diffèrent d'un aquifère à l'autre. Cette variabilité spatiale des teneurs en nitrates dans les eaux traduit également une diversité dans leur origine. Dans une eau naturelle, la minéralisation nitratée peut avoir plusieurs origines. En effet, en Afrique de l'Ouest, les travaux qui signalent des excès en nitrates dans les eaux souterraines sont de plus en plus fréquents [4], [14]**.** Pour ces auteurs, le nitrate peut avoir une origine issue de l'azote apporté par les eaux météoriques, une origine urbaine liée à une infiltration des eaux usées domestiques dans le sol, des eaux des égouts, des fosses septiques, des latrines et de la décomposition de la matière organique (déforestation). Selon [9] les teneurs élevées en nitrates observées dans les agglomérations telles que, Agnibilekro, Tanda et Bondoukou seraient liées au degré d'urbanisation et pressions anthropiques exercer sur le milieu. Les nitrates sont très souvent issus des activités agricoles [3]**,** aux effluents domestiques, liées aux activités humaines [2]**.**

La différence des teneurs observées pourrait traduire l'effet saison dû au lessivage des sols agricoles. Par ailleurs, les fortes concentrations du nitrate n'est pas à relier à la profondeur des ouvrages. Ces teneurs pourraient s'expliquer par une pollution ponctuelle ou diffues liée à la densité de la fracturation du socle [13]. Les nitrates sont des sels très solubles, qui sont difficilement retenus lors de leur transfert dans l'aquifère [14]**.** Ils proviendraient d'une infiltration accélérée des eaux de ruissellement et usées dans la zone non saturée [9]

Les variations importantes du NO_3^- d'une saison à une autre avec des teneurs parfois importantes dans les eaux du bassin de la Baya montre qu'elles sont influencées par les activités anthropiques. En effet, selon [5]**,** l'essentiel des nitrates peut provenir de la nitrification du sol, de la décomposition de la matière organique par oxydation. Cependant, les concentrations

en nitrates supérieures à 10 $mg.L^{-1}$, sont déjà très proches du seuil de la potabilité [15]**.** Ces observations se comparent favorablement à des études antérieures [16] et [17] travaillants sur les eaux souterraines en Côte d' Ivoire et au Benin. Par ailleurs, la source de contamination des eaux souterraines par les nitrates peut-être les fosses septiques et les eaux usées domestiques [18].

Aussi, la lixiviation des nutriments des cultures et des engrais azotés provenant des terres agricoles peuvent être aussi une cause [19]**.** Ces résultats confirment ceux obtenus par [20] dans certaines localités du Brésil qui souffrent de la contamination nitratée et phosphatée par les effluents domestiques. Ainsi, l'eau potable contaminée par les nitrates peut s'avérer fatale pour la santé, en particulier pour les nourrissons, car elle restreint la quantité d'oxygène qui atteint le cerveau et provoque le syndrome du «bébé bleu».

Le phénomène de pollution des eaux souterraines n'est pas observé uniquement au niveau du bassin versant de la Baya. Elle constitue un réel danger en Afrique en général et dans toutes les grandes et petites agglomérations d'africaine en particulier. Ainsi, d'importantes teneurs en nitrates, supérieures à la directive OMS ont été mises en évidence dans les eaux souterraines du Nigéria par [21] et du Maroc par [22]. Au Bénin, les travaux de [23] ont donné des teneurs en nitrates qui atteignent les valeurs de 96,60 $mg.L^{-1}$ dans les eaux de puits de la ville de Cotonou et 442 à 888 $mg.L^{-1}$ dans certains forages des localités de Ramostswa et Selebi-Phikwe par [24]**.**

5 CONCLUSION

Les teneurs en nitrates observées dans les eaux souterraines du bassin versant de la Baya diffèrent d'un aquifère à l'autre et d'une localité à une autre. Les eaux de puits sont les plus vulnérables, car riches en nitrates, compte tenu de leur faible profondeur. Très peu d'ouvrages (12%) ont des teneurs supérieures à la directive OMS (50 $mg.L^{-1}$) pour une eau de boisson. Contrairement aux eaux de puits, les eaux de forages présentent des teneurs en nitrates relativement faibles. La distribution spatiale des nitrates dans les eaux du bassin montre que la majorité des points qui captent cette nappe est soumise à une pollution nitratée. La distribution temporelle des teneurs en nitrates des deux types d'eaux a montré que depuis des décennies, les concentrations ont subi une hausse. Cette hausse des teneurs en nitrates met en évidence, la forte pression anthropique qui participe à la dégradation de l'environnement et des ressources en eau de cette localité.

REFERENCES

[1] UNICEF ''Progrès en matière d'approvisionnement en eau potable, d'assainissement et d'hygiène et estimations des ODD'' www.washdata.org . 108p, 2017.

[2] O. Ble, G.E. Ake, T.Soro, G. Soro et E.Y. Kouadio, ''Evaluation de la Qualité Hydrochimique des Eaux Souterraines de la Région de Bonoua. (Sud-Est de la Côte d'Ivoire),'' *International Journal of Innovation and Applied Studies,* vol 14, pp 896-907, 2016.

[3] T.K. Yao, ''Hydrodynamisme dans les aquifères de socle cristallin et cristallophyllien du Sud-Ouest de la Côte d'Ivoire: cas du département de Soubre: apports de la télédétection, de la géomorphologie et de l'hydrogéochimie. Océan, Atmosphère. Conservatoire national des arts et métiers CNAM;'' Université de Cocody Côte d'Ivoire, pp 247-265, 2009.

[4] S. Diop, F. Diome, M. Samb et R. Sarr, ''Hydrogeochemical Relationships between Spring and Subsurface. Waters in the Dindefello Area of South Eastern Senegal''. *Journal. Water Resource. Protection.,* vol 6, pp 1743–1754 2014.

[5] M Abbou ben et F. Fadil, ''Impact anthropique sur la qualité des eaux souterraines du bassin versant de l'Oued Taza (Maroc),''. *European Scientific Journal,* vol.10, no 5, pp 37-69, 2014.

[6] M. Youan ta, O. D. Lasme, D. Baka, T. Lasm, P. J. Jourda et J. Biemi, ''Analyse des propriétés hydrodynamiques de l'aquifère fissuré du socle paléoprotérozoïque: Aide à l'approvisionnement en eau potable des populations de la région de Bondoukou (Nord-est de la Côte d'Ivoire)'', *Larhyss Journal*, vol.13, no3 pp 563-564, 2015.

[7] K. J. Kouamé, J. P. Jourda M. B. Saley, S. K. Deh, A. T. Anani et J. Biémi,'' Mapping of ground water vulnerability zones to pollution in various hydrogeological environments of Côte d'Ivoire by DRASTIC method", *International Journal of Scientific & Engineering Research,* vol.4, pp 918-923, 2013.

[8] OMS, ''Guidelines for drinking-water quality''. *4th ed.,* 564p, 2011.

[9] M J. Mangoua, D. L. Gone, K. A, Kouassi, K. G. N'guettia, G. A. Douagui, I. Savane et J. Biemi, ''Hydrogeochemical assessment of groundwater quality in the Baya watershed (Eastern of Côte 'Ivoire)''. *African Journal of Agricultural Research*, vol. 10, no 49, pp 4477-4489, 2015.

[10] INS, ''Institut National de la Statistique, Recensement général de la Population et de l'Habitat'' www. ins.ci, pp 25-47, 2014.

[11] S. Yves. C. Delor, Z. Zeade, Y. Kone B. D Yao, M. Vidal, I. Diaby, G. Konan D. B. Irié, D. N'da, A. Dommanget, J. P. Cautru, C. Guerrot et J. C. Chiron, ''Carte Géologique de la Côte d'Ivoire à 1/200 000; Feuille Agnibilekrou. Mémoire de la Direction des Mines et de la Géologie, n°8, Abidjan, Côte d'Ivoire''. 19 p, 1995.

[12] A. N. Savadogo, ''Géologie et hydrogéologie du socle cristallin de Haute Volta. Etude régionale du Bassin versant de la Sissil,'' *Thèse de Doctorat* ès Sciences Naturelles, Université Grenoble 1, 350 p, 1984.

[13] J. Biémi, ''Contribution à l'étude géologique, hydrogéologique et par télédétection des bassins versants Subsahéliens du socle précambrien d'Afrique de l'Ouest : Hydrostructurale, hydrodynamique, hydrochimie et isotopie des aquifères discontinus des sillons et aires granitiques de la Haute Marahoué (Côte d'Ivoire)'', Thèse de Doctorat d'Etat, Université Nationale de Côte d'Ivoire, 480 p, 1992.

[14] K. E. Ahoussi, S. Loko, Y. B. Koffi, G. Soro, Y. M. S. Oga et N. Soro, ''*Evolution spatio-Temporelle Des Teneurs en Nitrates Des Eaux Souterraines De La Ville d'Abidjan (CÔTE D'IVOIRE),'' Journal of Pure & Applied Bioscienc, vol.1, no 3, pp 45-60, 2013.*

[15] B. M. Wanga, D. E. Musibono, P. T. Mpiana, L. Mafuanakiza et N. J Diana, ''Evaluation de la qualité physico-chimique des eaux de la rivière Kalamu de Boma, R.D. Congo Congo'' *Sciences Journal* vol.3, no 1, pp 56-63, 2015.

[16] R. Alassane, L. Trabelsi, F. Dovonon et D. J. Odeloui, ''Chemical Evolution of the Continental Terminal Shallow Aquifer in the South of Coastal Sedimentary Basin of Benin (West-Africa) Using Multivariate Factor Analysis''. *Journal Water Resource. Protection.* Vol.7, pp 496-515, 2015.

[17] I. Ouattara, B. Kamagaté, A. Dao, D. Noufé et I. Savané, ''Processus de minéralisation des eaux souterraines et transfert de flux en milieu de socle fissuré: cas du bassin versant transfrontalier de la Comoé (Côte d'Ivoire, Burkina Faso, Ghana, Mali)'' *International Journal of Innovation and Applied Studies, vol.*17, no 1, 57-69, 2016.

[18] V. Simeonov, J.A. Stratis, C. Samara, G. Zachariadis, D. Voutsa, A. Anthemidis, ''Assessment of the surface water quality in Northern Greece''. *Water Resources*, vol. 37, pp 4119-4124, 2003.

[19] C. M Oliveira, Sustainable access to safe drinking water: fundamental human right in the international and national *scene. Rev Ambiente. Água - An Interdisciplinary Journal of Applied Science. Ambient. Água vol*.12, no 6, pp 986- 998, 2017.

[20] E.S. Braga, C.H. Bonetti, L. Burone et F.J. Bonetti, ''Eutrophication and bacterial pollution caused by industrial and domestic wastes at the Baixada Santista Estuarine System, Brazil''. *Marine Pollution Bulletin,* vol.40, no 2, pp 165-173, 2000.

[21] S. M. A Adelam, ''Nitrates pollution of groundwater in Nigeria''. *Groundwater pollution in Africa*, Editors Yongxin Xu and Brent Usher, Taylor & Francis/Balkema, Great-Britain, pp 37-45, 2006.

[22] S. Bricha, K. Ounine, S. Oulkheir, N. El haloui et B. Attarassi, ''Etude de la qualité physicochimique et bactériologique de la nappe phréatique M'nasra (Maroc),''*Afrique Science*, vol.3, no 3, pp 391-404, 2007.

[23] M. Boukari, A. Alassane, F. Azonsi, F. A. L. Dovonou, A. Tossa et D. Zogo, ''Groundwater pollution from urban development in Cotonou City, Benin. Groundwater pollution in Africa,'' Editors Yongxin Xu and Brent Usher, Taylor & Francis/Balkema, Great-Britain, pp 125-138, 2006.

[24] H. Vogel, K. Keipeile, J. Kgomanyane, T. Zwikula, M. Pontsho, B. Mafa, L. Matthes, M. Staudt, K. Berger et T. Güth, ''Groundwater quality case studies in Bostswana. Groundwater pollution in Africa, Redactors Yongxin Xu and Brent Usher,'' Editors Taylor & Francis/Balkema, GreatBritain, pp 253-263, 2006.

International Journal of Innovation and Applied Studies
ISSN 2028-9324 Vol. 27 No. 1 Aug. 2019, pp. 98-105
© 2019 Innovative Space of Scientific Research Journals
http://www.ijias.issr-journals.org/

Les limites de l'intégration européenne

[Limits of European integration]

***Willy MBOMBO MANDEMBE*[1-2]**

[1]Relations Internationales, Faculté des Sciences sociales, administratives et politiques, Université de Kisangani, RD Congo

[2]Institut Panafricain d'Etudes stratégiques (IPES), RD Congo

Copyright © 2019 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: While the issues of peace trough European integration are the subject of unprecedented scientific production, the new dynamic created by the Maastricht treaty seems rather pardoxal insofar as the European Union seems beneficial only to the last few years acceding States. The political and economic criteria are not well observed in the selection of the Member States of the European Union. Thus, rather than being limited to a simplistic reading based on the approach of the probable end of interstate rivalries, it seemed useful to draw the aspects of human development in order to verify whether, apart from the reduction of interstate bellicosity integration into the European Union in beneficial to the states that make it up.

KEYWORDS: european union, integration, border, market.

RESUME: Alors que les questions de paix par l'intégration européenne font l'objet d'une production scientifique sans préccédent, la nouvelle dynamique instaurée par le traité de Maastricht parait plutôt pardoxale dans la mesure où l'Union européenne ne parait bénéfique qu'aux derniers Etats adhérants. Les critères politiques et éconmiques ne sont pas bien observés dans la sélection des Etats membres de l'Union européenne. Ainsi, plutôt que de se limiter à une lecture simpliste basée sur l'approche de la fin probable des rivalités interétatiques, il nous paru utile de piocher les aspects du développement humain en vue de vérifier si, en dehors de la reduction de la bellicosité interétatique, l'intégration à l'Union européenne est profitable aux Etats qui la constituent.

MOTS-CLEFS: union européenne, intégration, limite, marché.

1 INTRODUCTION

Lorsque l'on reflechit sur l'intégration européenne, nombreux sont les auteurs qui ne voient que le succès qu'ont eu les Etats européens en diminuant le dégré de leur bellicosité mutuelle[1] étant donné que l'intégration facilite le commerce international[2]. Lorsque l'on y ajoute des effets de ce dernier, elle enregistre un effet contradictoire sur la prévalence des conflits

[1] Philippe Martin, Thierry Mayer, Mathias Thoenig, *La mondialisation est-elle un facteur de paix?* Editions de la rue d'Ulm (ENS)/CEPREMAP, 2008.

[2] A ce sujet Montesquieu note que l'effet naturel du commerce est de porter à la paix. Deux nations qui négocient ensemble se rendent réciproquement dépendantes : si l'une a intérêt d'acheter, l'autre a intérêt de vendre". Montesquieu, *De L'esprit des Lois*, 1758

selon que l'on étudie l'ouverture bilatérale ou multilatérale[3]. Si dans « De la paix européenne à la paix mondiale », Nissé Nzereka, constate les limites de l'intégration européenne, il souligne en même temps aussi que cela a limité les dégâts de la bestialité étatique[4]. Cependant, l'intégration européenne n'a pas résolu la question fondamentale de création de son unité régionale : relever le niveau de développement de la population .

Dans un contexte où plusieurs Etats se réfèrent au modèle européen d'intégration, il est intéressant d'en piocher les fruits afin d'admettre les observations généralisables même s'il existe des liens inextricables entre l'intégration régionale et les processus de croissance économique.[5] Aussi, la situation européenne nous parait-elle baroque pour deux raisons majeures. *Primo,* parce que depuis l'adhésion spectacualire de 2004 à l'Union européenne (UE), cette dernière enregistre des périodes obscures liées aux difficultés financières de quelques Etats membres. *Secundo,* l'élargissement de l'UE a ouvert non seulement des opportunités pour la croissance des économies des pays de l'Europe de l'Est mais a fondamentalement attiré les obstacles à la croissance économique de l'ensemble de l'union.

Un constat qualifié d'une immense banalités par Sayer[6] atteste que la structuration spatiale de l'Europe associée à sa spécialisation économique ont beaucoup subi les effets de la frontière le siècle préccédent. La frontière constituait non seulement un handicap important pour le développement des régions européennes mais aussi un élément qui déterminait l'évolution des conflits. Hafner-Burton et Montgomery indiquent que dans les organisations intergouvernementales la conflictualité serait accrue par la présence au sein d'une même organisation de plusieurs Etats occupant une position équivalente. Elle serait réduite par une large disparité entre Etats et un certain favoritisme dans l'organisation.[7] Contrairement au contexte africain ou latino-américain où le régionalisme est « silencieux » ou « translocal »[8], le modèle européen d'intégration sert pourtant d'exemple à plusieurs regroupements étatiques parce que considéré comme moteur de progrès. Ainsi, pour savoir comment les Etats de l'UE bénéficie directement ou indirectement de l'intégration force est de scruter l'explication et le sens dans l'enchevêtrement d'intérêts qui pousse notamment certains Etats membres dont le Royaume-Uni à se retirer.

Raison pour laquelle nous recourons à des statistiques du Programme des Nations-Unies sur le Développement (PNUD). Toutefois, si dans l'analyse d'intégration de l'Union européenne nous nous limitons, comme Breuss, au critère du Produit Intérieur Brut (PIB), nous donnerons raison aux études qui attestent la progression de la quasi-totalité des Etats de l'Union européenne.[9] Or, seul le PIB ne suffit pour tester le degré de progression ou de développement des Etats. Au regard des insuffisances analytiques basées sur le PIB, qui du reste, ne donne que des renseignements sur la production économique, le recours au critère d'indice du développement humain[10] (IDH) s'avère fondamentalement important pour dénicher l'évolution du bien-être individuel ou collectif européen au lendemain de l'intégration des Etats au sein de l'UE. L'indice du développement humain en tant qu'indice mis en place par le PNUD en vue d'évaluer le niveau de vie dans un Etat a l'avantage de recourir à trois indicateurs pour être calculer ; à savoir : l'indicateur de l'espérance de vie, l'indicateur du niveau d'instruction et l'indicateur du Produit Intérieur Brut.

---

[3] Philippe Martin, Thierry Mayer, Mathias Thoenig, *op. cit*.

[4] Nissé Nzereka Mughendi, « De la paix mondiale : les limites de l'intégration », in Gaelle Pellon, Michel Liegenois (dir), les Org regionales européennes et la gestion des conflits : vers une régionalisation de la sécurité ?, Bruxelles, P.I.E Peter Lang, 2010, 353p.

[5] Léon Olszewski, Barbara Olszewska, *L'intégration économique européenne et la croissance des nouveaux membres de l'UE,* Université Economique de Wroclaw, Wroclaw, Pologne, *s. d*.

6 Sayer Andrew, « The economic analysis of frontier regions », in Anderson M. (éd.), Frontier regions in Western Europe, London, Frank Cass, 1983.

[7] Hafner, E. ; Montgomery A. H., « Power positions. International organizations, Social networks and conflict", in Journal of Conflict Resolution, vol. 50, n°1, 2006, pp. 3-27.

[8] Les auteurs soulignent que cela résulte d'une intensification des flux transnationaux sans régulation institutionnelle régionale. Sebastien Santader, «Un regard comparatif sur les régionalismes africain et latino-américain » *in* L'Afrique est-elle partie ? Bilan et perspectives de l'intégration africaine, Transformations, Revue Interventions économiques, Mars 2017, p.6.

[9] Fritz Breuss, « Makroökonomische Auswirkungen der EU-Erweiterung auf alte und neue Mitglieder », *WIFO Monatsberichte*, n° 11, 2001.

[10] L'indice du développement humain est un indice statistique composite créé par le Programme des Nations Unies pour le Développement (PNUD) en 1990 afin d'évaluer le taux du développement humain dans le monde. Trois critères fondamentaux : le PIB par habitant ou le niveau de vie, l'espérance de vie à la naissance et le niveau d'instruction (alphabétisation et scolarisation) des enfants d'au moins 15 ans. En 2011,le PNUD y ajouté le critère des inégalités. Sen Armatiya Kumar cité par Emmanuelle Bénicourt, *Une nouvelle ère pour le développement ?*, Tiers Monde, 2006, 186, pp.433-447

Ainsi, en s'appuyant sur le critère d'IDH, la présente étude se fonde sur un raisonnement simple : si l'on part de l'idée que l'intégration régionale favorise le développement, pourquoi d'autres Etats, comme l'Allemagne, veulent quitter l'union européenne ? Autrement dit, à qui profite l'intégration européenne ? Ainsi, dans le but de cerner la performance de l'intégration régionale, notre argumentaire se base essentiellement sur la comparaison de l'IDH des Etats de l'UE durant une période de quatorze ans, soit de 2000 à 2014, période durant laquelle l'UE a enregistrée une forte adhésion des nouveaux membres en dépit de sa percussion intégrative qu'elle enregistrait avant leur entrée, laquelle a présenté la face cachée d'une nouvelle europe avec une progression plutôt hésitante.

2 LA PERCUSSION DE L'INTEGRATION EUROPEENNE

L'une des dispositions majeures qui autorisent l'entrée à l'UE est l'article 49 du Traité sur l'Union Européenne (Traité de Maastricht). A ce critère général s'ajoute les critères politiques et économiques du Conseil européen réuni à Copenhague. S'agissant des critères politiques, les Etats désirants l'adhésion devraient avoir des institutions garantissant la démocratie, la primauté du droit, la protection des minorités ainsi que le respect des droits humains. Pour ce qui est des critères économiques, ils impliquent l'existence d'une économie de marché viable, la capacité de résister à la pression concurrentielle et aux forces du marché à l'intérieur de l'Union. Toutefois, l'adhésion spectaculaire des Etats de l'Europe centrale et orientale semble n'avoir pas totalement obéi à cette règle.

Une manière d'apprécier et d'analyser plus finement l'avantage d'intégrer l'UE est d'exploiter statistiquement les indicateurs mondialement connus pour mesurer le niveau du développement humain des Etats qui la composent. A cet effet, nous avons collationné les différents chiffres qui renseignent sur les IDH de vingt-huit Etats de l'UE que nous avons recensés afin de vérifier leur état de développement avant et après l'intégration massive de dix Etats en 2004[11]. Et surtout parce qu'en 2000 comme en 2003, avant leur intégration, ces Etats constituaient un ensemble fortement déséquilibré : leur population représentait environ 25 % de celle de l'UE alors leur richesse totale, avec un PIB cumulé de 404 milliards d'euros, ne s'élève qu'à 4,6 % de celle de l'UE à quinze.[12]

Aussi, le critère choisi nous a-t-il permis d'observer l'évolution séquentielle de l'IDH de douze Etats de l'Europe appartenant à l'*ex* bloc de l'Est afin de développer les observations pertinentes. Le tableau (Tableau 1) suivant en fournit une vue globale.

[11] Notons que pareille adhésion ne sait jamais faite avant 2004.

[12] Markus Gabel, *Huit nouveaux pays dans l'UE. Quelles conséquences économiques pour l'Allemagne ?* https://www.cairn.info/revue-le-courrier-des-pays-de-l-est-2003-1-page-36.htm

Tableau 1. Indice du développement humain des Etats de l'Union européenne

Pays	2000	2004	2009	2011	2014	R
Allemagne	0.925	0.932	0.947	0.905	0.911	2
Autriche	0.926	0.944	0.955	0.885	0.881	8
Belgique	0.939	0.945	0.953	0.886	0.881	9
Bulgarie	0.779	0.816	0.840	0.771	0.777	28
Chypre	0.883	0.903	0.914	0.840	0.845	17
Croatie	0.809	-	-	-	0.812	25
Danemark	0.926	0.943	0.955	0.895	0.900	3
Espagne	0.913	0.938	0.955	0.878	0.869	14
Estonie	0.826	0.858	0.883	0.835	0.840	18
Finlande	0.93	0.947	0.959	0.882	0.879	11
France	0.928	0.942	0.961	0.884	0.884	7
Grèce	0.885	0.921	0.942	0.861	0.853	16
Hongrie	0.835	0.869	0.879	0.816	0.818	24
Irlande	0.925	0.956	0.965	0.908	0.899	4
Italie	0.913	0.940	0.951	0.874	0.872	13
Lettonie	0.8	0.845	0.866	0.805	0.810	26
Lituanie	0.808	0.857	0.870	0.810	0.834	19
Luxembourg	0.925	0.945	0.960	0.867	0.881	10
Malte	0.875	0.875	0.902	0.832	0.829	22
Pays-Bas	0.935	0.947	0.964	0.910	0.915	1
Pologne	0.833	0.862	0.880	0.813	0.834	20
Portugal	0.88	0.904	0.909	0.809	0.822	23
Rp. Tchèque	0.849	0.885	0.903	0.865	0.861	15
Roumanie	0.775	0.805	0.837	0.781	0.785	27
Roy-Uni	0.928	0.940	0.947	0.863	0.892	6
Slovaquie	0.835	0.856	0.880	0.834	0.830	21
Slovénie	0.879	0.910	0.929	0.884	0.874	12
Suède	0.941	0.951	0.963	0.904	0.898	5
Moyenne	**0.879**	**0.905**	**0.921**	**0.855**	**0.857**	

***Source** : Rapports du Programme des Nations Unies pour le développement 2006[13], 2009, 2011 et 2014.*
R : Rang des Etats de l'Union en fonction de leur IDH pour l'année 2014

L'intérêt porté à ce tableau n'est pas lié à la durée de la temporalité choisie, une amélioration certaine d'un Etat de l'union est suffisante pour découvrir les externalités négatives de l'intégration européenne. Ce tableau atteste que quatorze ans durant, seules l'Estonie, la Lituanie, la Pologne et la Roumanie (ayant intégré l'UE en 2004 et 2007) ont connu une très légère amélioration.

Globalement, en 2014, dix ans après leur adhésion, les nouveaux Etats ont perdu en moyenne 3,6% de leur IDH. La Hongrie, le Chypre et le Malte ont battu le record avec une perte respective de 5,8%, 5,1% et 4.6%. Ce qui parait étonnant, ce que ces Etats ont gagné trois places dans l'ordre de classement.

En 2000, contrairement à l'année 2004, quelques Etats (Bulgarie et la Roumanie) qui sont aujourd'hui dans l'Union européenne avaient un IDH inférieur à 0,800. Notons également qu'en termes d'IDH, dix ans après leur adhésion, l'évolution de nouveaux membres de 2004 est totalement négative ou décroissante.

[13] Le rapport du programme des Nations Unies pour le développement de 2006 dans lequel nous avons puisé les informations sur l'IDH de 2004 des Etats européens.

Aussi, la Bulgarie et la Roumanie qui ont intégré l'Union européenne en 2007 ont respectivement perdu 10.9% et 2% de leur IDH en l'espace de sept ans. Le pire est que l'IDH de 2014 de la Bulgarie est de moins de 7.2% que celui de 2000 (quatre ans avant son adhésion). Au fond, nous pouvons dire qu' que l'intégration n'est pas profitable. A côté de cette note générale, il y a lieu d'indiquer la particularité de l'année 2009 (soit cinq ans après l'adhésion dix nouveaux Etats) où l'on a connu la progression de l'IDH de tous les Etats membres de l'UE.

Ainsi, à la question à qui profite l'intégration européenne, nous pourrons dire qu'elle est plus bénéfique aux nouveaux adhérents durant l'année 2009. La Bulgarie et la Roumanie qui ont adhéré en 2007 ont essentiellement bénéficié du progrès des autres Etats de l'union. Il en est de même pour l'Estonie, la Lettonie, le Malte et la Grèce. Cela peut justifier l'une des raisons du refus de la Norvège à intégrer l'union ou l'Islande dans une certaine mesure.

Retenons qu'en 2014, sur les dix, cinq Etats ont amélioré leur rang au sein de l'UE sans améliorer leur IDH durant quatorze ans. L'IDH de 2014 de l'Allemagne (0.911), par exemple, est relativement proche de celui qu'avait l'Espagne ou l'Italie en 2000. L'Irlande qui était première en classement en 2004 a cédé sa place au Pays-Bas, dix ans plus tard.

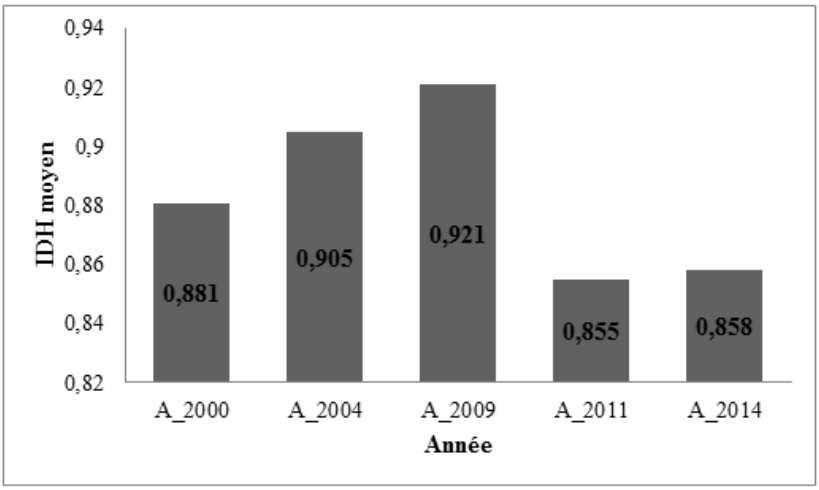


Figure1. Répresentation des moyennes de l'indice du développement humain

La répartitition de ce graphique (Figure 1.) justifie aisément que le développement n'est avantageux pour tous les Etats européens. A partir de l'année 2009, le développement humain européen (Tableau 1) y va décroissant. Autrement dit, aux cinq années de croissance (de 2004 à 2009) correspondent les cinq années de décroissance (de 2009 à 2014) de l'IDH des Etats de l'Union européenne.

3 LES AFFRES INTÉGRATIVES

Plutôt que de voir les Etats en pleine évolution, l'intégration de quelques Etats au sein de l'Union européenne parait comme une sorte d'angoisse si nous nous référons aux tests statistiques pour vérifier le niveau de vie des Etats. Et cela contribue à altérer l'image européen d'intégration.

Pour y arriver, nous avons fait recours au *test t de student* pour comparer la moyenne d'IDH de 2000 et celle de 2014 en vue d'autoriser des interpretations plausibles. Les résultats du test renseigne que, statistiquement, il existe une différence significative entre les deux indices du développement humain au seuil de 5 % (p-value = 0.08036 > 0.05). S'agissant de la moyenne, l'IDH de l'année 2000 est de 0.879, celle de 2014 est de 0.857. Alors que la moyenne de 2014, l'on constate au moins les données sont plus au moins écartées de la mayenne comme indiqué dans le boxplot suivant.

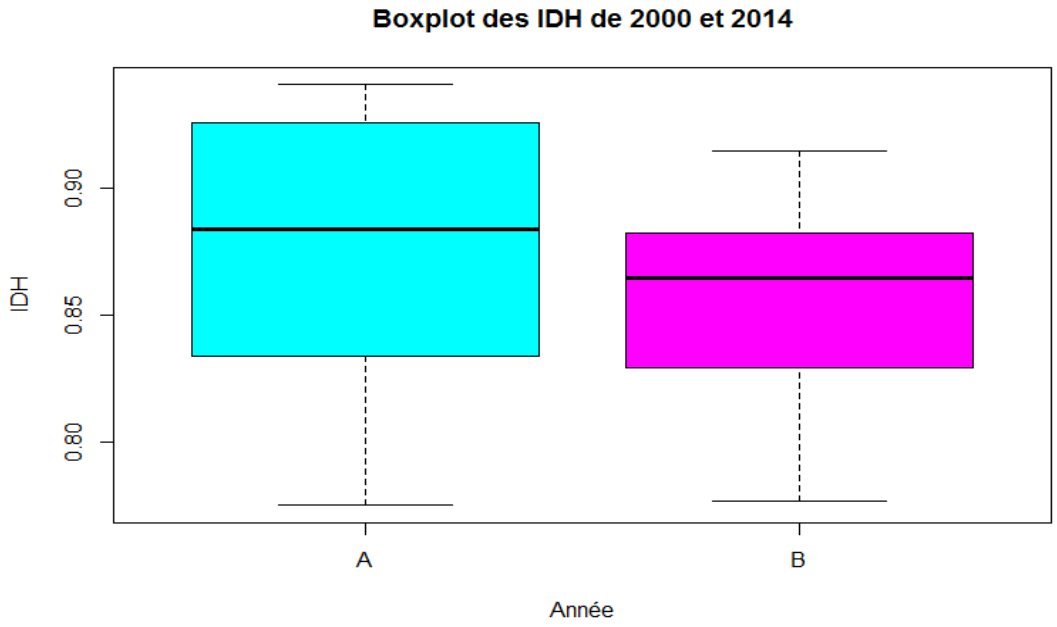


Fig. 2. ***Répresentation graphique de l'indice du développement humain de 2000 à 2014***

A la lumière de cette figure, l'on constate sans ambages qu'en 2014 la Roumanie et la Bulgarie ont ramené l'Union européenne vers le bas ; les IDH des Etats n'etant pas bien répartis autour de la moyenne alors que le contraire a été observé en 2000. Il suffit pour s'en convaincre d'observer l'IDH moyen de vingt-huit Etats (Tableau 1) qui constituent ce que l'on peut désormais appeler Union européenne qui, du reste, était supérieur à la moyenne de leur IDH en 2009 et 2011 sans compter le calvaire des autres années.

4 UNE PROGRESSION HESITANTE ?

Dans cette section, nous voulons répondre à la question à qui profite l'intégration européenne. Le tableau suivant (Tableau 2) nous renseigne sur les analyses à fournir à ce sujet.

Tableau 2. Présentation de cinq meilleurs IDH en 2000 et leur situation en 2014

Pays	**2000**	**R**	**2014**	**R**
Belgique	0.939	2	0.881	9
Finlande	0.93	4	0.879	11
France	0.928	5	0.884	7
Pays-Bas	0.935	3	0.915	1
Suède	0.941	1	0.898	5
Moyenne	**0.930**		**0.891**	

R : Rang de cinq meilleurs Etats en fonction de leur IDH en 2000 et 2014

Au regard de cette présentation (Tableau 2), nous constatons une différence énorme dans l'évolution des cinq meilleurs Etats de l'UE en 2000. Quatorze ans après, la Suède a perdu son rang au profit du pays du Pays-Bas même si tous les deux n'ont pas atteints, comme tous les Etats de l'UE, leur niveau de développement de l'an 2000. Ces deux Etats sont les seuls à avoir maintenu leur emplacement parmi les cinq premiers.

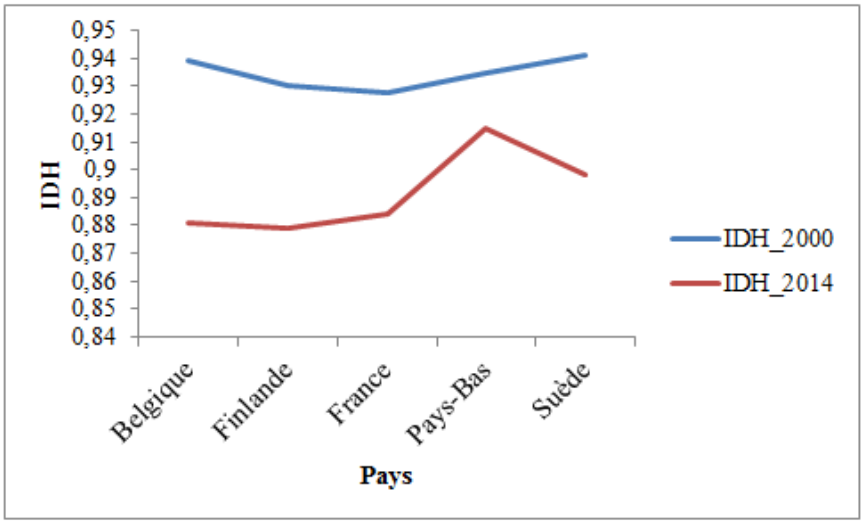


Figure 3. Progression de cinq meilleurs IDH européens de 2000 à 2014

Cette figure démontre que si, en 2014, aucun Etat de l'UE n'a atteint son niveau de développement de 2000, l'on note également que la Belgique, pour sa part, s'est démarquée en altération du niveau de développement avec une perte 0.058 de son IDH. Ainsi, pouvons-nous dire que l'intégration européenne du début 21e siècle vaut plus qu'après l'intégration importante des nouveaux Etats membres. De ce fait, l'Union européenne n'existe que parce que les Etats qui y sont attachés sont conscients de la réduction de la bellicosité qui les animait avant leur intégration le siècle précédent. L'intégration européenne constitue plus au moins le masque des Etats (Tableau 3) ayant un IDH proche des Etats émergeants (avec une moyenne de 0.794 en 2000 et 0.79 en 2014).

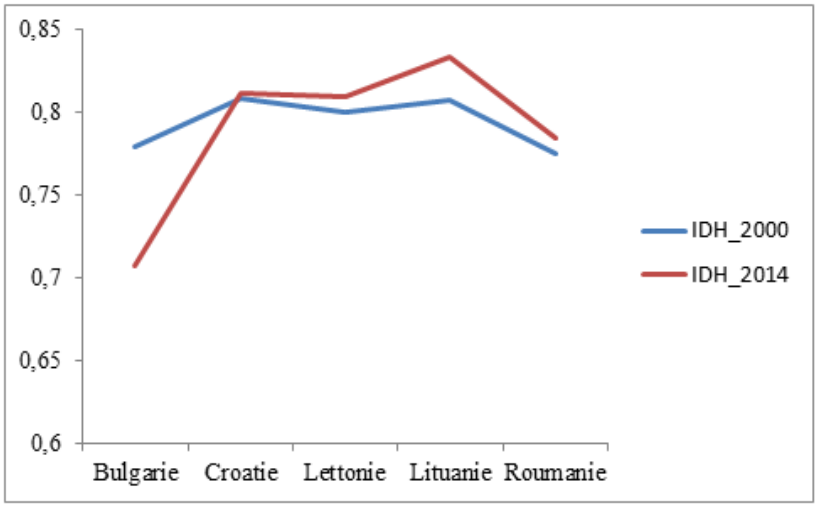


Figure 4. Présentation de cinq derniers IDH en 2000 et leur situation en 2014

Nous savons que la Roumanie et la Bulgarie se sont mal alignés dans le classement européen avec un IDH souvent inférieur à 0.800. Cependant, la quasi-totalité de cinq derniers Etats en termes d'IDH en 2000 ont presque maintenu leur position sur la liste en 2014. Aussi, outre la Bulgarie, leur intégration au sein de l'Union européenne a été bénéfique dans l'amélioration de niveau de vie de leurs populations respectives (Figure 4).

5 CONCLUSION

Dans cet article, il était question d'analyser l'autre versant de l'intégration européenne. L'analyse de cette étude révèle que l'adhésion sequentielle des Etats au sein de l'Union europeéenne est à la base des limites constatées notamment en matière du développement humain. S'il fallait s'en tenir aux simples avantages liés à la pacification de l'Europe, nous aurions tort de considérer que l'Union européenne constitue un modèle impeccable d'intégration. Aussi, s'il est vrai que l'idée première de toute intégration est de façonner la paix par le marché, nous avons constaté qu'il n'en est pas le cas pour l'Unionn européenne.

Ayant considérér près de trois quart de deux décennies du troisième millénaire, l'on ne peut s'empêcher de conclure que l'intégration européenne n'a pas été profitable à la majorité des Etats qui ont adhéré à l'Union européenne avant et après le 21e siècle. Cependant, bien que l'indice du développemet humain constitue un indicateur fondamental d'explication du développement des Etats comparativement au PIB par habitant, il n'en reste pas moins qu'il est aussi émaillé des faiblesses. Pour le cas européen, l'une des faiblesses dans ces statistiques est le fait de considérer le PIB par habibat dans le calcul de l'IDH si bien qu'il est réputé de faible et incapable d'expliquer certaines disparités. Toutefois, les raisons qui freinent le progrès des Etats européens n'ont pas été abordées dans cet article. De ce fait, la prise en compte des autres critères qualitatifs dont les inégalités sociales pour explication plus plausible est encouragée.

REFERENCES

[1] Emmanuelle Bénicourt, Une nouvelle ère pour le développement ?, Tiers Monde, 2006, 186, pp.433-447

[2] Fritz Breuss, « Makroökonomische Auswirkungen der EU-Erweiterung auf alte und neue Mitglieder », *WIFO Monatsberichte*, n° 11, 2001.

[3] Hafner, E. ; Montgomery A. H., « Power positions. International organizations, Social networks and conflict", in Journal of Conflict Resolution, vol. 50, n°1, 2006, pp. 3-27.

[4] Léon Olszewski, Barbara Olszewska, *L'intégration économique européenne et la croissance des nouveaux membres de l'UE,* Université Economique de Wroclaw, Pologne, *s. d.*

[5] Markus Gabel, *Huit nouveaux pays dans l'UE. Quelles conséquences économiques pour l'Allemagne ?,* [En ligne] disponible : https://www.cairn.info/revue-le-courrier-des-pays-de-l-est-2003-1-page-36.htm (2003)

[6] Montesquieu, *De L'esprit des Lois*, 1758

[7] Nissé Nzereka Mughendi, « De la paix mondiale : les limites de l'intégration », in Gaelle Pellon, Michel Liegenois (dir), les Org regionales européennes et la gestion des conflits : vers une régionalisation de la sécurité ?, Bruxelles, P.I.E Peter Lang, 2010, 353p.

[8] Philippe Martin, Thierry Mayer, Mathias Thoenig, *La mondialisation est-elle un facteur de paix?,* Editions de la rue d'Ulm (ENS)/CEPREMAP, 2008.

[9] PNUD, Rapport sur le développement de 2005, 2011 et 2015

[10] Sayer Andrew, « The economic analysis of frontier regions », in Anderson M. (éd.), Frontier regions in Western Europe, London, Frank Cass, 1983.

[11] Sebastien Santader, «Un regard comparatif sur les régionalismes africain et latino-américain » *in* L'Afrique est-elle partie ? Bilan et perspectives de l'intégration africaine, Transformations, Revue Interventions économiques, Mars 2017, p.6.

International Journal of Innovation and Applied Studies
ISSN 2028-9324 Vol. 27 No. 1 Aug. 2019, pp. 106-112
© 2019 Innovative Space of Scientific Research Journals
http://www.ijias.issr-journals.org/

Profil des soins prénatals dans le district sanitaire de l'Equateur en République Démocratique du Congo

[Prenatal care profile in sanitary district of Equateur in Democratic Republic of Congo]

KALAM KAMB[1] and Jacques MUNDA KALENGE[2]

[1]Institut Supérieur de Statistique de Lubumbashi, RD Congo

[2]Institut Supérieur de Statistique de Lubumbashi, Expert en organisation d'enquêtes et traitement des données d'évaluation des projets, RD Congo

Copyright © 2019 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 prenatal consultation is the favorite moment to link the pregnant woman and her family to the existing health system and battle against the infant and women mortality. The Democratic Republic of Congo (DRC) is included among the countries in process of development having the pregnant women mortality rate more higher e.g. 846 by 100000 the living birth. This rate is different either provinces and inter urban and rural environment.
The aim for our descriptive and analytic study is to give the profile of prenatal cares on the sanitary district of Equateur. Our sample provide to the survey of the PARSS-DRC project. We have observed women 15 to 49 years old, living in health district of Equateur province in rural zones delivering in the 12th last month before our survey. The outcomes are obtained by SPSS.20 Software, it's show that : 79% of pregnant women are had the prenatal cares. 27% of pregnant women are had 4 prenatal consultations according WHO prescription. 77% of pregnant women realize that pregnancy is dangerous at pregnant women. 56,6% had been informed during the consultation moments about the signs of pregnancy complications. The logistic model show that the cognitive factors are in favor of the prenatal cares for a pregnant woman.
We assume that the DRC state must stay put the communication network about prenatal cares and the continuous training in favor of health agent and in particular the assist at birth women.

KEYWORDS: Prenatal cares, Pregnancy, Sanitary district, Women mortality, cognitive factor, Without risk maternity, Democratic Republic of Congo (DRC).

RÉSUMÉ: La consultation prénatale est un temps privilégié pour rapprocher la femme enceinte ainsi que sa famille au système de santé existant et de lutter contre la mortalité maternelle et infantile. La République Démocratique du Congo est l'un parmi les pays en voie de développement, ayant un taux de mortalité maternelle plus élevé, 846 pour 100000 naissances vivantes. Ce taux diffère selon les provinces et entre les milieux urbains et les milieux ruraux.
Notre étude descriptive et analytique a pour objet de donner le profil des soins prénatals dans le district sanitaire de l'Equateur. Notre échantillon, nous l'avons tiré des données de l'enquête menée par le projet PARSS/RDC. Les individus observés sont des femmes de 15 à 49 ans, du district de santé de l'Equateur, vivant dans les zones de santé rurales sélectionnées et ayant accouché sur la période de 12 mois avant l'enquête. Les résultats montrent que 79% des femmes retenues avaient reçu les soins prénatals. 27% ont eu au moins 4 consultations prénatales comme prescrit par l'OMS. 77% sont conscientes que la grossesse constitue un danger pour la femme enceinte. 56,6% avaient été renseignées, lors des consultations, sur les signes de complication de la grossesse. Le modèle d'ajustement montre que les facteurs cognitifs favorisent le choix pour des soins prénatals chez une femme enceinte.
Nous estimons que l'Etat Congolais doit mettre en place des réseaux communautaires de vulgarisation de l'information sur les soins prénatals et organiser des formations continues en faveur du personnel de santé, surtout les accoucheuses.

MOTS-CLEFS: Soins prénatals, grossesse, District sanitaire, mortalité maternelle, facteur cognitif, maternité sans risque, République Démocratique du Congo.

1 INTRODUCTION

Une grossesse bien suivie du début jusqu'à l'accouchement, avec des soins appropriés, une prévention efficace contre toute forme d'infection est un gage d'une meilleure santé de la mère et de son bébé à naitre [1]. La consultation prénatale offre une grande opportunité pour suivre la santé de la mère et de l'enfant en son sein, cette prise en charge de la mère à travers le service de Consultation prénatale (CPN ou CPNR aujourd'hui) permet du point de vue psychologique et comportemental de rapprocher la femme et sa famille au système de santé existant [2]. Du point de vue de la santé publique, la CPN est un moment privilégié pour prévenir certaines maladies, informer la femme sur les éventuels risques liés à la grossesse et faire certains tests nécessaires au dépistage des maladies à risque pour elle-même et pour son enfant pendant la grossesse [6] (la prévention contre la transmission mère-enfant du VIH, HTA, diabète, IST, …) ; une occasion pour établir avec la parturiente son plan d'accouchement [3]. En termes de mortalité et de morbidité, la consultation prénatale aide à atteindre l'objectif d'une maternité sans risque, sinon de diminuer sensiblement le risque pendant la grossesse et aussi pendant l'accouchement. Par exemple le risque de transmission du virus de la mère à l'enfant (PTME/VIH). Le risque de mortalité maternelle (RMM), le taux d'accouchement non assisté par un personnel qualifié, le taux de morbidité, taux de mortalité néo-natale (TMNN), s'en trouvent généralement diminués [4,5]

Au-delà des différences d'approche dans le calcul du taux de mortalité maternelle, surtout dans les pays en développement où se pose véritablement le problème de la disponibilité des statistiques fiables et complètes [6], nous pouvons néanmoins donner quelques statistiques disponibles pour avoir l'idée de ce que représente la santé maternelle à travers le monde et la République Démocratique du Congo (RDC) en particulier.

- A travers le monde 830 femmes environ meurent chaque jour de causes évitables liées à la grossesse et à l'accouchement [7].
- 99% de tous les décès maternels surviennent dans des pays en développement, marquant la forte disparité d'accès au système de santé entre les pays riches et les pays pauvres, mieux l'inégalité d'accès au système de santé entre les riches et les pauvres, que ceci soit considéré entre Pays ou à l'intérieur d'un même pays.
- La mortalité maternelle est plus élevée en milieu rural.
- Selon ATLAS Partie 1, concernant la République Démocratique du Congo [8], le taux de mortalité maternelle de la RDC est de 846 pour 100 000 naissances vivantes.
- Les femmes enceintes ayant eu des CPN par un prestataire formé représentent 86% en milieu rural et 94% en milieu urbain.
- Les femmes dont l'accouchement est assisté par un personnel formé représentent 74,1% en milieu rural contre 93,7% en milieu urbain.
- La province de l'Équateur et la province du Katanga ont un taux d'accouchements non assisté par un prestataire formé plus élevé (36%).
- Dans la division provinciale de la santé de l'Équateur, 89,1% des femmes avaient reçu des soins prénatals par un prestataire formé, pour une moyenne nationale de 88%.
- Seules 51,6% des femmes enceintes de la division provinciale de la santé de l'Équateur avaient été informées des signes de complication de la grossesse.

Ces statistiques montrent qu'en République Démocratique du Congo l'accès au système de soin de santé pour la mère différente selon les provinces et selon le milieu de résidence (milieu rural et urbain).

2 OBJECTIFS

2.1 OBJECTIF PRINCIPAL

Améliorer la santé de la reproduction de la femme rurale vivant dans le district sanitaire de l'Équateur en RDC.

2.2 OBJECTIFS SPÉCIFIQUES

- Évaluer l'effectivité des soins prénatals en faveur de la femme enceinte rurale, vivant dans le district sanitaire de l'Équateur/RDC.
- Dégager les facteurs associés au choix des soins prénatals et leur importance.

3 MATÉRIELS ET MÉTHODE

Les données faisant objet de cette étude ont été collectées du 16 janvier au 16 février 2014, par le Projet d'Appui à la Réhabilitation des Structures de Santé (PARSS. II). Nous avons retenu les informations en rapport avec les grossesses, accouchements, soins pré et postnatals dans le district sanitaire de l'Equateur. Seules les femmes qui avaient accouché au cours des douze mois avant l'enquête sont retenues dans notre étude, soit un échantillon de 257 femmes de 15 à 49 ans.

3.1 TYPE D'ÉTUDE

Nous avons fait une étude transversale descriptive et analytique.

3.2 ANALYSES STATISTIQUES

La variable « suivi des consultations prénatales », codé sous deux modalités (oui et non) est la principale dans cette étude, nous cherchons à l'expliquer en fonction des autres variables considérées comme exogènes. Nous avons considéré, par ailleurs que les mesures préventives pour une maternité sans risque sont intégrées dans les soins prénatals, aussi pour mettre en évidence les facteurs pouvant favoriser le choix des consultations prénatales, nous avons pris en compte les variables telles : le plus haut niveau d'étude, l'état matrimonial de la femme enceinte, l'âge de la femme catégorisé en trois groupes : l'âge inférieur à vingt ans, l'âge entre vingt et trente-cinq ans et l'âge supérieur à trente-cinq ans [9]. Nous considérons que les femmes ayant l'âge inférieur à 20 ans sont précoces et ont des risques plus élevés de connaitre des complications de grossesse. Celles dont l'âge est supérieur à 35 ans sont placées parmi des cas de grossesses tardives et sont sujettes à beaucoup des complications [1].

Pour faire ressortir la liaison entre la variable principale et les autres variables exogènes, nous avons fait recours à la régression logistique. Le test de Hosmer et Lemeshow a permis d'apprécier la signification du modèle de l'ajustement, les OR ont été présentés, de même que leurs Intervalle de Confiance à 95% (IC95%). Pour les différentes analyses statistiques, nous avons utilisé le logiciel de traitement des données statistiques SPSS.20.

4 RESULTATS

L'analyse statistique univariée des variables retenues nous permet de condenser les résultats obtenus dans le tableau I suivant :

Tableau 1. Caractéristiques des femmes enquêtées en rapport avec les soins prénatals

	Effectif	Pourcentage (%)	Total enquêtées	Cible 2015
Femmes ayant reçu des soins prénataux	203	79,0	257	95%
Personne consultée au cours de la grossesse			203	95%
Médecin	22	10,8		
Infirmier	155	76,4		
Accoucheuse	25	12,3		
Agent de santé	1	0,5		
Grossesse, un danger pour la vie de la femme	197	77,0	257	95%
Nombre de consultations ≥ 4	55	27,0	203	95%
Connaissance des facteurs prédéterminant les risques majeurs			257	95%
Grossesse trop précoce	200	77,8		
Grossesses trop rapprochées	153	59,5		
Grossesse trop tardives	187	72,8		
Grossesses trop nombreuses	188	73,2		
Avoir été renseignée sur les signes de complication de la grossesse, lors de CPN	115	56,6	203	95%
Appréciation du coût des soins de consultation prénatale			203	
Acceptable	72	37,8		
Moins cher	16	7,8		
Relativement cher	36	17,5		
Très cher	75	36,4		
Prise de médicament pour la prévention contre le paludisme	121	47,1	257	
Avoir reçu le traitement présomptif intermittent à la SP/fansidar	106	41,2	257	
Personne ayant assistée lors de l'accouchement			257	
Professionnel de santé qualifié	196	76,2		
Après la naissance, avoir reçu l'examen d'un professionnel de santé ou accoucheuse	49	19,1	257	

Le tableau ci-dessus nous renseigne sur les faits suivants :

- Parmi les 257 femmes ayant accouchées au cours de 12 derniers mois, avant l'enquête, 203 femmes soit 79% avaient reçu des soins prénatals; et toutes avaient consulté un personnel de santé qualifié.
- 27% ont eu au moins 4 consultations prénatales, 23,7% avaient commencé leurs soins prénatals au premier trimestre de leur grossesse comme recommandé par l'OMS.
- 77% des femmes enquêtées sont conscientes que la grossesse constitue un danger pour la vie de la femme.
- Lors des consultations prénatales, seules 56,6% des femmes avaient été renseigné sur les signes de complication de la grossesse.
- 59% connaissent que les grossesses trop rapprochées constituent un facteur prédéterminant les risques majeurs de santé pour la femme.
- Seules 45,6% estiment que le coût des soins de consultation prénatale sont abordables (moins cher ou acceptable).
- En matière de prévention contre le paludisme, 47,1% des femmes déclarent avoir pris, pendant leur grossesse, un médicament contre le paludisme et 41,2% ont pris effectivement le traitement présomptif intermittent (TPI) à la sulfadoxine-pyriméthamine (SP), administrée au cours des consultations prénatales
- 76,2% se sont accouchées avec l'assistance d'un professionnel de la santé qualifié.
- 67% des femmes se sont accouchées dans les structures de santé publique, et particulièrement dans des centres de santé.
- Pour ce qui concerne les consultations post-natales, seules 19,1% ont reçu un examen après naissance, pendant la période post-partum.

Nous avons en plus recherché les facteurs pouvant être en association ou favorisant l'accès réel des femmes aux soins prénatals. Les soins prénatals de santé fait partie du système générale de soins de santé d'un pays ; l'utilisation des soins de santé est influencée par plusieurs déterminants dont les facteurs sociodémographiques, les facteurs économiques et les facteurs liés à l'organisation des soins. Le tableau II ci-dessous donne les résultats obtenus.

Tableau 2. Caractéristiques des femmes en rapport avec les soins prénatals

	Suivre les soins prénatals					
	Oui	%	Non	%	P	OR (IC)
Grossesse un danger pour la femme					.000	
Oui	191	97	6	3		124,6(44,4-349,4)
Non	12	20	47	80		
Haut niveau d'étude					.013	
aucun	26	65	14	35		
Primaire	56	74	20	26		
secondaire	114	85	20	15		
supérieur	7	100	0	0		
Etat matrimonial					.769	
Mariée	137	78	39	22		
Vit avec un homme	38	83	8	17		
Non mariée	28	80	7	20		
Age					.08	
≤ 19 ans	19	79	5	21		
20 à 35 ans	148	82	32	18		
> 35ans	36	68	17	32		
Facteurs prédéterminant des complications						
Trop précoces					.000	
oui	127	96	5	4		16,0(6,1-42,1)
non	76	61	48	39		
Trop rapprochées					.000	
oui	134	96	5	4		18,6 (7,0-48,9)
non	69	59	48	41		
Trop tardives					.000	
oui	131	96	6	4		14,2(5,8-34,9)
non	72	61	47	39		
Trop nombreuses					.000	
oui	134	96	5	4		18,6 (7,0-48,9)
non	69	59	48	41		
Consultation post partum (CPoN)					.000	
oui	47	96	2	4		7,8 (1,8-33,3)
non	156	75	52	25		

Ces résultats (Tableau II) montrent que la connaissance chez une femme, du danger que peut présenter une grossesse pour la vie de la femme, est en association avec le fait de suivre les soins prénatals. En effet l'association entre les deux variables est statistiquement significative ($p < 001$), la chance de suivre les soins prénatals est 124,6 fois plus grande chez les femmes qui ont la connaissance sur le danger que présente une grossesse. (OR=124,6). Il en est de même de la connaissance des facteurs prédéterminant le risque de complication de la grossesse ($p < 001$), en l'occurrence les 4 trop, à savoir : grossesses trop précoces, trop rapprochées, trop tardives et grossesses trop nombreuses avec respectivement les OR = 16,0 ; 18,6 ; 14,2 et 18,6. ($P < 001$).

Il existe aussi une association statistiquement significative entre le fait de suivre les soins prénatals et celui de recevoir les soins post-partum ($p < 001$), les femmes ayant suivis la CPN ont 7,83 fois plus de chance de recevoir les soins post partum.

Tableau 3. Ajustement des variables susceptibles d'influer sur les soins prénatals.

Variables dans l'équation					
	A	p	Exp(B)	IC pour Exp(B) 95%	
				Inférieur	Supérieur
La grossesse un danger	-4,633	,000	,010	,003	,032
Les grossesses tardives un risque	-1,638	,006	,194	,060	,632
Age		,126			
Age < 20 ans	-1,505	,139	,222	,030	1,633
Age entre 20 et 35ans	-1,440	,046	,237	,058	,975

La régression logistique donne un modèle statistiquement significatif, en utilisant le test de Hosmer-Lemeshow ($p < 001$) et par ailleurs le pourcentage global de classement correct est de 96,5%. Les facteurs significatifs retenus dans le modèle sont : le fait pour une femme de savoir que la grossesse est un danger, le fait pour la femme de savoir qu'une grossesse tardive prédispose au risque et l'âge de la femme. Les OR montrent (tableau III) que le refus de suivre les soins prénatals est faible pour les femmes appartenant aux catégories précitées. L'âge de moins de 20 ans retenu dans le modèle n'est cependant pas statistiquement significatif.

5 DISCUSSION

Pour apprécier les différents résultats de nos analyses, nous nous sommes servis des cibles fixées dans le programme national de la santé 2011-2015 (PNDS 2011-2015) [10]. Nous reconnaissons toute fois, comme signalé dans le PNDS 2016-2020, que le PNDS 2011-2015 n'avait pas été mis en application à cause de l'insuffisance des moyens financiers [11] . Notre intention n'est donc pas celui de faire l'évaluation du PNDS 2011-2015.

Dans le district sanitaire de l'Équateur, particulièrement dans les centres de santé ruraux pris dans notre échantillon, 79% des femmes qui s'étaient accouchées durant la période de 12 mois avant l'enquête avaient suivi les soins prénatals, un peu moins que la proportion donnée par l'EDS 2013-2014 pour toute la province de l'Équateur[12] et moins de 95%, cible fixée par PNDS 2011-2015.

Si nous estimons que le droit à la santé, qui comprend la prise en charge des malades, la prévention et la sensibilisation de tous à la bonne santé, est lié à d'autres droits humains fondamentaux, il est donc de droit que toutes les femmes enceintes (100%) devaient être sensibilisées sur le bien fondé des soins prénatals, et avoir toutes les bonnes informations y relatifs[1]. Nos résultats montrent cependant que seules 56,6% des femmes enquêtées avaient été renseignée sur les signes de complications de la grossesse lors de leur passage à la CPN. Cette proportion correspond à celle obtenue par l'EDS 2013-2014 pour toute la province de l'Équateur (56,4%). Ce constat nous fait aussi penser à la qualité de l'enseignement reçu par le personnel de santé, à l'existence d'un cadre de formation continue pour les agents et aussi à la motivation du personnel qui est en fonction.

97% des femmes ayant suivi les soins prénatals sont conscients du danger que peut présenter une grossesse ($p<0,001$); ce résultat est en accord avec d'autres recherches qui soulignent que le recours aux soins prénatals est lié à la perception, pour la femme enceinte de son état de santé et/ou des antécédents sur les grossesses antérieures [13,14].

Le facteur financier est aussi à la base d'une faible fréquentation des services de CPN, en effet 45,6% des femmes interrogées estiment soit que le coût de CPN est acceptable (37,8%), soit qu'il est moins cher (7,8%). Dans l'EDS 2013-2014, il est signalé que 97,8% des femmes de la province de l'Équateur ne disposent d'aucune assurance médicale, une situation plutôt générale en République Démocratique du Congo. En effet, plus d'une personne sur deux vivent avec moins de 1$ Américain par jour[15] et 40% des dépenses de santé sont à la charge des ménages qui les payent de manière directe à 93,7%[16].

Plusieurs facteurs peuvent influencer le choix, chez une femme enceinte, de suivre les soins prénatals. Le modèle de régression logistique utilisé dans notre analyse a retenu quelques variables de type essentiellement cognitif telles : la connaissance du fait que la grossesse représente un danger pour la femme ($p<0,001$), la grossesse tardive prédispose au risque chez la femme enceinte ($p<0,05$). Une femme enceinte qui perçoit qu'une grossesse est un danger pour la femme a 4 fois moins de chance de ne pas suivre la consultation prénatale.

Un très faible taux de suivi de consultation postnatal 19,1% a été observé, (l'EDS 2013-2014 signale que 68,7% de femmes n'avaient pas reçues des soins postnatals dans toute la province de l'Équateur). Notons, cependant qu'il existe une association statistiquement significative entre le fait de suivre la consultation postnatale et la connaissance chez la femme enceinte du danger que présente une grossesse. Cette liaison témoigne de l'importance qu'il y a à donner à la population, une information et une bonne éducation à la santé par les personnels de santé bien-formés.

Pour la prévention contre le paludisme par un traitement préventif intermittent(TPI), le pourcentage observé 41,2% semble bien meilleur que celui donné par l'EDS 2013-2014, 29,4% pour toute la province de l'Équateur.

6 CONCLUSION

La République Démocratique du Congo est l'un parmi les pays du monde où la mortalité maternelle est plus élevée (846 pour 100000 naissances vivantes). Selon l'EDS 2013-2014, la province de l'Equateur a un taux de mortalité néonatale de l'ordre de 65 pour 1000 naissances vivantes.

Les soins prénatals constituent un cadre privilégié pour prévenir et lutter contre la mortalité maternelle et infantile. Malheureusement plusieurs femmes et particulièrement des femmes enceintes ne recourent pas aux soins prénatals pendant leurs grossesses. Le système sanitaire de la RDC souffre de manque important des moyens financiers pour soutenir sa politique en matière de soins de santé. Le secteur privé à but lucratif a pris le dessus sur le secteur public, créant un système de santé à deux vitesses, un système pour les riches et un autre pour les pauvres. Ce fait est très remarquable surtout dans les centres urbains. Dans les centres ruraux où le secteur privé ne trouve pas d'intérêts financiers, les structures sanitaires publiques qui fonctionnent sont dépourvues de toutes ressources nécessaires à la prise en charge des malades et la prévention des maladies, elles disposent d'un personnel totalement démotivé et de qualité généralement faible.

Notre étude a pour objectif principal d'évaluer l'effectivité des soins prénatals en faveur de la femme enceinte rurale, vivant dans le district sanitaire de l'Équateur/RDC.

Les résultats de l'analyse montrent 4 femmes enceintes sur 5 considérées dans notre échantillon ont suivi les soins prénatals au moins une fois. Seules 3 femmes sur 10 ont eu au moins 4 consultations prénatales tel que prescrit par l'OMS. 2 femmes sur 5 ont reçu au moins une fois un traitement présomptif intermittent à la SP/Fansidar.

L'analyse montre essentiellement que la connaissance du danger que présente la grossesse et/ou des facteurs prédisposant au risque pendant la grossesse influence positivement, chez la femme enceinte du district sanitaire de l'Equateur, le choix des soins prénatals.

Nous pensons que la bonne formation des accoucheuses et autres personnels de santé, un bon encadrement des femmes, la meilleure information sur les risques d'une grossesse, permettraient d'améliorer sensiblement le recours aux soins prénatals dans le milieu rural.

REFERENCES

[1] UNICEF, OMS, UNESCO, FNUAP, PNUD, ONUSIDA, PAM, BANQUE MONDIALE : *Savoir pour sauver*, 4e édition, 2010, disponible en ligne sur www.factsforlifeglobal.org

[2] OMS. *Recommandations de l'OMS concernant les soins prénatals pour que la grossesse soit une expérience positive*. 2017 ; disponible en ligne sur http://www.who.int/iris/bitstream/

[3] Sophie Alexander, Anne-Francoise Bouvy, Frederic Debieve, Pierre Delvoye, Christine Kirkpatrick, Veronique Masson : *Guide de consultation prénatale,* Une collaboration de l'Office de la Naissance et de l'Enfance et du Groupement des Gynécologues de Langue Française de Belgique, édition Deboeck, disponible sur www.deboeck.com

[4] Vincent DB, Lerberghe WV. *Réduire le risque de la maternité : stratégies et évidences scientifiques,* disponible sur http://www.itg.be/itg/GeneralSite/InfServices/Downloads/shsop18.pdf

[5] OMS, BUREAU REGIONAL DE L'AFRIQUE. *Réduire la mortalité maternelle : un défi pour le 21ème siècle,* disponible sur http://www.afro.who.int/index.php?option=com_docman&task=doc_download&gid=913&Itemid=2111

[6] Vincent DE BROUWERE. IRIS, *la réduction de la mortalité maternelle dans les pays en développement, un enjeu de société,* 2017, disponible sur www.iris-france.org/wp-content/.../2017/.../observatoire-santé-mars-17-Debrouwere.p

[7] OMS. *Mortalité maternelle*. 2018, disponible sur www.who.int/fr/news-room/maternal-mortality

[8] Unicef. *Analyse compilée des principaux indicateurs de la santé*. 2016. Disponible en ligne sur https ://www.unicef.org/…/partie1_Atlas_Santé_analyse_compilée_des_principaux_indicateurs_de_la_santé
[9] Ministère de la santé publique/PARSS-RDC, l'enquête des formations sanitaires et des ménages, *rapport final*, 2014.
[10] Ministère de santé publique/RDC, *Plan National de Développement Sanitaire (PNDS) 2011-2015.* 2011
[11] Ministère de santé publique/RDC, *Plan National de Développement Sanitaire (PNDS)* 2016-2020. 2016
[12] République Démocratique du Congo, *Deuxième enquête démographique et de santé, EDS-RDC II 2013-2014*, 201
[13] Marietou Niang, *le non-recours aux services de soins prénatals: expériences de femmes vivant dans la commune rurale de Kokologho au Burkina Faso*, CANADA, 2014
[14] Emmanuel N. Nzau, Nelly M. Dikamba, *Niveau de connaissance des signes de danger de décès maternel et facteurs associés chez les gestantes à Kinshasa*. Ecole de santé publique de Kinshasa. Disponible en ligne sur : https://espkinshasa.net/niveau-de-connaissance...
[15] Ministère du Plan, "Document de Stratégie de Croissance et de Réduction de la Pauvreté – DSCRP 2 2011-2015 ", *Rapport du FMI* No. 13/226.
[16] J. Manzambi Kiwekita, *comment alléger la charge des ménages dans le financement de la santé dans les pays du Sud : résultats des CNS en RD Congo.* Université de Liège, 2014

International Journal of Innovation and Applied Studies
ISSN 2028-9324 Vol. 27 No. 1 Aug. 2019, pp. 113-121
© 2019 Innovative Space of Scientific Research Journals
http://www.ijias.issr-journals.org/

Etude des peuplements ligneux à *Sterculia setigera* (Del.) des terroirs de Malam Niani et Daoudi (Tambacounda, Sénégal)

[*Sterculia setigera* (Del.) woody formations study in the Malam Niani and Daoudi areas (Tambacounbda, Senegal)]

Mamoudou Abdoul TOURE[1], Elhadji FAYE[2], Babacar KANE[3], Daouda NGOM[4], Samba Arona Ndiaye SAMBA[5], and Yaye Kène GASSAMA[6]

[1]Centre de Recherches Zootechniques de Dahra Djoloff, Institut Sénégalais de Recherches Agricoles, BP. 3120, Senegal

[2]Institut Supérieur de Formation Agricole et Rurale (ISFAR), Université de Thiès, BP. 54 - Bambey, Senegal

[3]Laboratoire d'Agroforesterie et d'Ecologie (LAFE) – Département d'Agroforesterie, UFR ST, Université Assane SECK de Ziguinchor, BP. 523 - Ziguinchor, Senegal

[4]Département Biologie Végétale, Université Cheikh Anta Diop de Dakar (UCAD), BP. 5005 – Dakar, Senegal

[5]Ecole Nationale Supérieure Agricole (ENSA), Université de Thiès, BP 967, Thiès, Senegal

[6]Professeur Titulaire (CAMES), Senegal

Copyright © 2019 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: *S. setigera* is a "*mbep* ou *mbepp*" gum producing species requested on the national and international market. Its population is poorly known and its dynamics uncontrolled. This study aims to characterize the current status of woody vegetation particularly *S. setigera* in Malem Niani and Daoudi, Tambacounda, Senegal. The sampling was stratified according to the different vegetation units. In each unit, transects were implemented. Along each transect, 900 m² samples were made with an equidistance of 50 m. The floristic analysis revealed 30 species diversity. Combretaceae family is the richest one. Detrended Correspondence Analysis (DCA) shows woody vegetation heterogeneity through evidence of four floristic groups with a large presence of *S. setigera*. Woody stems distribution inside groups according to height and diameter is similar in both sites while *S. setigera* distribution shows occurrence of large diameters in Malem Niani and Daoudi. This study evidences species diversity in both sites. Among these species, economic and social interest ones like *S. setigera* as a real forest resource and ecological importance taxa were met. Therefore, this study contributes to a better knowledge of *S. setigera* populations' status in Tambacounda and should help for their upcoming management.

KEYWORDS: Woody stock, *Sterculia setigera*, Characterization, Malem Niani, Daoudi, Tambacounda**.**

RÉSUMÉ: *S. setigera* est une espèce productrice de gomme "*mbep ou mbepp*" demandée sur le marché national et international. Sa population est mal connue et sa dynamique non maîtrisée. Cette étude se propose de caractériser l'état actuel des peuplements ligneux en général et en particulier celui de *S. setigera* des sites de Malem Niani et Daoudi, dans la région de Tambacounda, au Sénégal. L'échantillonnage a été stratifié suivant les différentes unités de végétations identifiées. Dans chaque unité, des transects ont été installés. Le long de chaque transect, des relevés de 900 m² ont été réalisés avec une équidistance de 50 m. L'analyse floristique a révélé une richesse de 30 espèces. La famille des *Combretaceae* est la mieux représentée. L'analyse factorielle des correspondances redressée montre une hétérogénéité des peuplements ligneux. Elle a

Corresponding Author: Elhadji FAYE

révélé l'existence de quatre groupements végétaux avec une importante présence de *Sterculia setigera.* La distribution du peuplement ligneux des groupements selon la hauteur et le diamètre est similaire à travers les deux sites. Quant à la répartition des arbres de *Sterculia setigera,* l'analyse de la structure verticale et horizontale, révèle la présence d'individus de grandes tailles et de gros diamètres aussi bien à Malem Niani qu'à Daoudi. Cette étude révèle ainsi une diversité d'espèces dans les deux sites. Parmi ces espèces, figurent celles d'intérêts économique et social, à l'instar de *S. setigera,* véritable ressource forestière à importance écologique. Par conséquent, cette étude contribue à une meilleure connaissance de l'état actuel des populations de *S. setigera* dans la zone de Tambacounda et pourrait dans le futur favoriser leur aménagement.

MOTS-CLEFS: Peuplement ligneux, *Sterculia setigera,* Caractérisation, Malem Niani, Daoudi, Tambacounda.

1 INTRODUCTION

Les espèces ligneuses locales ont une importance dans la vie des populations rurales [1]. Il est admis aujourd'hui que les connaissances, usages et priorités locales doivent être considérés dans les politiques de conservation durable des ressources naturelles [2]. Cependant, de nombreuses espèces ligneuses sont menacées de disparition [3] à cause de la dégradation de leur milieu naturel. Cette situation a eu comme conséquences entre autres la réduction de la densité de végétation dans les systèmes cultivés, la fragmentation et la réduction de la superficie des forêts [4]. Vue l'importance alimentaire et médicinale des espèces ligneuses, compte tenu de la forte pression humaine exercée sur elles en zones sahélienne et soudanienne et la raréfaction des ressources qui en résulte, un besoin de conservation s'impose [5]. L'objectif de cette étude est de caractériser l'état actuel des peuplements ligneux en général et en particulier celui de *S. setigera* au niveau des sites de Malem Niani et Daoudi, dans la région de Tambacounda, au Sénégal. Il s'agissait dans ces deux sites, d'identifier les groupements végétaux, d'établir leurs structures et d'apprécier la place de *S. setigera* dans ces groupements.

2 MATERIEL ET METHODES

Milieu d'étude : l'étude a été effectuée dans le Sénégal oriental précisément dans la région de Tambacounda (13°18'36''N, 12°49'48''O), dans les sites de Malem Niani et Daoudi. Ces deux sites produisent la quasi-totalité de la gomme « *mbep* » de la région. Le climat tropical sec, de type Sahélo-Soudanien avec deux saisons (sèche et pluvieuse), place la région entre les isohyètes 400 et 1 200 mm.

Relevé de végétation : pour étudier la végétation ligneuse, un inventaire stratifié selon les 6 unités de végétation identifiées dans les deux sites et décrites dans le Tableau 1 a été effectué.

Tableau 1. Description des unités de végétation

Unités de végétation	Formations végétales	Caractéristiques écologiques principales
Forêt *Paniates*	Savane à *Sterculia setigera, Lannea acida, Grewia bicolor, Combretum micranthum*	Sol limoneux argileux, lourd et gris
Niakoy	Savane à *Sterculia setigera, Bombax costatum, Combretum glutinosum*	Sol limoneux argileux, lourd et gris
Saré Baamol	Savane à *Combretum glutinosum, Guiera senegalensis, Acacia machrostachya, Sterculia setigera*	Sol argileux limoneux, gris avec des zones cuirassées et non cuirassées
Rotoxydalla	Savane à *Combretum glutinosum, Cordyla pinnata*	Zone de marre avec sol limoneux argileux avec gravillon et cuirassés
Djibydalla	Savane à *Combtretum glutinosum*	Zone de marre avec sol argilo-limoneux, gris sans cuirasse et avec cuirasse
Kamidalla	Savane à *Grewia bicolor, Combretum glutinosum, Acacia machrostachya*	Sol argileux, lourd et gris

Dans chaque unité de végétation, des transects ont été installés. Le long de chaque transect, des relevés de 30 x 30 m ont été réalisés avec une équidistance de 50 m. Les ligneux présents dans les placettes ont été répertoriés et mesurés. Les mensurations ont porté sur la hauteur et le diamètre à hauteur de poitrine. Ainsi, 33 relevés ont été réalisés. Pour la

délimitation des parcelles avec la méthode du 3 – 4 – 5 basée sur le théorème de Pythagore, des jalons ont été utilisés. Les espèces ont été identifiées à l'aide de la flore illustrée [6].

TRAITEMENT DES DONNÉES

La végétation ligneuse : les données provenant des relevés de végétation ont été traitées à l'aide du tableur Excel et du logiciel CANOCO 4.5 [7]. Ces données ont été soumises à une analyse factorielle des correspondances redressée (DCA).

Indice de similarité : les indices de similarité sont utilisés pour des données binaires présence/absence ou réponse positive/négative. Le coefficient de Sorensen mesure l'existence de la communauté entre deux groupements floristiques. Il est calculé par la relation : Cs=2a/ (2a+b+c) où (a) représente le nombre d'espèce communes aux deux groupements A et B ; (b) le nombre d'espèces propres au groupement A et (c) le nombre d'espèces propres au groupement B.

Lorsque la valeur du coefficient est supérieure à 0,5, on considère qu'il y a une grande similarité entre les deux groupements comparés, on dit alors qu'il existe une communauté entre eux [8].

Indice de diversité : l'indice de diversité considéré ici est celui de Shannon-Weaver qui est le plus couramment utilisé dans la littérature. Il est basé sur la relation : $H' = - \Sigma\ pi\ Log_2\ pi$ où pi est la fréquence de l'espèce i ; H' est minimal (égal à 0) si tous les individus du peuplement appartiennent à une seule et même espèce ; H' est maximal quand tous les individus sont répartis d'une façon égale à toutes les espèces [9]. Cet indice est utilisé pour calculer la diversité des groupes comparativement à la diversité maximale (H_{max}) qui est le logarithme à base 2 du nombre d'espèces (S) ; $H_{max} = Log_2(S)$. Il est souvent accompagné de l'indice d'équitabilité ou R [10], appelé également indice d'équirépartition ou encore régularité, qui représente le rapport de H' sur H_{max} dans le peuplement : $R = H'/H_{max}$. C'est le degré de réalisation de la diversité maximale [7].

3 RESULTATS

Diversité globale de la flore : la flore inventoriée dans les deux sites, est riche de 30 espèces réparties en 26 genres et 16 familles (Tableau 2). On note la prédominance des *Combretaceae*, des *Caesalpinioideae* et des *Mimosoideae* du point de vue genre et espèce.

Tableau 2. Distribution des espèces aux différentes familles et aux différents groupements (G1, 2, 3 et 4 représentent les groupements 1, 2, 3 et 4)

Espéces	Groupements	Familles	Genres
Acacia ataxacantha DC	G2	*Mimosoideae*	Acacia
Acacia macrostachya Rchb. Ex DC.	G1, G2, G3, G4	*Mimosoideae*	Acacia
Adansonia digitata L.	G3	*Bombacaceae*	Adansonia
Adenium obesum (Forsk.) Roem. et SC.	G2, G3	*Cesalpinioideae*	Adenium
Anogeissus leiocarpus (DC.) G. et Perr	G4	*Combretaceae*	anogeissus
Asparagus africanus Lam.	G3	*Liliaceae*	Asparagus
Bombax costatum Pell & Vuill	G2, G3, G4	*Bombacaceae*	Bombax
Capparis tomentosa Lam.	G3	*Capparaceae*	Capparis
Cassia nigricans Vahl.	G3, G4	*Cesalpinioideae*	Cassia
Combretum ghasalense Engl. & ls	G3	*Combretaceae*	Combretum
Combretum glutinosum Perrot. Ex DC	G1, G2, G3, G4	*Combretaceae*	Combretum
Combretum micranthum G. Don.	G3, G4	*Combretaceae*	Combretum
Commiphora africana (A.Rich.) Engl	G1	*Burseraceae*	Commiphora
Cordyla pinnata (Lepr.) Miln-Red.	G1, G2, G3, G4	*Cesalpinioideae*	Cordyla
Dialium guineense Willd.	G4	*Cesalpinioideae*	Dialium
Dichrostachys glomerata (Forsk.) Chiov.	G4	*Mimosoideae*	Dichrostachys
Feretia apodanthera Del.	G2, G3, G4	*Rubiaceae*	Feretia
Gardenia ternifolia K. Schum.	G1, G2, G3	*Rubiaceae*	Gardenia
Grewia bicolor Juss.	G1, G2, G3, G4	*Tiliaceae*	Grewia
Grewia lasiodiscus K.Schum	G2, G3	*Tiliaceae*	Grewia
Guiera senegalensis J.F. Gmel.	G2, G3, G4	*Combretaceae*	Guiera
Lannea acida A. Rich.	G2, G4	*Anacardiaceae*	Lannea
Maerua angolensis DC.	G1, G2	*Capparaceae*	Maerua
Maytenus senegalensis (Lam.) Exell	G1, G2, G3	*Celastraceae*	Maytenus
Opilia celtidifolia (Guill. et Perr.)	G1	*Opiliaceae*	Opilia
Prosopis africana (Guill., Perrot et Rich.) Taub.	G3, G4	*Mimosoideae*	Prosopis
Sterculia setigera Del.	G1, G2, G3, G4	*Sterculiaceae*	Sterculia
Strychnos spinosa Lam.	G1, G2, G4	*Loganiaceae*	Strychnos
Terminalia macroptera Guill & Perr.	G1, G4	*Combretaceae*	Terminalia
Ziziphus mauritiana Lam.	G4	*Rhamnaceae*	Ziziphus

Similarité des sites : le recensement de la flore des deux sites montre sur la base de l'indice de similarité de SØrensen, un taux de similarité de 60%. Ceci traduit l'existence d'une grande similarité entre Malem Niani et Daoudi.

Diversité des sites : le tableau 3, montre que l'indice de diversité maximale, l'indice de Shannon et l'indice d'équitabilité sont plus élevés à Malem Niani qu'à Daoudi.

Tableau 3. Indice de diversité des sites de Malem Niani et Daoudi

Diversité et Régularité	Malem Niani	Daoudi
H'	2,68	1,94
H_{max}	5,20	4,00
R	0,51	0,48

Identification des groupements : le tableau 4 indique les valeurs propres de la DCA sur la matrice globale des deux sites. Seul l'axe 1 a une valeur propre supérieure à 0,5%. Mais les longueurs de gradient des axes 1 et 2 sont comprises entre 1 et 3. Ces deux axes peuvent donc bien représenter les données de la matrice. Ils expliquent 31,50 % de la variabilité totale du tableau de données.

Tableau 4. Valeurs propres issues de la DCA sur la matrice 30 espèces x 33 relevés

Axes	1	2	3	4	Inertie totale
Valeurs propres	0,61	0,17	0,13	0,07	2,46
Longueur de gradient	3,08	1,65	1,20	1,26	
Pourcentage cumulé de variance	24,70	31,50	36,60	39,60	

L'analyse factorielle des correspondances redressées appliquées à la matrice floristique des relevés des deux sites étudiés montre une discrimination de quatre groupements (figure 1).

Les groupements à *Maerua angolensis* (G1)*, Cordyla pinnata* (G2) et *Adansonia digitata* (G3) sont partagés entre les deux sites. Ces trois premiers groupements identifiés sont ceux des milieux humides, avec des relevés pour la plupart répertoriés dans des zones de mares tandis que le groupement à *Feretia apodanthera* (G4) se situe sur une unité topographique plus élevée (Plateau).

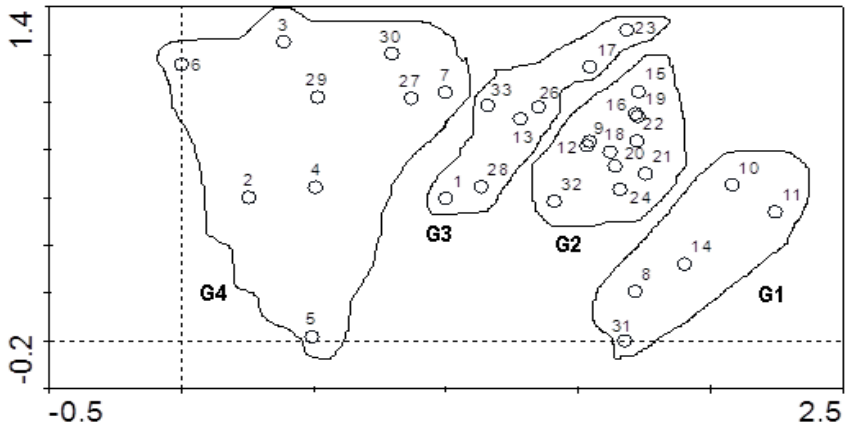


Fig. 1. Analyse factorielle des correspondances redressées (DCA) sur la matrice 30 espèces x 33

Indice de similarité : la comparaison des groupements discriminés à l'échelle des relevés montre qu'il existe une proximité entre les groupements 1 et 2 mais pas entre le groupement 1 et les groupements 3 et 4. En dehors de ces deux derniers groupements, tous les autres groupements sont floristiquement proches (Tableau 5).

Tableau 5. : Indice de similarité entre groupements

G2	0,69		
G3	0,43	0,56	
G4	0,37	0,52	0,55
	G1	G2	G3

Indice de diversité : l'analyse de la diversité (Tableau 6) montre que le groupement 4 est le plus diversifié et présente aussi le degré de réalisation de la diversité maximale le plus élevé, suivi du groupement 1 (G1). Le groupement 2 (G2) a le plus faible indice de diversité et la plus faible régularité.

Tableau 6. Indice de diversité entre groupements

Diversité et Régularité	G1	G2	G3	G4
H'	1,97	1,27	2,50	3,06
H_{max}	3,32	4,17	4,52	4,46
R	0,59	0,30	0,55	0,69

STRUCTURES VERTICALES ET HORIZONTALES DES GROUPEMENTS

Structures verticales des groupements (G) : la figure 2 présente les structures verticales des différents groupements. Les groupes 1 et 2 présentent la même structure et la même allure, et les groupements 3 et 4 ont la même structure et la même allure. Au niveau de ces groupements, les classes dominantes sont 2-4 m et 4-6 m, ce qui témoigne de l'existence d'individus de grandes tailles dans les différents groupes.

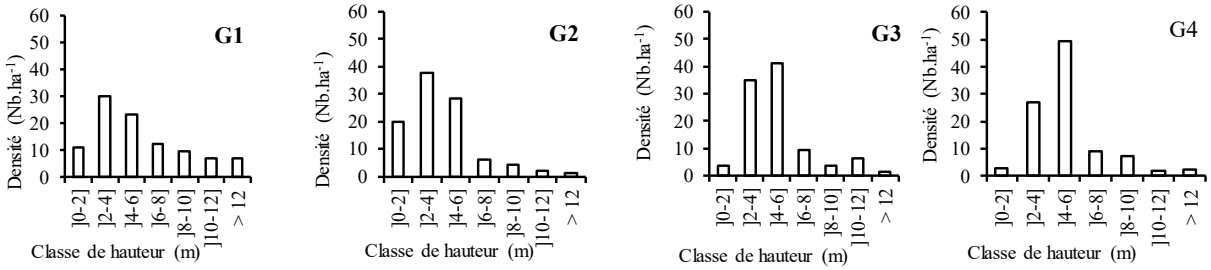


Fig. 2. Structures verticales des groupements G1, G2, G3 et G4

Structures horizontales des groupements : la figure 3, montre la distribution des individus suivant les classes de diamètre. Une distribution presque similaire pour tous les quatre groupements est observée. Une structure en allure de « L », traduisant un peuplement relativement jeune ou en reconstitution (classe 0-20 cm).

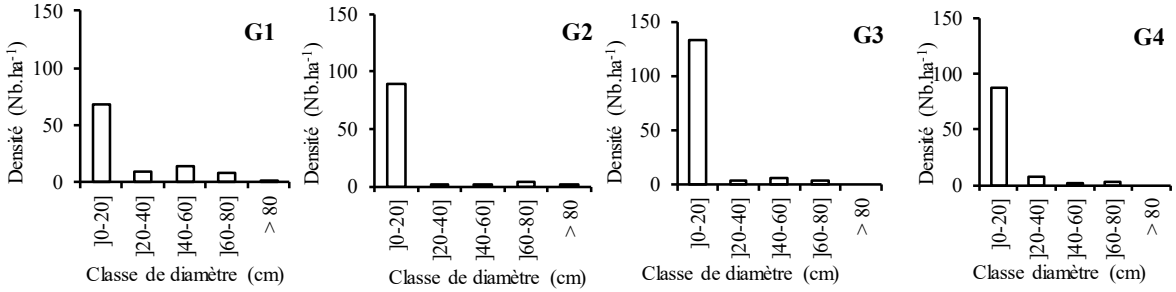


Fig. 3. Structures horizontales des groupements

PLACE DE *STERCULIA SETIGERA* DANS LES GROUPEMENTS

Structure verticale de *S. setigera* dans les groupements : la figure 4 montre la structure verticale des populations de *S. setigera* dans les différents groupements. Une structure caractérisée par une absence d'individus de *S. setigera* dans les classes de hauteur 0-2 m pour tous les groupements et une faible densité des individus de l'espèce dans les classes allant de 4 à 6 m. Par contre, pour les autres classes, on note une forte densité des individus de l'espèce. Cela montre que *S. setigera* fait partit des espèces qui présentent des individus de grandes tailles, supérieures à 8 m.

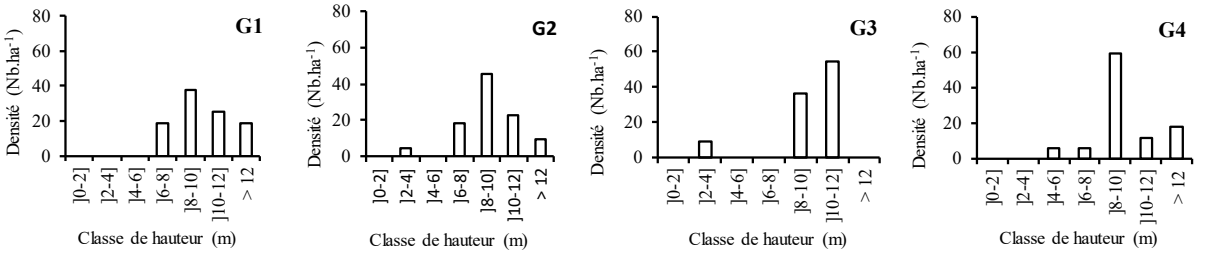


Fig. 4. Structures verticales de Sterculia setigera dans les groupements G1, G2, G3 et G4

Structures horizontales de *S. setigera* dans les groupements : la distribution des populations de *S. setigera* (figure 5) est caractérisée par une mauvaise répartition des individus dans les classes de diamètres des différents groupements (G1, G2, G3 et G4). Cette structure est dominée par des individus de ~~gros~~ diamètres supérieurs à 40cm. La faible présence d'individus de petits diamètres révèle un problème de régénération et montre que *S. setigera* fait partie des espèces présentant des sujets de gros de diamètres.

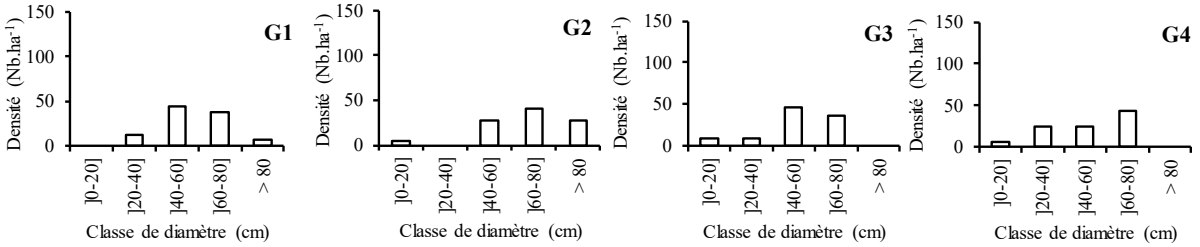


Fig. 5. Structures horizontales de Sterculia setigera dans les groupements G1, G2, G3 et G4

4 DISCUSSION

Diversité des sites : la diversité spécifique représente une des principales caractéristiques d'un peuplement végétal et représente la mesure la plus fréquemment utilisée pour étudier la diversité [11]. Elle dépend généralement des facteurs environnementaux tels que les conditions de sol et de pluviosité [12] et les facteurs de perturbation comme le feu [13]. A Malem Niani et à Daoudi, la flore ligneuse est riche d'une trentaine d'espèces réparties en 16 familles et 26 genres. Les familles les plus représentées sont les *Combretaceae* (6 espèces), les *Caesalpiniaceae* (3 espèces) et les *Mimosaceae* (3 espèces). Un nombre d'espèces plus important a été obtenu dans d'autres sites notamment à Guidan Roumdji au Niger [14], au Sénégal avec les cas du Ferlo [15] [16] et de Thiès [17], et sur le tracé de la Grande Muraille Verte au Tchad [18]. La forte présence des *Combretaceae* dans cette zone d'étude s'explique par le fait qu'au sein de cette famille, on retrouve des espèces capables de résister aux perturbations. Elle est la plus commune et est fortement représentée dans les pays tropicaux, particulièrement dans la savane d'Afrique et plus typiquement dans la zone soudano-sahélienne [19], [20]. La dominance de la famille des *Combretaceae* peut être également attribuée à sa faculté de régénération naturelle par semis, par drageonnement et/ou rejets de souches [21], [19]. L'examen des résultats floristiques montre une similarité élevée de 60% entre les deux sites, due au fait que ces sites sont situés dans la même zone agroécologique. Cette similarité assez élevée signifie qu'il y a peu de différences entre les deux sites. Ces résultats sont similaires à ceux [20] qui ont trouvé un indice de similitude supérieure à 58% dans deux zones contrastées en zone sahélienne du Burkina Faso. A l'échelle de la diversité, on observe des indices de diversité maximale et de Shannon plus élevés à Malem Niani, floristiquement plus diversifié que Daoudi. Par contre, le degré de réalisation de la diversité maximale est quasi similaire dans les deux sites.

Diversité et Structure des groupements : Quatre principaux groupements végétaux, montrant ainsi la disparité qui existe au sein et entre les deux sites étudiés, sont identifiés. Les groupements à *Maerua angolensis* (G1)*, Cordyla pinnata* (G2) et *Adansonia digitata* (G3) sont partagés entre les deux sites. Les trois premiers groupements identifiés sont ceux des milieux humides, avec des relevés pour la plupart répertoriés dans des zones de mares tandis que le groupement à *Feretia apodanthera* (G4) se situe sur une unité topographique plus élevée (plateau). Les relevés de ce groupement ont été recensés dans la forêt classée des ***Paniates***. L'étude de la similarité dans la composition floristique entre les quatre groupements végétaux révèle l'existence de communauté végétale similaire à plus de 50%. Par contre, entre les groupements 1 et 3, et 1 et 4, la similarité reste faible avec des indices inférieurs à 50%. Cela dénote la différence de composition floristique entre ces groupements. Ces résultats corroborent ceux [14] qui ont trouvé une faible diversité floristique des groupements végétaux dans une zone centrale du Niger. A l'échelle de la diversité, le groupement G4 présente les indices de Shannon le plus élevé (3,06 bits) et d'équitabilité la plus grande (0,69). Cela confirme les résultats de [22] et [23] obtenus à Saré Yorobana au Sud du Sénégal (3,99 bits) et à Kaffrine au Centre du Sénégal (2,39 bits) et à l'île de Mare à Fatick, Sénégal (2,96 à 3,34 bits) dans des zones relativement proches sur le plan écologique. Selon [24] cité par [25], l'indice de Shannon a des valeurs fortes pour des espèces avec des recouvrements de même importance et il prend de faibles valeurs lorsque quelques espèces ont de forts recouvrements par rapport aux autres. Les faibles valeurs de l'équitabilité observées dans les autres groupements traduisent la dominance des effectifs par quelques espèces qui sont *Combretum glutinosum, Combretum micranthum et Grewia bicolor*. Elles peuvent indiquer l'état de stress de l'écosystème [19]. La structure verticale des différents groupements ligneux décrits montre une

prédominance arbustive. La majorité des individus se trouve concentrée dans les classes de hauteur 2-4 m et 4–6 m. Au Niger, des hauteurs moyennes de 4,21 à 8,25 m ont été obtenues avec des groupements végétaux [14]. La présence dans cette étude d'individus de grande hauteur dans les groupements révèle qu'ils regorgent d'un potentiel de semenciers qui pourraient contribuer à leur stabilité et offrir une capacité de renouvellement de la ressource [11]. La distribution en « L » des peuplements des différents groupements ligneux traduit des formations jeunes. Cette structure est caractérisée par la répartition des individus en classe de diamètre, par un grand nombre de petits individus, un petit nombre de grands individus et une réduction régulière du nombre d'individus d'une classe de dimension à la suivante [26]. Les groupements présentent globalement cette tendance et pour chacun d'eux, la structure horizontale résulte de la contribution des individus des différentes espèces constitutives du groupement. Ces résultats sont confortés par ceux des travaux [13] au niveau du parc national d'Arly (Est du Burkina Faso) où la même a été trouvée sur différents groupements ligneux.

Place de *Sterculia setigera* dans les groupements : l'analyse de la distribution des classes de hauteur et de diamètre de la population de *S. setigera* dans les communautés végétales révèle que *S. setigera* fait partie des espèces avec des individus de grandes tailles et de gros diamètre. Cette distribution confirme les résultats de [27]. Pour la structure verticale, les individus les plus représentés sont ceux ayant une hauteur supérieure à 8 m alors que, pour la structure horizontale, une prédominance des individus ayant un diamètre supérieur à 60 cm [28] [29] est notée. A la lumière des résultats, *S. setigera* présente une population instable et une régénération relativement faible. Plusieurs auteurs ont rapporté l'instabilité des populations de *S. setigera* et leur niveau très faible de régénération [27]. Cette tendance observée est semblable à celle rapportée dans les zones soudaniennes du Burkina Faso [30] et du Togo [28]. Selon [30], cette tendance est typique de celle d'une espèce en déclin avec vieillissement des populations, comme en témoigne le manque de régénération dans les classes de petit diamètre.

5 CONCLUSION

L'étude conduite dans les zones à *S. setigera* de Malem Niani et Daoudi a contribué à une meilleure connaissance de la composition floristique, de la diversité et des caractéristiques structurales dans les deux sites. Les résultats montrent une composition floristique riche de 30 espèces ligneuses. Les familles dominantes sont les *Combretaceae*, les *Caesalpinioideae* et les *Mimosoideae*. Le site de Malem Niani présente un indice de diversité plus élevé, alors que le coefficient de similitude révèle peu de différence entre les deux sites. L'analyse factorielle des correspondances redressées effectuée sur la matrice 30 espèces x 33 relevés montre une discrimination de quatre groupements floristiques. L'analyse de la structure au niveau de ces différents groupements ligneux atteste une prédominance des individus jeunes aussi bien pour les classes de hauteur que de diamètre. *S. setigera* occupe une place importante et est présente à 75% dans les relevés. L'analyse de sa population révèle qu'elle est instable dans l'ensemble et la régénération est lente et faible. *S. Setigera* est considérée comme une espèce menacée à cause du système d'exploitation pratiqué par les producteurs de gomme, et un vieillissement des individus. Aujourd'hui, il demeure urgent d'envisager des actions allant dans le sens de stimuler le renouvellement de l'espèce à partir de semis de graines ou de plants greffés, d'améliorer les techniques d'exploitation de la gomme afin de maintenir l'espèce dans son environnement.

REMERCIEMENTS

Les auteurs remercient le Fonds National de Recherches Agricoles et Agroalimentaires (FNRAA) et les Producteurs et populations de la région de Tambacounda

REFERENCES

[1] E.J. Mitinje, F. Kessy, F. Mombo, Socio-economic factors influencing deforestation on the Uluguru Mountains, Morogoro, Tanzania. *Discov. Innov*., 18: 137-146, 2006

[2] E. Faye, J. Clarck-Barry, J. Bogaert, Uses, dynamics and conservation of tree species in Niayes area, Senegal. *Ethiopian Journal of Environmental Studies & Management* 7(4): 389 – 401, 2014

[3] A. Ouédraogo, A. Thiombiano, K. Hahn-Hadjalla, S. Guinko, Diversité et structure des groupements ligneux du parc national d'Arly (Est du Burkina Faso). *Flora et VegetatioSudano-Sambesica 11, 5-16*, 2008

[4] J.M. Cramer, R.C.C. Mesquita, G.B. Williamson, Forest fragmentation differentially affects seed dispersal of large and small-seeded tropical trees. *Biological Conservation* 137: 415-423, 2007

[5] J.L. Devineau, A. Fournier, S. Nignan,''Ordinary biodiversity'' in western BurkinaFaso (West Africa): what vegetation do thestate forests conserve? *BiodiversConserv*. 18:2075 – 2099, 2009

[6] J. Berhaut, Flore Illustrée du Sénégal, vols. 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 9. Dakar, Librairie Clairafrique, 1971–1988

[7] C.J.F. TerBraak et Smilauer, Conoco 4.5 usersguide. Centre for biometry, Wageningen, Netherlands, 2002

[8] E. Faye, M. Diatta, S.A.N. Samba, J. Lejoly, Usages et dynamique de la flore ligneuse dans le terroir villageois de Latmingué (Sénégal). *Journal des Sciences et Technologies*, 7 : 43-58, 2008

[9] S. Frontier et D. Pichod-Viale, Écosystèmes : structure, fonctionnement, évolution. Masson, 447p, 1995

[10] E.C. Piélou, The measurement of diversity indifferent types of biological collections. *J.Theor. Biol*. 13: 131-144, 1966

[11] D. Ngom, T. Fall, O. Sarr, S. Diatta, L.E. Akpo, Caractéristiques écologiques du peuplement ligneux de la réserve de biosphère du Ferlo (Nord Sénégal). *Journal of Applied Biosciences* 65:5008 – 5023, 2013

[12] Y.C. Hountondji, O.G. Gaoue, N. Sokpon, P. Ozer, Analyse écogéographique de la fragmentation du couvert végétal au nord Bénin : paramètres dendrométriques et phytoécologiques comme indicateurs in situ de la dégradation des peuplements ligneux. *Geo-Eco-Trop.*, 2013, 37, 1 : 53-70, 2013

[13] I. Backéus, P. Börge, S. Lennart, O.C. Ruff, 2006, Tree community and structural dynamics in miombo (Brachstegia-Julbernardia) woodland, Tanzania. *Forest Ecol. Management* 230: 171-178, 2006

[14] O.L. Manzo, O.B. Garba, B. Morou, S. Karim, A. Mahamane, Etat de la végétation ligneuse au Sahel : Cas de GuidanRoumdji au sahel central du Niger. *Journal of animal et plant Sciences*, 2017. Vol.31, Issue 3 : 5033-5049, 2017

[15] O. Ndiaye, A. Diallo, M.B. Sagna, A. Guissé, Diversité floristique des peuplements ligneux du Ferlo, Sénégal. *VertigO* (13) 3. 12p, 2013.

[16] A.T. Ndong, O. Ndiaye, M.B. Sagna, A. Diallo, D. Galop, A. Guissé, Caractérisation de la végétation ligneuse sahélienne du Sénégal: cas du Ferlo. *Int. J. Biol. Chem. Sci*. 9(6): 2582-2594, 2015

[17] M. Mahmat-Saleh, A. Diallo, O. Ndiaye, M.N. Faye, A. Guissé, Caractérisation des peuplements ligneux de la zone Cayor Baol (Thiès-Sénégal). *Int. J. Biol. Chem. Sci*. 7(5): 2117-2132, 2013

[18] M. Mahamat-Saleh, O. Ndiaye, M.D. Diallo, S. Goy, K. Niang, A. Diallo, A. Guissé, Caractérisation des peuplements ligneux sur le tracé de la Grande Muraille Verte au Tchad. *Int. J. Biol. Chem. Sci.* 9(5): 2617-2627, 2015

[19] E. Faye, H. Diallo, A.N.S. Samba, M.A. Touré, A. Dramé, B. Fall, J. Lejoly, M. Diatta, M. Kaïré, C. De Cannière, G. Mahy, J. Bogaert, Importance de la méthode de coupe sur la régénération de Combretaceae du Bassin arachidier sénégalais. *Tropicultura*, 31, 1, 44-52, 2013

[20] O.M. Savadogo, K. Ouattara, S. Pare, I. Ouédraogo, S. Sawadogo-Kaboré, J. Barron, N.P. Zombre, Structure, composition spécifique et diversité des ligneux dans deux zones contrastées en zone Sahélienne du Burkina Faso. *VertigO* 16(1), 2016

[21] R. Bellefontaine, Pour de nombreux ligneux, la reproduction sexuée n'est pas la seule voie: analyse de 875 cas. *Sécheresse*, 16(4): 315-317, 2005

[22] [22] - M.A.A. Diédhiou, E. Faye, D. Ngom, S. Fall, Caractérisation de la flore et de la végétation ligneuse des terroirs villageois de Keur Birame (Kaffrine) et Saré Yorobana (Kolda) au Sénégal. *European Scientific Journal*, 24 (21) : 391-409, 2018

[23] [23] - M.A.A. Diédhiou, E. Faye, D. Ngom, M.A. Touré, Identification et caractérisation floristiques des parcs agroforestiers du terroir insulaire de Mar Fafaco (Fatick, Sénégal) *Journal of Applied Biosciences* 79:6855 – 6866, 2014

[24] [24] - A. Mahamane, Etudes floristique, phytosociologique et phytogéographique de la végétation du Parc Régional du W du Niger. Thèse de doctorat, Université Libre de Bruxelles, Laboratoire de Botanique systématique et de Phytosociologie, 484 p, 2005

[25] [25] - H. Abdourhamane, B. Morou, H. Rabiou, A. Mahamane, Caractéristiques floristiques, diversité et structure de la végétation ligneuse dans le Centre-Sud du Niger : cas du complexe des forêts classées de Dan Kada Dodo-Dan Gado. *Int. J. Biol. Chem. Sci*. **7**(3): 1048-1068, June 2013.

[26] [26] - B. Sambou, Evaluation de l'état, de la dynamique et des tendances évolutives de la flore et de la végétation ligneuses dans les domaines soudanien et sub-guinéen au Sénégal. Thèse de doctorat, UCAD Dakar, 210 p, 2004

[27] [27] - M.A. Touré, *Sterculia setigera* Del. : étude phytosociologique des populations et de leurs potentialités de production de gomme dans la région de Tambacounda, au Sénégal. Thèse unique, FST/UCAD, Sénégal, 101p, 2015

[28] [28] - W. Atakpama, M. Dourma, K. Wala, H. Péréki, K. Batawila, K. Akpagana, Structure and natural regeneration of *Sterculia setigera* Del. plants communities in Sudanian zone of Togo (West Africa). *International Journal of Plant & Soil Science* **3**(4): 330- 346, 2014

[29] [29] - P. Bayen, A.M. Lykke, A. Ouédraogo, A. Thiombiano, Population Structure in Natural Stands, SeedGermination and Seedling Growth of *Sterculia setigera* under Nursery Conditions in Burkina Faso (West Africa). *International Journal of Plant &Soil*Science**7**(4): 202-210, 2015.

[30] [30] - L. Traoré, T.K. Sop, S.D. Dayamba, S. Traoré, H. Karen, A. Thiombiano, 2012, Do protected areas really work to conserve species? A case study of three vulnerable woody species in the Sudanian zone of Burkina Faso. *Environment Development Sustainability*. 2012; **15**(3):663-686, 2012

International Journal of Innovation and Applied Studies
ISSN 2028-9324 Vol. 27 No. 1 Aug. 2019, pp. 122-132
© 2019 Innovative Space of Scientific Research Journals
http://www.ijias.issr-journals.org/

Analyse floristique et phytogéographique de la végétation à l'Est du Parc National Conkouati-Douli (République du Congo)

[Floristic and phytogeographycal analysis at east of Conkouati-Douli National Park (Republic of Congo)]

Teva Juste Vivia KAMI[1], Jean-Marie MOUTSAMBOTE[1-2], Espoir Keigerlain NZOBADILA[1], and Rebecca ATENCIA[3]

[1]Herbier National, Institut National en Sciences Exactes et Naturelles (IRSEN), Cité Scientifique de Brazzaville, Republic of the Congo

[2]Ecole Nationale Supérieure d'Agronomie et de Foresterie (ENSAF), Université Marien NGOUABI, BP 69 Brazzaville, Republic of the Congo

[3]Institut Jane Goodall, Réserve naturelle de Tchimpounga, Département du Kouilou, Republic of the Congo

Copyright © 2019 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 study of flora, ecological and phytogeographic spectra was conducted in the Bélo area of the Conkouati-Douli National Park in Mayombe. To carry out this study a collection of field data was made in 2016, the collected samples were determined and deposited to the national herbarium (IEC). The data analysis identified 575 species and infraspecific taxa divided into 131 families and 353 genera. The families of Rubiaceae, Annonaceae and Fabaceae are the most diverse. The analysis of ecological spectra made it possible to note the predominance of phanerophytes, sarcochores and mesophylls. The analysis of the phytogeographic distribution of the listed species has made it possible to note that our study area fits well into the center of Guinean-Congolese endemism. Two new species for congolense flora were collected: *Eurypetalum tessmannii* Harms and *Podococcus acaulis* Hua.

KEYWORDS: Flora, phytogeographic spectra, Conkouati-Douli National Park, Congo.

RESUME: Une étude de la flore, des spectres écologiques et phytogéographiques a été menée dans la zone de Bélo dans le parc national Conkouati-Douli situé dans le Mayombe. Pour réaliser cette étude une collecte des données sur le terrain a été faite en 2016, les échantillons collectés ont été déterminés et déposés à l'herbier national (IEC). L'analyse des données a permis de recenser 575 espèces et taxons infra spécifiques reparties en 131 familles et 353 genres. Les familles des Rubiaceae, Annonaceae et Fabaceae sont les plus diversifiées. L'analyse des spectres écologiques a permis de noter la prédominance des phanérophytes, des sarcochores et des mésophylles. L'analyse de la distribution phytogéographique des espèces recensées a permis de noter que notre zone d'étude s'intègre bien dans le centre d'endémisme guinéo-congolais. Deux espèces nouvelles pour la flore du Congo ont été collectées : *Eurypetalum tessmannii* Harms et *Podococcus acaulis* Hua.

MOTS-CLEFS: Flore, spectres phytogéographiques, Parc National Conkouati-Douli, Congo.

Corresponding Author: Teva Juste Vivia KAMI

1 INTRODUCTION

Les forêts tropicales sont au cœur des enjeux internationaux sur le changement climatique et la conservation de la biodiversité. Le bassin du Congo, étant le second plus grand écosystème forestier tropical après l'Amazonie, joue un rôle important dans le système climatique continental [1]. Cependant, ces forêts sont soumises à des pressions croissantes qui pourraient, à terme, entraîner une très forte dégradation en termes de biodiversité de celles-ci.

La prise de conscience, vers les années 80, des conséquences du développement de l'humanité sur l'ensemble des écosystèmes a permis des avancées dans le domaine de la protection [2]. Ainsi, de nombreuses initiatives ont vu le jour dans différents pays particulièrement ceux de la région du bassin du Congo promulguant donc des lois pour la protection de la biodiversité, la préservation des ressources forestières par la création des aires protégées…

Au Congo le Parc National Conkouati-Douli (PNCD), notre zone d'étude, est l'un des plus récents des Parcs nationaux congolais, le second en taille derrière le parc national d'Odzala. Il fait partie du Massif du Mayombe. Le survol de la littérature botanique consacrée au PNCD nous permet de signaler les travaux de [3], [4], Moutsambote & Sita (1996), Sita (1997) et Moutsambote et al (2012). Mais ces travaux sont plus concentrés dans les zones Ouest, Nord-Est et Sud-Est. Ce survol de la littérature confirme le caractère sectoriel des connaissances botaniques du PNCD.

Dans l'optique d'une bonne gestion de cette aire protégée il nous parait nécessaire de connaitre les ressources qu'elle regorge par des études spécifiques des écosystèmes qu'elle contient. L'exploitation artisanale des ressources dont regorge cette aire constitue une menace non négligeable pouvant entrainer la perte de certaines espèces végétales ou animales rares ou peu répandues et ainsi bouleverser l'équilibre de ce milieu.

Pour une bonne connaissance de ce parc, nous avons choisi pour zone d'étude la zone de Bélo à l'Est du PNCD en nous fixant les objectifs suivants :

- Inventorier la florule de cette zone.
- Analyser les spectres écologiques des espèces végétales ;
- Analyser la distribution phytogéographique de la florule.

2 MATERIEL ET METHODES

2.1 MILIEU D'ETUDE

Le Parc National de Conkouati-Douli (PNCD) est l'un des plus récents des parcs nationaux congolais, le second en superficie avec 504.950 ha. Il est situé dans le Département du Kouilou, à cheval sur les districts de Nzambi et de Madingo-Kayes, à l'extrémité Nord-Ouest du département. Il comprend une partie continentale et une autre partie marine. La zone de Bélo qui est notre zone d'étude se trouve dans le Parc National Conkouati-Douli plus précisément à l'Est du parc sur la rive droite de la rivière Noumbi (S 3°58'06.6", E 011°36'53.2") limitée au Nord par la rivière Bélo (fig.1).

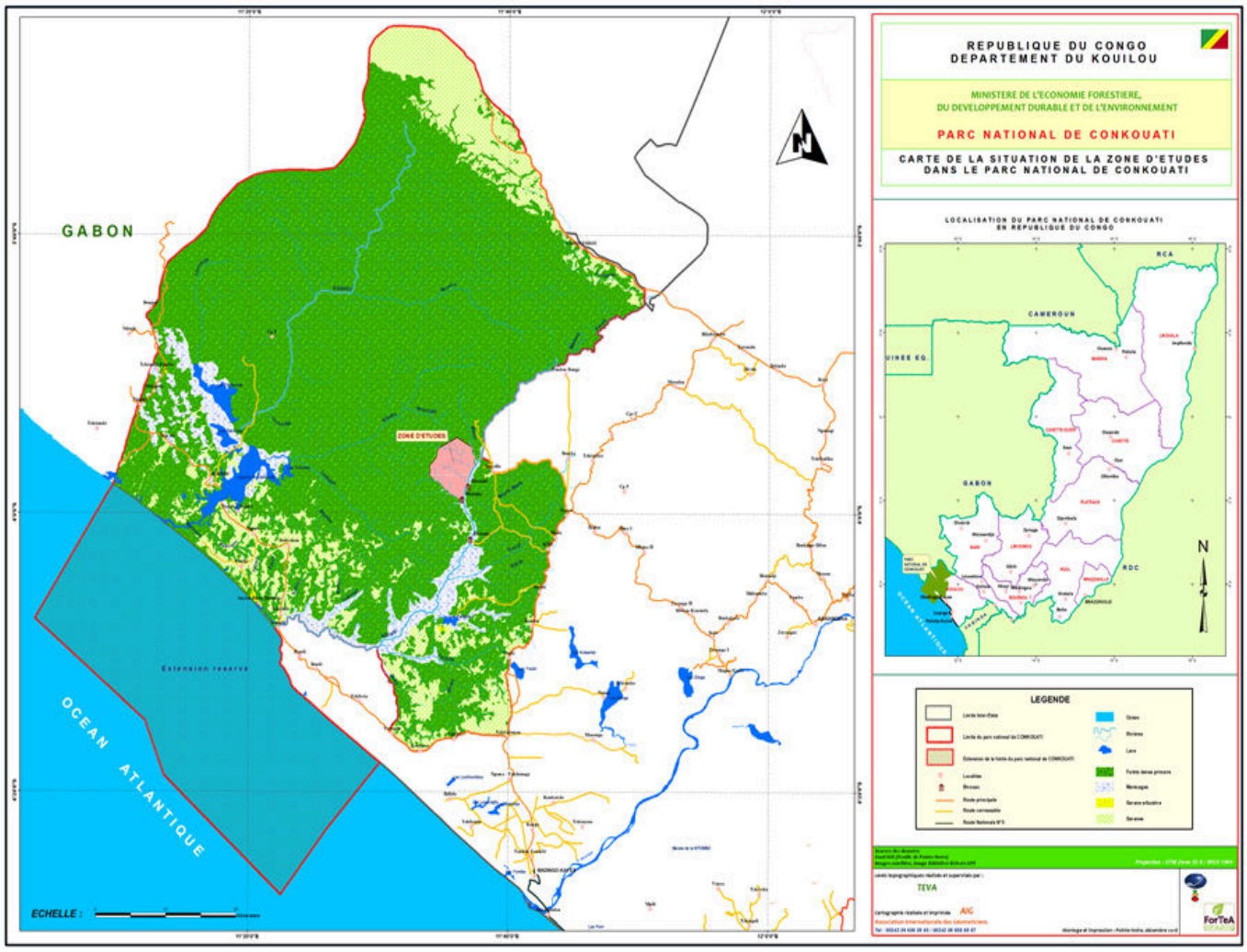


Fig. 1. Zone d'étude

2.2 METHODE D'ETUDE

2.2.1 FLORE

Pour l'étude de la flore une collecte des données sur le terrain a été réalisée en 2016 à Bélo. 108 relevés phytosociologiques ont été réalisés. La surface des différents relevés n'a pas été déterminée spécialement par la méthode de l'aire minimale. Pour les groupements herbacés, arbustifs linéaires le long des berges, nous avons considéré une surface maximale de 200 m^2, ces groupements présentant une petite largeur (moins de 5 m). Pour les formations forestières sur terre ferme ou sur sols hydromorphes, nous avons opté pour une surface de 625 m^2 selon la méthode des relevés polyvalents de [5].

Le matériel floristique collecté a été déposé à l'herbier national du Congo (IEC) d'où l'identification a été poursuivie, après une identification préliminaire sur le terrain, à l'aide des manuels de botanique et des flores comme la flore d'Afrique centrale, flore du Gabon, flore du Cameroun, flore de l'Afrique tropicale de l'Ouest, la flore de l'Afrique tropicale de l'Est. La classification taxonomique de la florule étudiée a été effectuée conformément aux modifications de [6] et des travaux de Lebrun & Stork sur le site taxonomique[1]. La nomenclature ptéridophytique et lycophytique adoptée est celle de la séquence linéaire des familles et genres de [7].

[1] www.ville-ge.ch/musinfo/bd/cjb/africa/index.php?Langue=Fr

2.2.2 DISTRIBUTION PHYTOGEOGRAPHIQUE

La distribution phytogéographique permet de donner des informations sur l'origine et sur l'aire de répartition des différentes espèces d'un groupement [8]. Les premières subdivisions chorologiques de l'Afrique ont été réalisées par [9] *in* [10], depuis lors, de nombreux travaux ont permis de préciser ces subdivisions [10], [11], [12] et [13]. Mais les travaux les plus récents de [14] [15] [16] ont permis de mieux préciser ces subdivisions chorologiques. En se référant aux travaux précités, nous avons retenus les catégories suivantes :

Espèces à très large distribution répandues dans plusieurs parties du monde:

- Espèces cosmopolites (Cosm) : espèces rencontrées aussi bien dans les régions chaudes que tempérées du monde ;
- Espèces pantropicales (Pant) : espèces des régions tropicales ;
- Espèces paléo tropicales (Pal) : espèces présentes en Afrique tropicale, en Asie tropicale et en Australie ;
- Espèces afro-américaines (AA) : espèces présentes en Afrique et Amérique tropicale ;

Espèces africaines à large distribution autres que les espèces régionales, répandues dans plusieurs régions du continent:

- Espèces afro malgaches (AM) : espèces de région d'Afrique tropicale et des îles Mascareignes ;
- Espèces afro tropicales (At): espèces distribuées dans toute l'Afrique tropicale ;

Espèces du centre régional d'endémisme guinéo-congolais:

- Espèces omni-guinéo-congolaises (GC) : présentes dans toute la région guinéo-congolaise ou encore espèces pluri domaniales ;
- Espèces guinéennes supérieures et inférieures (G) ;
- Espèces hautes guinéennes (HG) ;
- Espèces basses guinéennes (BG) ;
- Espèces bas-guinéo-congolaises (BGC), présentes dans les sous-centres bas-guinéen et congolais ;
- Espèces du sous-centre congolais (C) au sens de [14], [11] et [17].

Espèces des zones de transition régionale :

- Espèces guinéo-congolaises-soudaniennes (GC-S), rencontrées dans la zone de transition guinéo-congolaise-soudanienne;
- Espèces guinéo-congolaises-zambéziennes (GC-Z), rencontrées dans la zone de transition guinéo-congolaise-zambézienne.

2.2.3 CARACTERISTIQUES ECOLOGIQUES

2.2.3.1 TYPES BIOLOGIQUES

Les types biologiques sont importants à connaître car, selon [18], l'analyse des formes d'adaptation des plantes permet une meilleure appréciation des conditions écologiques dans lesquelles elles vivent. Ils mettent en parallèle l'aspect de la plante à la belle saison et durant la mauvaise saison [19]. Les principaux types biologiques adoptés dans cette étude sont basés sur la classification de [20], adaptée aux régions tropicales par **[10],** on distingue les types suivants :

- Les phanérophytes (ph) : arbres, arbustes et arbrisseaux, lianes;
- Les chaméphytes (ch) : sous-arbrisseaux ;
- Les hémicryptophytes (hc) : herbacées pérennes ;
- Les géophytes(géo) : plantes à tubercules, rhizomes ou bulbes ;
- Les thérophytes (th) : plantes annuelles ;
- Les hydrophytes (hydro) : plantes aquatiques ;

2.2.3.2 TYPES D'ADAPTATION GLOBALE A LA LUMIERE

Nous avons adopté la classification de [21] pour définir les différents types d'adaptation globale à la lumière des espèces rencontrées dans la zone de Bélo. On distingue les groupes ci-après:

- Groupe des héliophytes (Hélio) : Il s'agit des plantes qui jouissent du plein éclairement solaire.

- Groupe des hémi-héliophytes (Hémi-Hélio) : Nous considérons ici les végétaux des strates intermédiaires des forêts, arbres du dôme qui se régénèrent en sous-bois et peuvent vivre un certain temps en lumière diffuse. Ces végétaux reçoivent en moyenne 50 à 75% de l'éclairement total.
- Groupe des hémi-sciaphytes (Hémi-Scia) : Il s'agit des végétaux du sous-bois des forêts jouissant encore de 5 à 50% d'éclairement relatif.
- Groupe des sciaphytes (Scia) : Ce sont des plantes de strates inférieures et humifuses des forêts en général. L'éclairement reçu se limite de 1 à 5% de la lumière totale.

2.2.3.3 TYPES DE GRANDEUR FOLIAIRE

L'analyse des types de dimension foliaire a été inspirée de la classification de [20] détaillée comme suit:

- Aphylle (Aph) : pas de feuilles,
- Leptophylle (Lepto) : inférieur à 0,2 cm^2,
- Nanophylle (Nano) : 0,2 - 2 cm^2,
- Microphylle (Micro) : 2 - 20 cm^2,
- Mésophylle (Méso) : 20 - 200 cm^2,
- Macrophylle (Macro) : 2 - 20 dm^2.

2.2.3.4 TYPES DE DIASPORE

Les types de diaspores de différentes espèces recensées dans cette étude ont été déterminés selon la classification de [22]. On distingue les types suivants:

- Ascochores (Asco) : diaspores de faible densité,
- Ballochores (Ballo) : diaspores expulsées par la plante elle-même,
- Barochores (Bar) : diaspores non charnues, lourdes,
- Desmochores (Desmo) : diaspores accrochantes ou adhésives,
- Pléochores (Pléo) : diaspores ayant un dispositif de flottaison,
- Pogonochores (Pogo) : diaspores à appendices plumeux ou soyeux,
- Ptérochores (Ptéro) : diaspores munies d'appendices aliformes,
- Sarcochores (Sarco) : diaspores totalement ou partiellement charnues,
- Sclérochores (Scléro) : diaspores non charnues relativement légères,
- Sporochores (Sporo) : diaspores très petites (Fougères, Bryophytes, Champignons…).

3 RESULTATS

3.1 RICHESSE FLORISTIQUE DE BELO

Après traitement des données, 575 espèces et taxons infra-spécifiques ont été inventoriées à Bélo. Elles sont réparties en 353 genres et 131 familles et sous-familles. Dans cette florule les Trachéophytes à graines qui comprennent les Gymnospermes (0,17 %) et les Angiospermes (95,65 %) sont plus nombreuses que les Trachéophytes à spores qui ne représentent que 4,17 % (fig. 2).

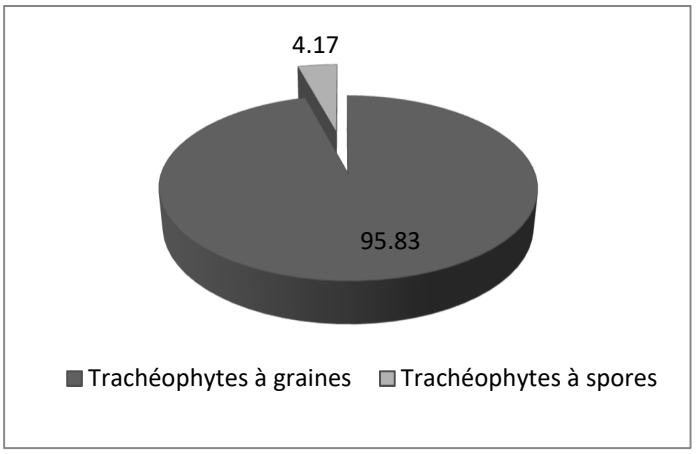


Fig. 2. Richesse taxonomique de la florule de Bélo

Les Trachéophytes à spores comprennent les Ptéridophytes et les Lycophytes. Les Ptéridophytes renferment 14 familles et sous familles regroupant 24 espèces. Les Lycophytes sont constitués de deux familles regroupant trois (3) espèces. Les Gymnospermes ne sont représentées que par la famille de Gnetaceae avec une seule espèce. Le reste des espèces (550) est constitué des Angiospermes reparties en 114 familles et sous familles.

Les dix familles les mieux diversifiées en espèces dans cette florule sont les Rubiaceae (7,83%), les Annonaceae (7,83%), les Fabaceae-Caesalpinioideae (6,09 %), les Fabaceae-Faboideae (3,83 %), les Apocynaceae (3,65%), les Euphorbiaceae (3,48 %), les Marantaceae (2,43%), les Arecaceae (2,26%), les Dichapetalaceae (2,26 %) et les Commelinaceae (2,09 %).

3.2 DISTRIBUTION PHYTOGEOGRAPHIQUE

L'analyse du spectre brut des types phytogéographiques de la florule de Bélo indique que les espèces omni-guinéo-congolaises sont les mieux représentées (57,91 %) dans les phytocénoses étudiées. Elles sont suivies des espèces bas-guinéo-congolaises (14,96%) et des espèces congolaises (6,09%). Les autres types phytogéographiques sont faiblement représentés (fig. 3).

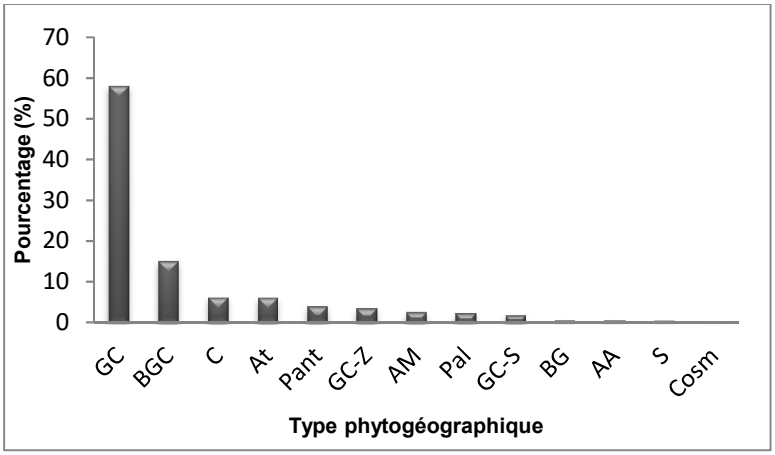


Fig. 3. Spectre brut des types phytogéographiques de la florule de Bélo

3.3 CARACTERISTIQUES ECOLOGIQUES

3.3.1 TYPES BIOLOGIQUES

Les types biologiques les mieux représentés dans la florule étudiée sont les phanérophytes (80,34 %). Ils sont suivis des géophytes (11,13%), des chaméphytes (5,56%), les thérophytes (2,08%). Les hémicryptophytes (0,70%) et les rhizophytes (0,17%) sont en faibles proportions dans le groupement (fig. 4).

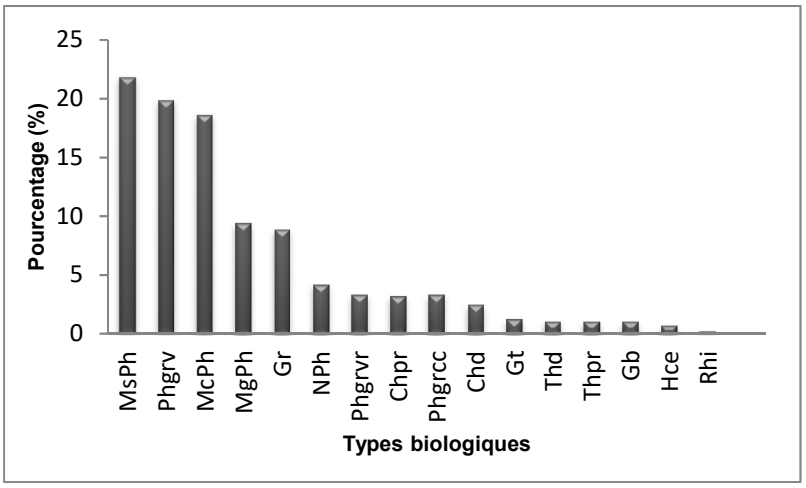


Fig. 4. Spectre brut des types biologiques de la florule de Bélo

3.3.2 TYPES D'ADAPTATION GLOBALE A LA LUMIERE

Le spectre brut des types d'appétence lumineuse montre que les espèces héliophiles sont les mieux représentées dans la florule étudiée. Leur proportion s'élève à 58,78% de l'effectif total des espèces recensées. Elles sont secondées par les espèces sciaphiles (18,09%) et les espèces hémi-sciaphiles (15,30%). Les espèces hémi-héliophiles sont les plus faiblement représentées avec un taux de 7,83% (fig. 5).

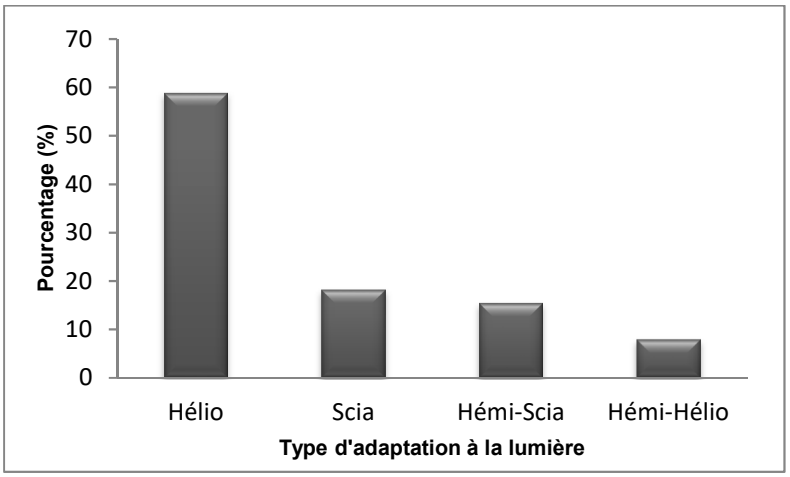


Fig. 5. Spectre brut des types d'adaptation globale à la lumière de la florule de Bélo

3.3.3 TYPES DE GRANDEUR FOLIAIRE

Le spectre brut des types de grandeur foliaire indique la prédominance des espèces mésophiles avec un taux de 51,48%, suivies des espèces microphylles évaluées à 32,35%. Les espèces nanophylles (7,30%), macrophylles (5,91%), leptophylles (2,61%) et aphylles (0,35%) représentent moins de 20% des espèces rencontrées dans la zone d'étude (fig. 6).

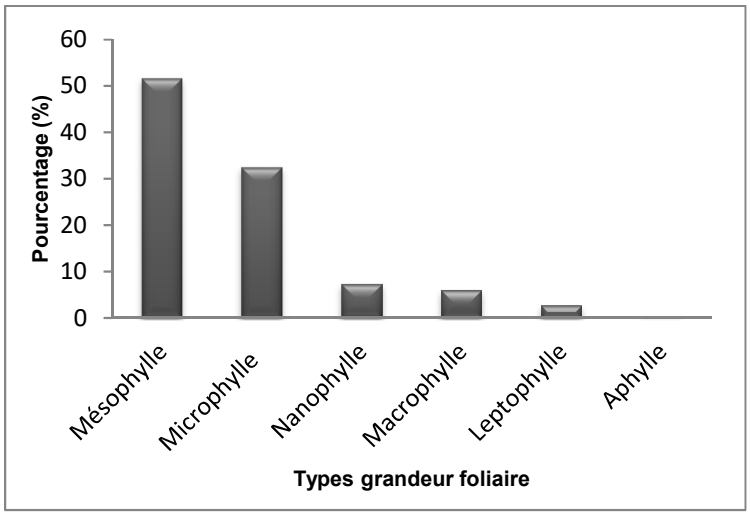


Fig. 6. Spectre brut des types de grandeur foliaire de la florule de Bélo

3.3.4 TYPES DE DIASPORES

Le spectre brut des types de diaspores dans la florule étudiée montre que la sarcochorie est le type dominant avec 69,91%, il est suivi de très loin par les Ballochores (6,96%). Les espèces ascochores sont presque inexistantes avec moins de 1% de la flore étudiées (0,87%). (fig. 7).

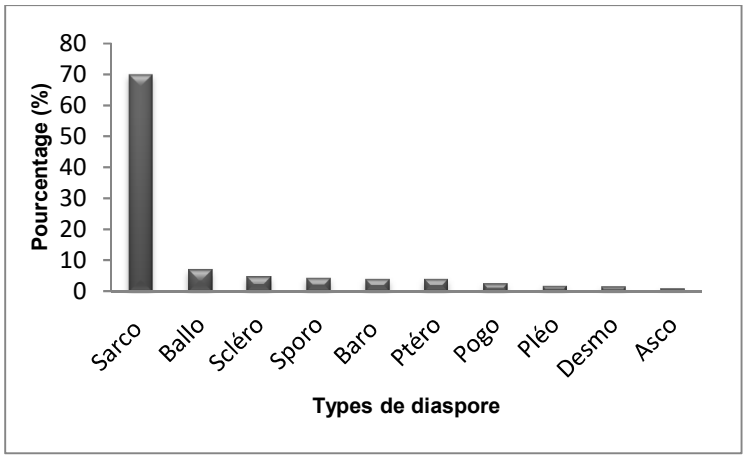


Fig. 7. Spectre brut des types de diaspore de la florule de Bélo

4 DISCUSSION

Cette étude a permis de dénombrer 575 espèces à L'Est du PNCD. Selon les travaux de Moutsambote & Nsongola (2012), [3], [4] la flore du PNCD est composée de 916 espèces et taxons infra spécifiques. En se basant sur les précédents travaux dans le PNCD, on compte environ 63% des espèces du PNCD dans cette zone Est.

Tableau 1. Proportions centésimales de grands groupes systématiques dans la florule de Bélo et d'Afrique

Auteurs	Trachéophytes à graines (%)	Trachéophytes à spores (%)
Présente étude, 2017	95,82	4,17
Moutsambote, Congo septentrional (2012)	95	5
Habari, Kinshasa, RDC (2009)	98	2
Lubini, Luki, RDC (1990)	96.4	3.6
Masens, Kikwit, RDC (1997)	96	4
Lubini, Kasaï, RDC (2001)	95.8	4.2
Belesi, Bas Kasaï, RDC (2009)	97,5	2,5
Oumorou, Benin (2003)	98.4	1.6
Reitsma, Gabon(1992)	89	11
Villiers, Cameroun (1981)	89	11
Ngok, Gabon(2005)	96	4
Parc national d'Odzala Congo Brazzaville (Kouka 2000)	99	1

Les taxons supérieurs de la florule de Bélo sont représentés en majorité par les Trachéophytes à graines (95,82%). La confrontation de nos données avec celles observées dans certaines forêts d'Afrique tropicale (tableau 1) fait remarquer que le nombre des Spermatophytes de la flore de Bélo est dans le même ordre de grandeur que ces forêts notamment au Nord du Congo avec [23], en RDC [24], [17], [25], [19], au Gabon [26] et au Benin [27].

Comme précisé par ces auteurs précités on note en général que les Tracheophytes à graines sont numériquement très bien représentées en Afrique tropicale. Les Tracheophytes à spore, de nature hygrophile, leur taux est généralement en dessous de 20%.

La florule de Bélo est dominée par les Rubiaceae, les Annonaceae et les Fabaceae. La dominance des Rubiaceae et des Fabaceae dans les forêts tropicales a été signalée depuis longtemps par plusieurs auteurs ([21]; [28]; [26]; [29]. En RDC [25], [17], [29] et [19] ont recensé des taux proche de 8 % des Rubiaceae. Au Gabon, [30] a enregistré près de 5% des Rubiaceae, au Cameroun et en RCA les taux des Rubiaceae enregistré par [31] et [32] sont proche de ceux de la RDC avec un taux d'environ 8%. Au Congo les travaux de [23] sont dans le même ordre de grandeur que ceux de la RDC, RCA et Cameroun. Kouka (2000) [33] quant à lui a enregistré un peu plus 10% de Rubiaceae au parc d'Odzala. Dans l'ensemble on remarque une dominance des Rubiaceae dans ces forêts tropicales et les résultats obtenus à l'Est du PNCD corroborent bien cette dominance longtemps constatée par les auteurs précités.

La présence à Bélo des familles endémiques du Centre Régional d'Endemisme Guinéo-Congolais décrites par White (1986) notamment les Huaceae, Pentadiplandraceae et de certaines familles caractéristiques de ce centre comme : Irvingiaceae, Myristicaceae, Clusiaceae, Combretaceae, Celastraceae, Sapotaceae, Moraceae, Meliaceae, Lecythydaceae prouve que notre zone d'étude s'intègre bien dans le centre régional d'endémisme guinéo-congolais décrit par [16].

Les espèces guinéo-congolaises prédominent à l'Est du PNCD. Cette tendance a aussi été constatée par plusieurs autres auteurs ayant mené des travaux dans différentes flores d'Afrique tropicale, on peut citer le cas du Nord Congo avec 62,70% des espèces guinéo-congolaise [23], de la RDC (82,3%, [29]), du Cameroun (93,4 %, [31])… La dominance des espèces guinéo-congolaise de cette zone d'étude démontre bien la faible perturbation de cette flore.

A Bélo parmi les espèces guinéo-congolaises les espèces bas-guinéo-congolaises représentent 15,54% et les espèces congolaises 5,87%, ces résultats confirment bien l'appartenance de notre zone d'étude au Domaine Bas-guinéen décrit par [16] avec une richesse particulière en espèces endémiques congolaises comme celles des genres *Anthonotha, Tessmania, Calpocalyx, Antrocaryon*.

Parmi les spectres écologiques, la flore de Belo met en évidence la prédominance des Phanérophytes qui sont caractéristiques de la flore des zones équatoriales et tropicales humides, les Héliophytes qui peuvent être des groupements herbeux bien éclairés, des arbres et des lianes du dôme arborescent supérieur constituent la base des espèces rencontrées dans ces zones de forêts tropicales, les Mésophylles et les Sarcochores qui traduisent que le fond floristique de notre zone est constitué d'espèces à fruits charnus. La consommation de ces fruits par la faune présente dans ce parc contribue principalement à la dissémination de plusieurs espèces dans la forêt.

La zone d'étude couvre environ 10.000 hectares, l'étude de la flore de l'Est du PNCD a permis de déceler une grande diversité floristique avec plus de 60% des espèces recensées dans les autres parties de ce parc. Cette étude a aussi permis de

signaler deux espèces jamais signalées dans la flore du Congo : *Eurypetalum tessmannii* Harms et *Podococcus acaulis* Hua**.** *Eurypetalum tessmannii* Harms n'a été signalée jusqu'alors dans le sud du Cameroun, en Guinée équatoriale et au Gabon. *Podococcus acaulis* Hua est connue seulement du Gabon.

L'Est du PNCD est très étendue et les missions de prospection de cette zone n'ayant pas été nombreuses n'ont pas permis de recenser toute la flore de cette zone. La poursuite des investigations dans cette zone pourrait encore relever le potentiel floristique du PNCD et recenser des espèces encore méconnues dans la flore du Congo.

5 CONCLUSION

L'inventaire global de la flore de l'Est du PNCD a permis de mettre en évidence une flore très diversifiée avec près de 575 espèces parmi lesquelles deux sont une découverte pour la flore du Congo.

Dans cette flore les Trachéophytes à graines sont dominantes, cette même tendance signalée ailleurs en Afrique tropicale. L'appartenance de cette zone au domaine d'endémisme Guinéo-congolais et Bas-guinéen a bien été mise en évidence avec une richesse particulière en espèces endémiques congolaises.

Les spectres écologiques ont mis en évidence la dominance des phanérophytes, des sarcochores et des mésophylles, ce qui est une caractéristique de la flore des zones tropicales humides.

La présente étude apporte une contribution à la connaissance de la flore du Parc National Conkouati-Douli, en effet la partie Est n'a jamais fait l'objet d'étude de grande envergure.

Il serait intéressant de poursuivre les investigations dans cette zone afin d'affiner la connaissance floristique et phytogéographique de ce parc.

REMERCIEMENTS

Nous tenons à remercier l'Institut Jane Goodall qui a rendu possible, grâce à son appui financier et logistique les recherches sur le terrain et les membres de l'équipe de collecte de données : Christ Tchitembo, Bienvenu Goma, Noel Kiyindou.

REFERENCES

[1] De Wasseige C., Flynn J., Louppe D., Hiol Hiol F., Mayaux Ph. Les forêts du bassin du Congo : Etat des forêts 2013, 325p, 2014.
[2] PFBC, Les forêts du bassin du Congo: Évaluation préliminaire. DOI http://carpe.umd.edu/products/PDF_Files/FOCB_APrelimAssess.pdf, 2005.
[3] Hecketsweiler P., Doumenge C., & Mokoko-Ikounga, J. La réserve de Conkouati, le secteur Sud-Est, INJ Sarl, Evry, France, 335p, 1991.
[4] Doumenge La Reserve de Conkouati : Congo le secteur sud-ouest. INJ Sarl, Evry, France, 231p, 1992.
[5] Hall J.B., Swaine M.D. & Alexander I.J. "Tree Population Dynamics at Kade, Ghana (1968-1982)", Journal of Tropical Ecology, Vol. 3, No. 4, Special Symposium Issue: The Dynamics of Tree Populations in Tropical Forest (Nov., 1987), pp. 331-345, 1987.
[6] APG IV "An update of the Angiosperm Phylogeny Group classification for the orders and families of flowering plants: APG IV". Botanical Journal of the Linnean Society, 2016, 181, 1–20. With 1 figure, 2016.
[7] Christenhusz M.J.M., Xian-Chun Z. and Schneider H. "A linear sequence of extant families and genera of lycophytes and ferns". Phytotaxa 19: 7–54, Magnolia Press, 2011.
[8] Boupouya-Mapikou A. ''La végétation des clairières sur sol hydromorphe dans le massif forestier du nord-est du Gabon : premières études sur la clairière de Mékandjé (parc national de l'Ivindo)'', Acta Bot. Gallica, 157 (1), 135-150, 2010.
[9] Engler. ''Die Vegetation der Erde 9'', Die Pflanzenwelt Afrikas 1 : 681-768, 1910.
[10] Lebrun J. La végétation de la plaine alluviale au sud du lac Edouard. Expl. Parc Nat. Albert, Mission J. Lebrun (1937–1938), 467 p. Fasc. 1, Bruxelles, Inst. des parcs nationaux du Congo belge, 1947.
[11] Robyns W. Les territoires phytogéographiques. In encyclopédie du Congo belge. Éd. Bieleveld, Bruxelles, 1: 408-424, 1950.
[12] Monod T. Les grandes divisions chorologiques de l'Afrique. CSA/CCTA, n°24. ,1957.
[13] Aubréville A. ''Les étranges mosaïques forêt-savane du sommet de la boucle de l'Ogooué au Gabon''. Adansonia, 7, 1 : 13-22, 1962.
[14] White F. ''The guineo-Congolian Region and its relationship to other phytochoria". Bull. Jard. Nat. Belg.49, pp 11-55, 1979.
[15] White F. The vegetation map of Africa. A descriptive memoir, UNESCO, Natural Ressourcese Research 20: 1-356, 1983.

[16] White F. La végétation de l'Afrique. Adaptation française, P. BAMPS. ORSTOM/UNESCO, Paris, Coll. Rech. Res. Nat. XX : 384p, 1986.
[17] Lubini A.C. ''La flore de la réserve forestière de Luki (Bas-Zaïre)'' Comptes Rendus de la XIIè Réunion Plénière de l'AETFAT Symposium I. Mitt. Inst. Allgr. Bot. Hamburg. Band 23a, s. 135-154, 1990.
[18] Koechlin J. La végétation des savanes dans le sud de la Rép. Du Congo-Brazzaville. Mém. ORSTOM, 1, 310 p., 1961.
[19] Belesi K.K. Etude floristique, phytogéographique et phytosociologique de la végétation du Bas-Kasaï en République Démocratique du Congo. Kinshasa, Université de Kinshasa, Thèse de doctorat.328p, 2009.
[20] Raunkiaer C. ''The life forms of plants and stastical plant geography'', Oxford, 1 vol. 632p. (Claredon Press, Oxford.), 1934.
[21] Evrard C. ''Recherches écologiques sur le peuplement forestier des sols hydromorphes de la cuvette centrale congolaise''. Publ. INEAC., ser. Sc. 110, 295, 1968.
[22] Dansereau P. and Lems, K. ''The grading of dispersal types in plant communities and their ecological significance''. Contrib.Inst. Bot.Univ. Montréal, 71:52pp., 1957.
[23] Moutsamboté J-M. Etude écologique, phytogéographique et phytosociologique du Congo septentrional (Plateaux, Cuvettes, Likouala et Sangha), Fac; Sciences, Univ. Marien Ngouabi, Thèse de Doctorat d'Etat, 632p., 2012.
[24] Habari Mulawa J.P. Etude floristique, phytogéographique et phytosociologique de la végétation de Kinshasa et des bassins moyens des rivières N'djili et N'sele en République Démocratique du Congo. Kinshasa, Université de Kinshasa, Thèse de doctorat.273p., 2009.
[25] Masens Etude phytosociologique de la région de Kikwit (Bandundu, Rép. Dém. Du Congo). Bruxelles, Université Libre de Bruxelles. Thèse de Doctorat. 398p. 3 annexes hors texte., 1997.
[26] Ngok Banak Ludovick Diversité végétale des Inselberges et des Dalles rocheuses du Nord du Gabon. Thèse de doctorat. ULC. Labo. bot. Syst. & Phyt. 420p., 2005.
[27] Oumorou M. Etudes écologique, floristique, phytogéographique et phytosociologique des inselbergs du Bénin. Université libre de Bruxelles, Faculté des sciences, Thèse de Doctorat en Sciences, 210 p., 2003.
[28] Reistsma. ''Forest vegetation of Gabon''. Tropenbos Technical Series 1. Tropenbos Foundation, Ede, The Netherlands. 142 p., 1992.
[29] Nshimba S-M. Etude floristique, Ecologique et Phytosociologique des forêts inondables de l'Île Mbiye à Kisangani (R.D.Congo). Thèse de doctorat, ULB. 272p, 2006.
[30] Doucet J.-L., - L'alliance délicate de la gestion et de la biodiversité dans les forêts du Gabon. Thèse de doctorat, Faculté universitaire des sciences agronomiques de Gembloux, Belgique, 323 p. + annexes, 2003.
[31] Sonke B. Étude floristiques et structurales des forêts de la réserve de faune du Dja (Cameroun). Thèse de doctorat. Université Libre de Bruxelles. 267 p., 1998.
[32] Yongo D. O. Contribution aux études floristique, phytogéographique et phytosociologique de la forêt de Ngotto (République Centrafricaine), Acta Botanica Gallica, 150:1, 119-124, DOI: 10.1080/12538078.2003.10515992, 2003.
[33] KOUKA, L.A. Recherche sur la flore, la structure et la dynamique des forêts du parc national d'Odzala (Congo-Brazzaville). Bruxelles, Université libre de Bruxelles ; Thèse de Doctorat. 488p, 2000.

International Journal of Innovation and Applied Studies
ISSN 2028-9324 Vol. 27 No. 1 Aug. 2019, pp. 133-145
© 2019 Innovative Space of Scientific Research Journals
http://www.ijias.issr-journals.org/

Forest Feeding Phenology of *Pan troglodytes* (chimpanzee) east of Conkouati-Douli National Park, Republic of Congo

Teva Juste Vivia Kami[1-2], Jean-Marie Moutsambote[1-2], Sofia Fdez-Navarro[3], Laura Darby[4], and Rebecca Atencia[3]

[1]National Herbarium, National Institute of Research in Exact and Natural Sciences (IRSEN), Route Gascogne, château d'eau, BP. 2400, Brazzaville, Republic of the Congo

[2]National School of Agronomy and Forestry (ENSAF), Université Marien NGOUABI, BP 69 Brazzaville, Republic of the Congo

[3]Jane Goodall Institute, Tchimpounga Nature Reserve, Département du Kouilou, Republic of the Congo

[4]University of Edinburgh, Scotland, United Kingdom

Copyright © 2019 ISSR Journals. This is an open access article distributed under the ***Creative Commons Attribution License***, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

ABSTRACT: This study presents the feeding phenology of chimpanzees in the forests of the Conkouati-Douli National Park (CDNP) as part of a larger assessment of its suitability for chimpanzee reintroduction. All phenological monitoring and follow-up were conducted using the methods outlined by Diouf & Zaafouri (2003). Observation yielded five species that were found to be used by chimpanzees. Some of these species were also found to be used by chimpanzees for nesting. A strong link between rainfall and phenology was found in the area. Most fruiting was observed during periods of slower rainfall, while flowering occurred in the rainy season. This study assessed more than 300 trees, including those of the species *Staudtia kamerunensis var. gabonensis, Trichoscypha acuminata, Uapaca guineensis, Vitex grandifolia* and *Xylopia aethiopica,* all of which are regularly found in the diet of chimpanzees in the CDNP. The patterns of fruiting and availability were also compared to those at other tropical forests, particularly those that also support chimpanzees. These results, though focused on only five species of trees, can constitute a database to guide further research in the CDNP, as well as in other tropical African forests, in order to properly assess chimpanzee food security and sustainability in the wild.

KEYWORDS: Phenology, species, feeding, *Pan troglodytes*, Conkouati-Douli National Park, Congo.

1 INTRODUCTION

Tropical forests lie at the heart of many international issues concerning climate change and the conservation of biodiversity. These forests are under increasing pressure; pressure that could lead to the serious degradation of their biodiversity.

During the 1980s, key stakeholders were made aware of the biological impacts of human development, helping to build focus on conservation worldwide. It led to a number of initiatives, particularly in the Congo Basin region, establishing laws to protect biodiversity and the preservation of forest resources through the creation of protected areas.

The Conkouati-Douli National Park (CDNP), part of the Mayombe Forest Complex, is last of the three forested zones that make up the Congo Basin, and is the second largest national park in Congo, second only to Odzala National Park, with an area of 504,950 ha. It is the most ecologically diverse park in the Republic of Congo.

Our study was conducted with the belief that, in order to manage this park properly, it was necessary to document the flora that sustains the wildlife living within the park.

Corresponding Author: Teva Juste Vivia Kami

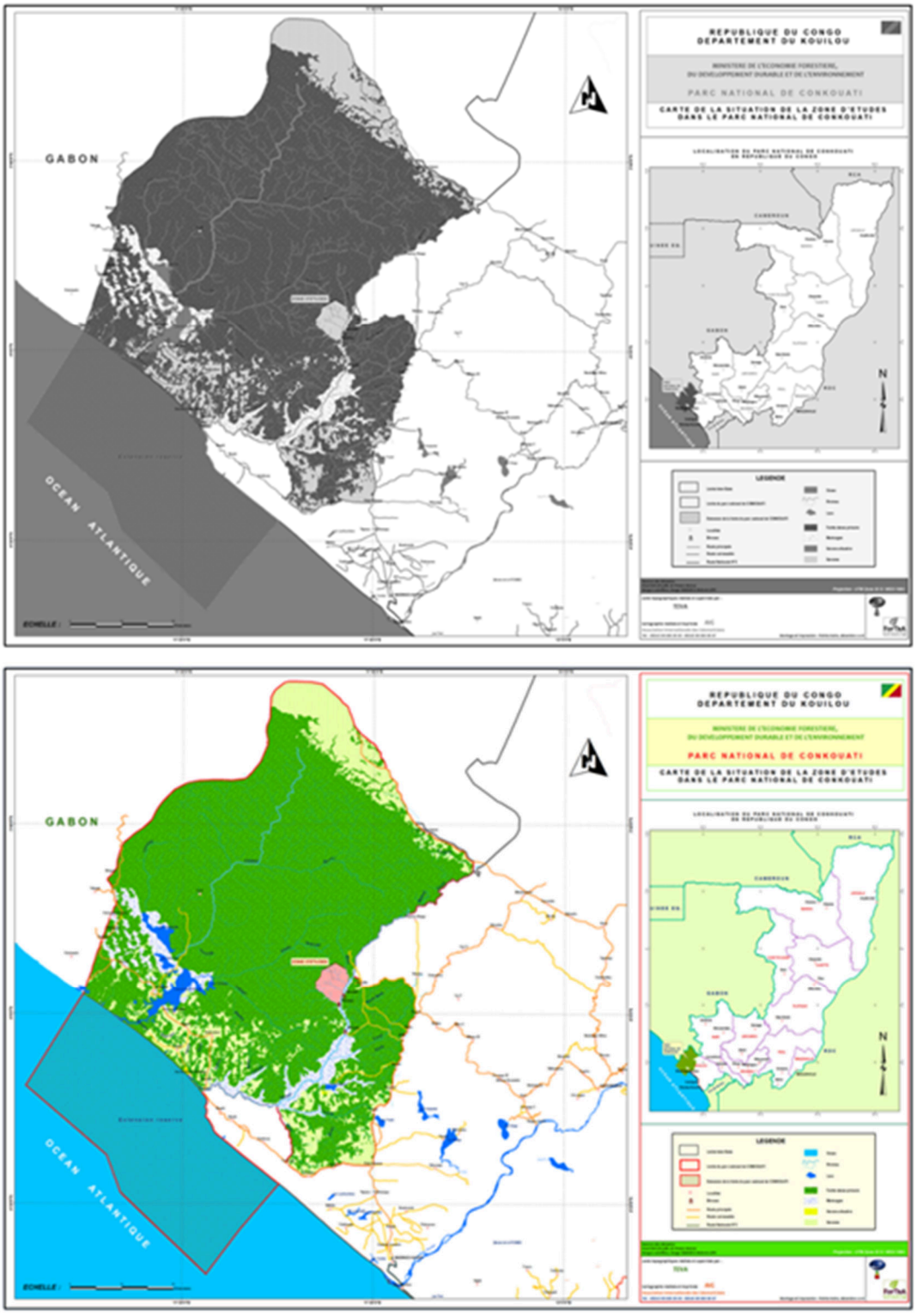


Fig. 1. Study area in the CDNP

Bélo, a site within the park, is planned to be a release zone for the sanctuary chimpanzees of Tchimpounga.

Because chimpanzees are an endangered species and their diet is frugivorous, a phenological assessment of their preferred fruiting species is crucial to the selection of any potential release site. We therefore focused our preliminary study on the fruiting periods and availability of species consumed by chimpanzees to determine whether Bélo would provide adequate resources for chimpanzee survival.

To properly assess the phenology of all the species at CDNP that might be necessary for chimpanzee survival, we took the following steps: documenting the species consumed by chimpanzees, the periods of flowering and fruiting for these species, as well as their amplitude of fructification.

2 MATERIAL AND METHODS

2.1 FIELD OF STUDY

Conkouati-Douli National Park (CDNP) is one of the newest Congolese national parks, and is its second largest. It covers an area of 504,950 ha and is located in the Kouilou Province, straddling the districts of Nzambi and Madingo-Kayes, at the northwestern end of the landscape. It includes both terrestrial and marine ecosystems. We focused our study at Bélo, which is within CDNP's eastern section (S 3 ° 58'06.6 ", E 011 ° 36'53.2") of the park on the right bank of the Noumbi river.

2.2 STUDY METHODS

The goal of phenological monitoring is to determine, for a given site, the average timeline of development for individual taxa (appearance, development, decline) through observations at various dates. These observations focus on the development of organs, such as leaves, flowers, and fruit [1]. For the monitoring chimpanzee feeding phenology, the following steps are recommended:

- Selection of useful species for chimpanzees

A list of about 100 species of trees, shrubs, vines, and herbs was assessed for its role in chimpanzee lifestyle and diet. In this work, we present the results of five (5) plant species, ranging from as small as 20 cm in diameter, that were among the initial survey of 100 species. These 5 species were chosen based on their importance within the ecosystem as well as their key role in chimpanzee nutrition.

- Sampling

To follow the phenological evolution of the vegetation, the common technique is to conduct regular surveys during which the state of the vegetation is documented [2]. This very general method, however, must be adapted to the scope of the research being conducted, the materials being documented, and the specific methodologies referenced [3] *in* Sibidou (1991).

Frankie (1974) [4] outlines the ideal conditions for a proper phenological study:

- Choice of a relatively undisturbed study site, protected from outside pressures (bushfires, cuts, etc) and accessible at any time of the year.
- High enough population, so as to be representative of the overall population considered, thereby revealing an average behavior of the species.

Following the conditions laid out as per [4], our sampling consisted of the creation of seven (7) transects, on average 5 km-long, on which selected trees were marked (Fig. 2).

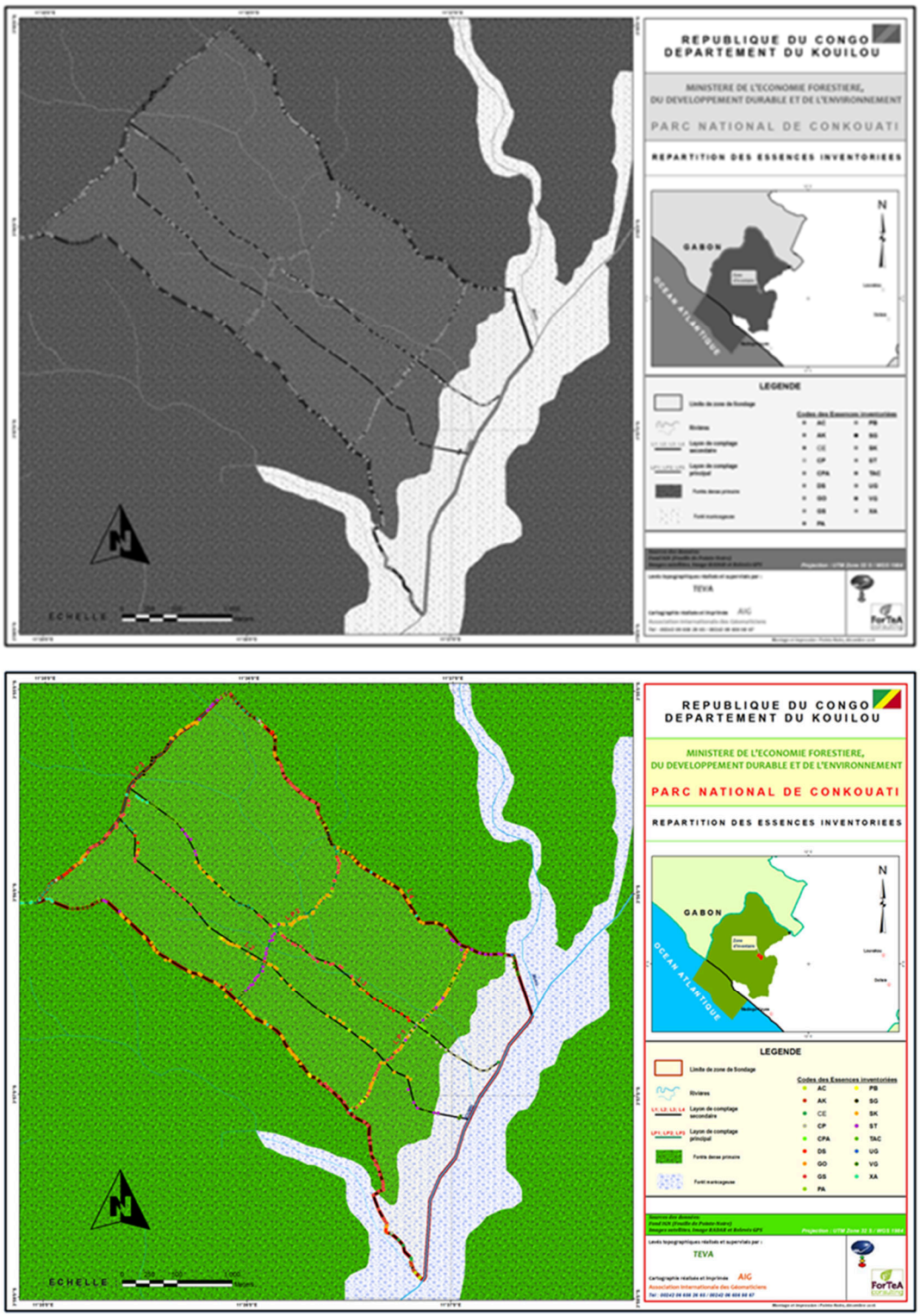


Fig. 2. Sampling transects in the study area

- Observational Criteria

The study of phenology is based on observation. Leafing, flowering, and fruiting are the three phases typically observed, called "phenophases," and whose morphological characterization differs from one individual to the next. Ewusie (1969) [5] does not distinguish stages within the phenophases and considers that "flowering" starts at the first flower buds to the time when most flowers have evolved, and he includes the fall of floral parts. He considers the start of fructification to be the fall of mature fruits. According to our study objectives, and using [5] as a model, we considered two (2) phenophases: flowering and fruiting.

We defined “flowering” as the period from the formation of the first flower buds to the moment when most of the flowers had evolved and through the fall of the floral pieces.

For our assessment of “fruiting,” we defined the process with two (2) stages: early fruiting (immature fruit, fruit set early in ripening) and fruit ripening (mature fruits, from ripening to falling fruits).

- Frequency of Observation

A high frequency of observations can guarantee the quality of the results. The time interval separating two successive observations must be shorter than the duration of the fastest process of the cycle [3]. It is therefore variable according to the species, the time of the year, and the desired events to be observed. Oftentimes the timeline is quite short, as in the case of fine organ development studies, and may range from a few days during the peak season of vegetative activity to one (1) month or more for larger nursery studies. In the case of our study, we made observations at the interval of one (01) month for 22 months (from January 2015 to November 2016), as the conditions at our study site did not permit notable observations at a more frequent interval, nor would it have yielded more conclusive results.

3 RESULTS

3.1 SELECTED SPECIES

Within the study, five (5) species were selected from the species assessed, chosen based on their use by chimpanzees. These species were determined to constitute a regular source of nutrition for chimpanzees in this area, and belong to 5 families. A total of 302 individual plants, ranging in diameter from 20 to 290 cm were surveyed (Table 1).

Table 1. Species monitored, number of individuals monitored and results

Species	Family	Number of Individuals monitored	Number of productive plants (proportion to the population of the species)
Staudtia kamerunensis var. gabonensis	Myristicaceae	213	115 (54)
Trichoscypha acuminata	Anacardiaceae	7	07 (100)
Uapaca guineensis	Phyllanthaceae	7	07 (100)
Vitex grandifolia	Lamiaceae-Viticoideae	55	20 (36.36)
Xylopia aethiopica	Annonaceae	20	17 (85)
TOTAL		**302**	**166 (55)**

3.2 THE PHENOLOGY OF SPECIES

The different phenological behaviors of these 5 species are detailed below:

3.2.1 STAUDTIA KAMERUNENSIS WARB. VAR. GABONENSIS FOUILLOY

- Description of the species

Evergreen, dioecious or monoecious, a medium to fairly large tree up to 35 m tall; trunk up to 90 cm in diameter, crimson inner bark, exuding an abundant, aqueous, dark red juice. Leaves alternate, simple and entire; blade narrowly oblong to oblong-lanceolate or narrowly elliptical, 5.5-16 cm × 1.5-6.5 cm. Unisexual, regular, short-haired and dense reddish-brown flowers. Fruit is an ellipsoid drupe 2-5 cm × 1.5-4.5 cm, in groups of 20, slightly fleshy at maturity, dehiscent in 2 valves, containing 1 single seed. Seeds ellipsoid or ovoid, 1-2 cm long, dark brown, with a finely fleshy aril, red or pink, almost completely enveloping the seed (www.prota4u.org, Fig. 3).



Fig. 3. Mature fruits in Staudtia kamerunensis Warb. var. gabonensis Fouilloy

- Chimpanzee Use

The use of this species by chimpanzees is limited to the consumption of mature fruits.

- Phenological cycle of the species

Within CDNP, *Staudtia kamerunensis var gabonensis* produces fruit almost all year round. Flowering and fruiting is abundant because of the length of each phase, nine (9) months for flowering and ten (10) months for fruiting. Phenological observations of this species have shown that flowering begins in January, peaks between April and June, and ends in September. More than 20% of the surveyed plants bloomed in the study area. Fruiting follows the month after the initial flowering, in February, with fruit ripening commencing in April and reaching its peak during the dry season and until the arrival of the rains in October that go through the end in January. A total of 54% of the observed trees within the study site were productive during the observation period (Fig. 4).

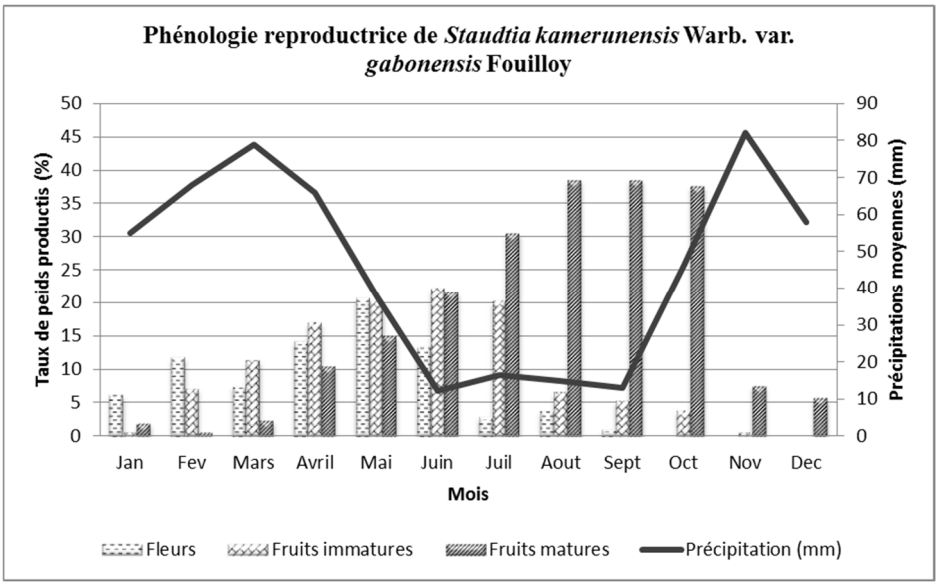


Fig. 4. Reproductive phenology of Staudtia kamerunensis Warb. var. gabonensis Fouilloy

3.2.2 TRICHOSCYPHA ACUMINATA ENGL.

- Description of the species

Trees up to 20 m tall and 40 cm in diameter. Leaves alternate, an imparipinnate compound, large, up to 1.5 m long. Dioecious and cauliflower plants. Inflorescences in pendent pyramidal panicles on the bumps of the trunk. Flowers are reddish-brown on the outside. Fruits are in bunches of twenty to a hundred oblong drupes measuring up to 7 x 4 cm; red, velvety,

densely pubescent with single, white hairs; fleshy pulp, juicy, red; oblong nucleus with tough endocarp (www.prota4u.org, Fig. 5).



Fig. 5. Mature Fruits of Trichoscypha acuminata Engl.

- Chimpanzee Use

The mature fruits of *Trichoscypha acuminata* are eagerly consumed by chimpanzees as well as by other primates in general. The use of this tree by chimpanzees is limited to the consumption of its fruits.

- Phenological cycle of the species

The fruiting of *Trichoscypha acuminata* operates on an annual frequency. It produces fruit once a year between June and January. The flowering period is 5 months on average; it starts from June to October and usually reaches its peak in August with 100% of the plants observed in bloom. Fruit development lasts 3 months, on average, and goes from August to November. The peak of fruit ripening occurs between November and December, with mature fruits falling through to the end of January. All of the plants of this species within the study site came into production during our observation period.

Outside this normal cycle, an additional episode was observed of low-amplitude flowering that did not result in maturation, during February through April. (Fig. 6)

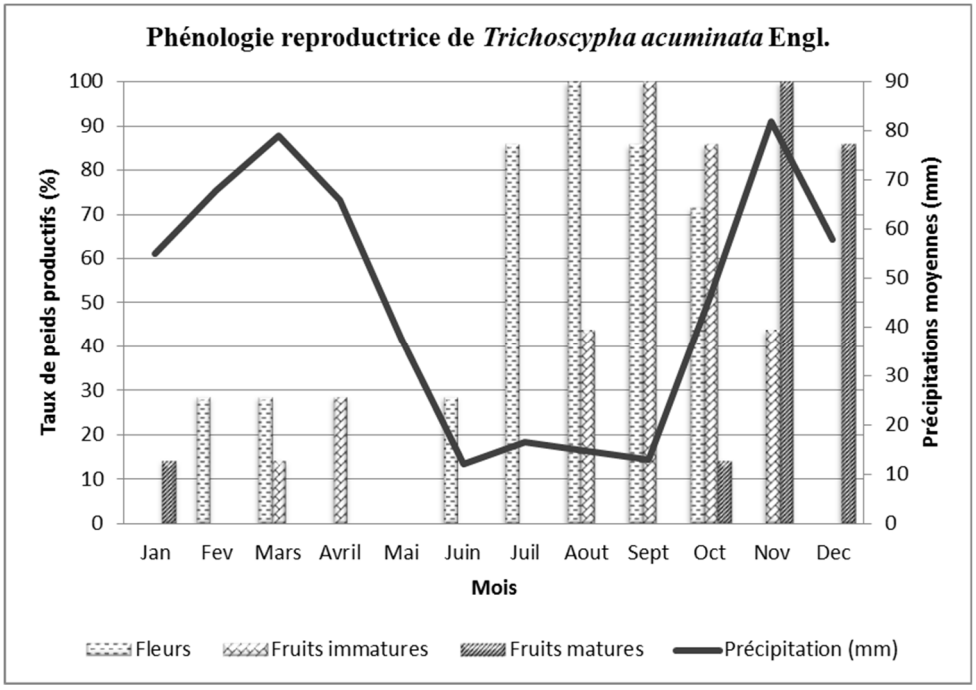


Fig. 6. Reproductive phenology of Trichoscypha acuminata Engl.

3.2.3 UAPACA GUINEENSIS MÜLL.-ARG.

- Description of the species

Dioecious tree, small to medium-sized, up to 18 (-30) m tall; up to 100 cm in diameter, often on rounded stilt roots that are up to 3 m tall. Leaves alternate, grouped towards the ends of the branches, simple; broadly obovate lamina, (5-) 9-24 cm × (2-) 4-10 (-17) cm. Male inflorescence: axillary, globose to ovoid capitulum, 4-7 mm in diameter; solitary female flowers; pedicel 8-15 mm long, 6 unequal calyx lobes, triangular to rounded, 1-1.5 mm long. Fruit: almost globose drupe 2-2.5 cm in diameter, warty, glabrous, greenish, 3-ringed, usually 1 seed per nucleus (www.prota4u.org, figure 7).



Fig. 7. Mature Fruits of Uapaca guineensis

- Chimpanzee Use

The plants of this species, *Uapaca guineensis,* are used by chimpanzees for nesting. The mature fruits of this species are also very popular with chimpanzees.

- Phenological cycle of the species

Uapaca guineensis has an annual cycle that depends on the rainfall in the area. Flowering lasts 4 months on average and occurs between November and March, during the rainy season. Fruit development starts in January, ripening in March reaching its peak between April and June and ending in July. During the months of August and September, the driest months of the year in this area, no fruiting or flowering events were noted. All the plants observed came into production during the study period (Fig. 8).

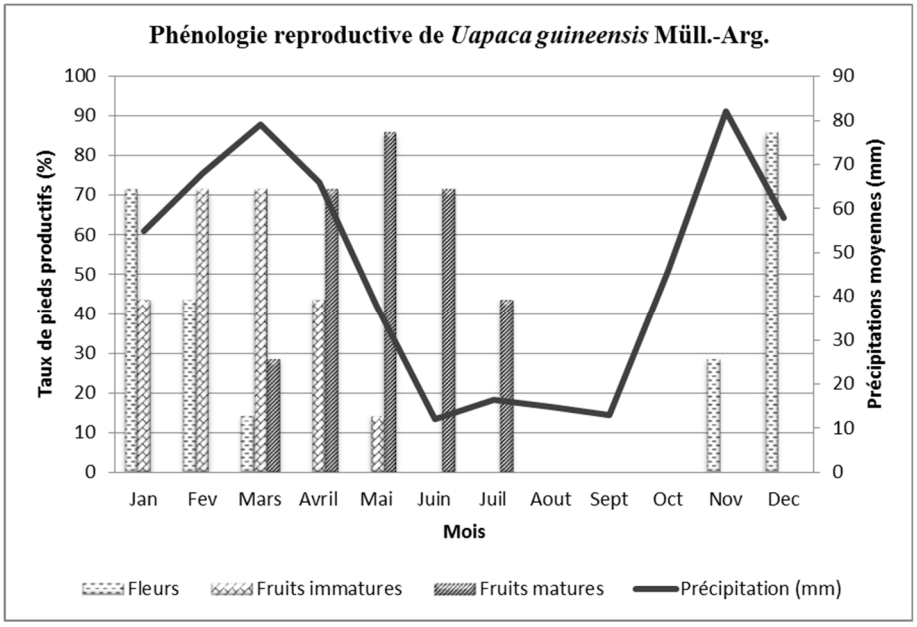


Fig. 8. Reproductive phenology of Uapaca guineensis Müll.-Arg.

3.2.4 VITEX GRANDIFOLIA GURKE

- Description of the species

Vitex grandifolia is a shrub or evergreen tree, small to medium-sized, up to 20 m tall, 60 (-120) cm in diameter. Leaves opposite, compound fingered with 5 (-7) leaflets; leaflets obovate, 13-40 cm × 6-20 cm, whole, finely leathery, glabrous. Inflorescence an axillary cyme, compact, up to 7 cm long, many-flowered; peduncle up to 5 cm long. Flowers bisexual, yellowish, finely hairy. Fruit is an ellipsoid to globose drupe 1.5-2 cm long, yellowish when ripe but later become black and fleshy, containing up to 4 seeds (www.prota4u.org, Fig. 9).



Fig. 9. Immature fruits of Vitex grandifolia Gurke

- Chimpanzee Use

This species' ripe fruits are eaten by chimpanzees, and they use the tree for nesting.

- Phenological cycle of the species

While the annual cycle of production was observed to be normal, there were some short episodes of flowering (less than 5% of observed individuals) and an abnormal appearance of fruit in the fourth quarter of the year. The normal cycle of this species begins in January with flowering reaching its peak in February, and fruit appears between February and June. The fruits reach their maturity from March to June, with a big peak of development in the latter month. It has been noted that the appearance of fruits occurs during the rainy season, but maturation of those fruits only occurs during the end of rainy season in May until July-August. Thirty-six (36)% of the plants surveyed were productive during our observations (Fig. 10).

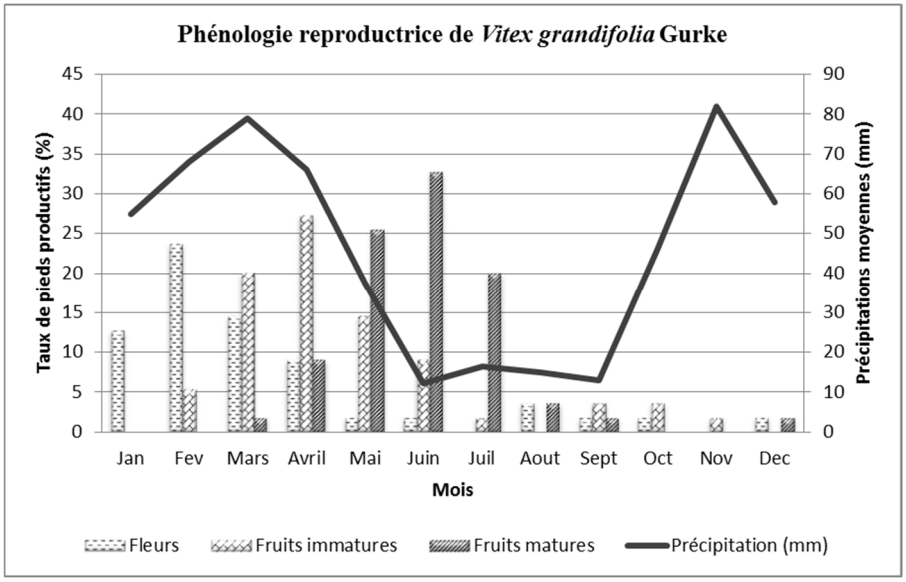


Fig. 10. Reproductive phenology of Vitex grandifolia Gurke

3.2.5 XYLOPIA AETHIOPICA (DUNAL) A. RICH.

- Description of the species

This tree can be up to 30 m tall and 70 cm in diameter. Leaves alternate, simple; elliptical limbs up to 20 x 9 cm, leathery, pointed apex. Inflorescences in fascicles of 2-6 flowers or solitary flowers. Trimeric flowers about 5cm long, whitish in color, very fragrant, hermaphrodite. Fruits: clusters of 20-30 cylindrical follicles, up to 6 x 1 cm, slightly constricted between the seeds, red-brown on the outside, turning completely after dehiscence, bright red on the inside. 4-9 seeds are present, shiny brown with an orange aril (www.prota4u.org, Fig. 11).



Fig. 11. Fruits of Xylopia aethiopica

- Chimpanzee Use

Chimpanzees consume the mature fruit of this species, either taken directly from the tree or from those fruits that have fallen at the foot of the tree.

- Phenological cycle of the species

Xylopia aethiopica experiences a normal phenological cycle. Flowering lasts approximately 4 months from May to August, with peak flowering in July. Fruit development begins in June and lasts about 3 months. Maturation begins in August and peaks

between September and November with more than 80% of observed plants bearing mature fruit. Mature fruits were observed until March (Fig.12).

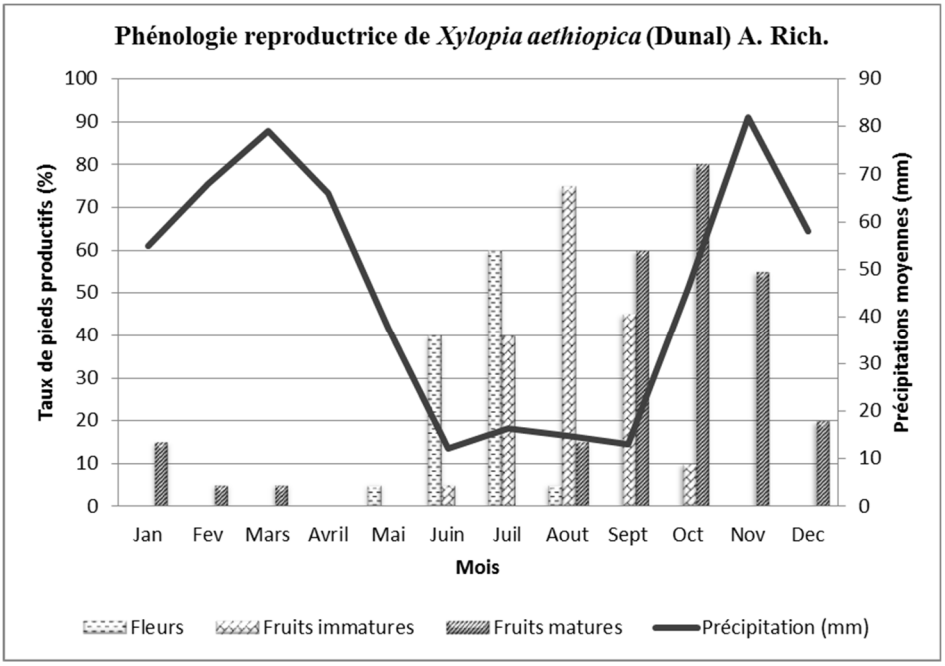


Fig. 12. Reproductive phenology of Xylopia aethiopica (Dunal) A. Rich.

4 DISCUSSION

Although *Staudtia kamerunenis var gabonensis* bears fruit all year round, there is a peak of fruit ripening within the dry season. This trend is also observed in *Uapaca guineensis* and *Vitex grandifolia*. The fruit ripening of *Xylopia aethiopica* occurs at the end of the dry season, while the ripening of *Trichoscypha acuminata* occurs during the rainy season.

These defined periods of fructification have also been observed in other tropical forests. The works of [6] and [7] in [8] reported several species clustering their fruiting within the dry season. Daubenmire (1972) [9] observes, in the semi-deciduous forest of Costa Rica, that large trees fruit just before the rainy season. In Nigeria, [10] observed the fruiting of twenty-six (26) valuable species, and also found maximum production occurred at the end of the dry season. Menga (2012) [11], in the DRC, also noted the maturity of *Milettia laurentii* fruits in the dry season, specifically during the transition from the dry season to the rainy season. For *Pericopsis elata* in Yangambi (DRC) and surveyed by [12], fruiting begins in the dry season and extends into the rainy season in October. In the Ivory Coast, as observed by [8], trees within tropical forests tend to grow in the heart of the dry season; that is to say, taking into account the water reserves of the soil, just before the water deficit settles, or, in other words, at the end of the activity cycle. Richards (1952) [13] in the New Hebrides, reports that, when there is a dry season, that it is a key time for fruiting.

Flowering, in our study area, occurs mainly in the height of rainy season, the “big rains,” between February and June. *Trichoscypha acuminata* and *Xylopia aethiopica* are the only exceptions to this trend among the five species documented. These observations have also been reported in several equatorial semi-deciduous forests. Gillet *et al.* (2008) observed rainy season flowering in more than 50% of the ten (9) commercial species they surveyed in their phenological assessment at Pokola in northern Republic of Congo. Menga (2012) [11], in the DRC, noted the flowering of *Millettia laurentii* in the rainy season during its leaf-emergence period. Medjibe (2001) [14]; and [15] made the same observations in *Entandrophragma spp.* within the Central African Republic. According to [16], *Prioria balsamifera*, *Terminalia superba,* and *Xylopia welwitschii* in the DRC also produced flowers during the rainy season. Poupon (1979) [17], at Fété Olé in northern Senegal, noted that more than 60% of the species observed in the woody strata there were in bloom during the rainy season, with the rest of the species blooming in the dry season.

Overall, the plants within our study site and their phenology are closely related to the seasonality of precipitation in the area. Fruiting occurs during periods of slowing rainfall and flowering occurs within the rainy season.

These observations have allowed us to document the similarities and differences of phenological behavior between the species within the CDNP and those same species in other tropical forests in Africa, and gauge whether that behavior can support reintroduced chimpanzees.

For example, *Staudtia kamerunensis* Warb. *var. gabonensis* Fouilloy fruits almost all year in Congo and Gabon according to the observations of [18].

Trichoscypha acuminata Engl. has nearly identical fruiting months and the same amplitude both in the Congo, Gabon [19] and in the Ivory Coast [8].

The fruiting period of *Uapaca guineensis* Müll-Arg. is longer in Gabon and Tanzania [8], [19] compared to our observations in the Congo. In the Ivory Coast, it stretches over two periods. Similarly, however, there was fructification of this species in all four countries between March and April.

In Gabon [19] the fruiting of *Vitex grandifolia* Gürke begins 3 months earlier than it does in Congo but ends within the same period, in both countries, after more than 6 months of production.

The fruiting amplitude of *Xylopia aethiopica* (Dunal) A. Rich. in Congo and Gabon [19] is more than seven (7) months, and it is shorter than it is in Ivory Coast [8] where it is completed within 4 months. The months of December, January, and February are the key months for fruiting in this species in all 3 countries.

Given the previous work documented for these species in other tropical forests, the phenological behavior of these species is not surprising. And, among the observations, a periodicity of fruiting and flowering in dense, equatorial forests is consistent. As [20], [18] argues, the reproductive cycles of tropical species are conditioned by the rhythm of the rains. These observations reflect our findings at Bélo, within the forests of the Congo Basin.

As a chimpanzee's diet is primarily frugivorous [21], the knowledge of phenology, or, specifically, the fruiting period of those species consumed by chimpanzees, is very important for their survival in the wild. The knowledge of the fruiting periods of these species can not only shed light on chimpanzee behavioral patterns but can aid in the establishment of their improved conservation. As Bélo is part of a national park with both wild chimpanzees and semi-captive, the knowledge of the phenological map of their preferred feeding will dictate management and planning for its future as a release site. Based on a number of studies, appropriate chimpanzee habitat is defined by two key elements: the spatial and temporal distribution of food and plant species useful for the construction of their nests.

5 CONCLUSION

By studying the plant species at Bélo and increasing our knowledge of the phenology of chimpanzees' preferred species, we now know when fruits are available throughout the site. And, by comparing our results with those from other chimpanzee habitats across Africa, whether these species can sustain the reintroduction of chimpanzees to the site. Our results for than 300 plants in the area constitute a database that can serve as a guide for park managers and conservation stakeholders. It can additionally guide the use of practical measures for the sustainability of the natural resources that abound in this area. And, noting Bélo's phenological similarity to other forests of tropical Africa, some of which are home to wild chimpanzees (northern Congo, Gabon), these guidelines can be used continent-wide

Though our objectives were met through the completion of this research, further investigations should be conducted on the additional species that will be necessary to sustain an increased chimpanzee population in Bélo and throughout CDNP.

ACKNOWLEDGEMENTS

We would like to thank the Jane Goodall Institute and the field team: Fernando Turmo, Bienvenu Ngoma, Christ Tchitembo, Espoir Nzobadila, Noel Kiyindou who all actively participated in the field data collection.

REFERENCES

[1] M. Diouf and M. S. Zaafouri , "Comparative Phenology of Acacia raddiana north and south of the Sahara". A tree in the desert: Acacia raddiana. Paris, France, Ird editions, pp. 103 – 118, 2003.

[2] H. Lieth, "Phenology and Seasonalty Modeling". *Ecological Studies. Analysis and Synthesis*, n°8, pp. 1-19. 1974.

[3] J.F. Duranton, ''Etude phénologique de groupements herbeux en zone tropicale semi-aride. I. Méthodologie''. *Adansonia*, sér. 2, (2), pp.183-197, 1978.

[4] W.G. Frankie, H.G. Baker and P.A. Opler, "Comparative phenological studies of trees in tropical wet and dry forests in the lowlands of Costa Rica", *Organization for Tropical Studies*, pp. 881-919, 1974.

[5] J. Y. Ewusie, "Preliminary studies on the phenology of some woody species of Ghana", *Ghana Journal of Science*, 1969,8,3/4: 126-151, 1969.
[6] E.W. Jones, "Ecological studies in the rain forest of Southern Nigeria. IV: The plateau forest of the Okoma forest reserve. Part 2: The reproduction and history of the forest.", *J. Eco /, 44: 83-117,* 1956.
[7] B. Rollet, *Etude quantitative d'une forêt dense sempervirente de la Guyane vénézuélienne*. Thèse, CNRS. N° Ao. 2969, 1969.
[8] D. Alexandre, ''Caractère saisonnier de la fructification dans une forêt hygrophile de Cote d'Ivoire'', *Rev. Ecol. (Terre Vie)*, vol. 34, 34, pp. 335-359, 1980.
[9] R. Daubenmire, ''Phenology and other characteristics of tropical semideciduous forest in North-Western Costa Rica'', *Journal of Ecology, vol* 60, pp. 147-170, 1972.
[10] F.E. Dommen, ''Availability of Seeds of Nigerian Forest Trees'', *Niger. For. Inf. Bull*., 47, 1958.
[11] P. Menga, ''Phenology and fruiting diameter of wenge, Millettia laurentii De Wild. : Implications for Management'', *Tropical Timber and Forest*, 2012, N°. 3 12 (2), 2012.
[12] K. Tshibangu, ''Etude corrélative entre la phénologie du Pericopsis elata HARMS et les paramètres écoclimatiques dans la région de Yangambi en République Démocratique du Congo'', *Geo-Eco-Trop*., vol 34, pp : 127-138, 2010.
[13] P.W. Richards, "The tropical rain forest". *Cambridge Univ. Press*. 450 pp, 1952.
[14] V. Medjibe, J. HALL, ''Seed dispersal and its implications for siliviculture of African Mahogany (Entandrophragma spp.) in undisturbed forest in the Central African Republic", *Forest Ecology and Management*, 5810, pp: 1-9, 2001.
[15] L. G. R Durrieu de Madron Lugard, B. Dipapoundji, "Fructification of sapelli by diameter class in natural forest in Central Africa", *Canopy*, vol 23, pp: 23-24, 2003.
[16] C. Couralet, *Community Dynamics, Phenomena and Growth of Tropical Rain Forest Reserve of Luki, Democratic Republic of Congo.* Ghent University, Belgium, 174p + annexes, 2010.
[17] H. Poupon, "Study of the phenology of the woody stratum at Fété-Olé (northern Senegal) from 1971 to 1977" *Bulletin de I'I.F.A.N.,* T. 41, ser. A, No. 1, 1979.
[18] J-L. Doucet, *L'Alliance délicate de la gestion forestière et de la biodiversité dans les forêts du centre du Gabon*, Thèse de doctorat, Faculté universitaire des sciences agronomiques de Gembloux, Belgique, 322p+ annexes, 2003.
[19] M. Fourrier, *The Spatial and Temporal Ecology of Seed Dispersal by Gorillas in Lopé National Park, Gabon: Linking Patterns of Behavior Disperser and Recruitment in an Afrotropical Forest*, Ph.D. Thesis, University of Washington Saint Louis, 225p + appendices, 2013.
[20] T. T. Struhsaker, *Ecology of an African rain forest. Logging in Kibale and the conflict between Conservation and Exploitation*, University press of Florida, Gainesville, 434p, 1997.
[21] C.M. Hladik, "Food and activity of a group of Chimpanzees reintroduced into Gabonese forest", *Earth and Life*, 1973, 27, pp.343-413. 1973.

International Journal of Innovation and Applied Studies
ISSN 2028-9324 Vol. 27 No. 1 Aug. 2019, pp. 146-164
© 2019 Innovative Space of Scientific Research Journals
http://www.ijias.issr-journals.org/

إستراتيجية التفكير التصميمي ودورها في تعزيز الميزة التنافسية للمؤسسات الإعلانية

[The strategy of design thinking and its role in enhancing the competitive advantage of advertising organizations]

Maysoon Mohamed Qutp[1], Samar Hany Abu Donia[2], and Eman El-Mohamedy El-Sayed[3]

[1]Professor of Design, Dean of the faculty of Applied Arts,
Department of Advertising,
Helwan University, Faculty of Applied Arts,
Giza, Cairo, Egypt

[2]Assistant Professor, Department of Advertising,
Helwan University, Faculty of Applied Arts,
Giza, Cairo, Egypt

[3]Freelance designer, Department of Advertising,
Helwan University, Faculty of Applied Arts
Giza, Cairo, Egypt

Copyright © 2019 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 research focuses on how to achieve the competitive advantage of the organization through the application of the design thinking in the strategy of the organization because of the effective role of marketing strategies in the economic environment, and the urgent need to ensure the survival of the organization and its continuity Hence, the importance of research is that design thinking is the key to opening up the doors of progress and the cornerstone of economic activity, and the research assumes that the distinctive design has become a competitive advantage of the advertising organization, and that design thinking is a method To resolve the practical and creative design problems that are meant to achieve the best results for future research problem lies in the constant change of tastes and capabilities of consumers, As well as the direction of most of the economies of the countries towards free market mechanizations, the changes and global transformations have created a new situation in what can be considered a new business system whose main character is competition which is considered the main challenge facing modern organizations to occupy a competitive position in the market that qualifies it to outperform its competitors , So the organizations resort to embrace the strategy of design thinking and follow the research descriptive approach to the analysis of the strategy of design thinking to enhance the competitive advantage in Apple Foundation, and the researcher reached a number of results the most important that the strategy of design thinking creates the advantage of And helps to give the best results and carry products to the market faster, and achieve the desired profit.

KEYWORDS: competitive strategy, competition, design thinking, design process, economic activity.

لخص: عنوان البحث إستراتيجية التفكير التصميمي و دورها في تعزيز الميزة التنافسية للمؤسسات الإعلانية، حيث يركز البحث على كيفية تحقيق ميزة تنافسية للمؤسسة من خلال تطبيق التفكير التصميمي في إستراتيجية المؤسسة ، ذلك نظراً للدور الفعال للإستراتيجيات التسويقية في البيئة الإقتصادية، و الحاجة الماسة إلى ضمان و بقاء المؤسسة و إستمراريتها، ومن هنا جاءت **أهمية البحث** فالتفكير التصميمي هو أساس التقدم و الركيزة الأساسية في النشاط الإقتصادي، و **يفترض البحث** أن التصميم المتميز أصبح ميزة تنافسية للمؤسسة الإعلانية، و أن التفكير التصميمي هو منهج للحل العملى و الإبداعى لمشاكل التصميم التي يراد لها أن تحقق نتائج مستقبلية أفضل، فتكمن **شكلة البحث** في التغيير المستمر لأذواق و قدرات المستهلكين ، و كذلك إتجاه معظم إقتصاديات الدول نحو ميكانيزمات السوق الحرة، و لقد أفرزت التغيرات و التحولات العالمية و ضعاً جديداً يتمثل فيما يمكن إعتباره نظام أعمال جديد سمته الأساسية هى المنافسة التي تعتبرالتحدي الرئيسي الذى تواجهه المؤسسات المعاصرة ، لإحتلال موقع تنافسي لها في السوق، يؤهلها لأن تتفوق على منافسيها، فلذلك تلجأ المؤسسات إلى إحتضان إستراتيجية التفكير التصميمي، ويتبع

البحث المنهج الوصفى لتحليل إستراتيجية التفكير التصميمي في تعزيز الميزة التنافسية في مؤسسة آبل، وتوصلت الباحث **لعدد□ن النتائج** أهمها أن إستراتيجية التفكير التصميمي تخلق ميزة تنافسية للمؤسسات الإعلانية و تساهم على إعطاء أفضل النتائج وتحمل المنتجات إلى الأسواق بشكل أسرع، و تحقيق الأرباح المرجوة.

كلمات دلالية: الإستراتيجية التنافسية، المنافسة، التفكير التصميمي، عملية التصميم، النشاط الإقتصادى

1 تقديم

تواجه المؤسسات الإعلانية الكثير من التحديات في ظل البيئة التنافسية الراهنة، والمتغيرات الإقتصادية المعقدة، مما أدى إلى حاجتها للإرتقاء بمنتجاتها و إحتلال موقع تنافسي في السوق المحلية والعالمية، خاصة مع توسع نطاق الأسواق وتغيير حدودها بدخول المؤسسات متعددة الجنسيات والعابرة للقارات، فتضاعفت حدة المنافسة و أخذت أشكالاً متنوعة، تتسابق من خلالها المؤسسات لكسب أكثر المزايا المتاحة و الممكنة حفاظاً على مكانتها وتعزيز تنافسيتها.

ولأن التصميم يعتبر واحداً من أكبر القوي في العالم، فهو يضعنا علي بداية كل ما هو جديد في دورة الإنسان الحياتية، فهو أداة للإبداع وسلاح للميزة التنافسية، حيث إن التصميم المتميز أصبح ميزة تنافسية، ولكن قبل أن يؤثر التصميم علي الإنسان وقيمة الإقتصاد يجب أن يكون التصميم قابل للتطبيق، فعلي المصمم البحث لفهم الفكرة الأساسية ووضع الأساس والعمل عليها لتنفيذها وقياس مدي تأثيرها على المدى الطويل لتحويل الثقافة العامة إلي فلسفة متبعة داخل المؤسسات.

وتعتبر عملية التصميم هي التي تضع التفكير التصميمي في مجال التنفيذ، فهو أسلوب منظم لتوليد وتقييم الأفكار، فهو يتكون من سبع مراحل، تبدأ من مرحلة تحديد المشكلة وتنتهى بإيجاد وبناء الحلول، فهو أسلوب عميق خاص بالتمحور حول المستهلك يعتمد على القدرة في كونه بديهي ومفسر لما يقوم بملاحظته لكي يطور الأفكار التي تكون عاطفية و ذات معنى لمن تقوم بعملية التصميم له (المستهلك).

فإستراتيجية التفكير التصميمي هى إستراتيجية تركز على المستهلك و إحتياجاته ورغباته فهى تقوم بإعادة فهم المشكلة وتحديد الإحتياجات الفعلية وإقتراح الأساليب الجديدة وربط بين أصحاب المصالح و إيجاد حلول جديدة، فأخذ هذة الإستراتيجية كمنهج فى المؤسسات الإعلانية يعمل على تحقيق نتائج مرضية للمستهلك فى تحقيق إحتياجاته وللمؤسسة فى تحقيق الربح المطلوب وخلق ميزة تنافسية للمؤسسة.

2 □شكلة البحث

تكمن مشكلة البحث في محاولة الإجابة على االسؤالين الآتين:

- كيف يمكن لإستراتيجية التفكير التصميمي أن تساهم في تعزيز المزايا التنافسية للمؤسسات الإعلانية؟
- ما الأسس التى يجب مراعتها للإستفادة من إستراتيجية التفكير التصميمي لدعم مزايا المؤسسات الإعلانية التنافسية؟

3 فروض البحث

يفترض البحث أن:

- إستراتيجية التفكير التصميمي يمكن أن تعزز تنافسية المؤسسات الإعلانية في مصر.
- إستراتيجية التفكير التصميمي يمكن أن تساهم في زيادة التفاعلية بين المؤسسات الإعلانية والمستهلك.

4 أهداف البحث

- يهدف البحث إلى دراسة إستراتيجية التفكير التصميمي و دورها في تعزيز الميزة التنافسية للمؤسسات الإعلانية.

5 □نهج البحث

- المنهج الوصفي في تحليل إستراتيجية التفكير التصميمي و دورها في تعزيز الميزة التنافسية لمؤسسة آبل .

6 أهمية البحث

- دعم تنافسية المزايا التنافسية للمؤسسات الإعلانية في ضوء إستراتيجيات التفكير التصميمي لمواجهة تحديات البيئة التنافسية .

7 الأطار النظرى

7.1 الأسس النظرية لمفهوم الميزة التنافسية

تتعرض معظم المؤسسات الإعلانية لتغيرات جوهرية على مختلف المستويات، مما دفع بها إلى البحث عن الطرق التي تمكنها من تحقيق التفوق التنافسي، من خلال تحقيق المزايا التنافسية كوسيلة للتفوق والتميز على المنافسين.

7.1.1 فهوم الميزة التنافسية في المؤسسات الإعلانية

إن الميزة التنافسية تمثل قدرة المؤسسة الإعلانية على خلق قيمة مضافة مقارنة بالمؤسسات الأخرى، والتي تحصل عليها من خلال عناصرها المتمثلة بالتكلفة والتميز والإبداع والقدرات الجوهرية والسمعة، وبتالي يمكنها أداء عملها بشكل يرضي المستهلك الحالي والمحتمل، من خلال استخدام نظام معلومات يتمتع بخصائص متفوقة ومبني وفق أسس ومتطلبات نجاح عالية.

و الميزة التنافسية تنشأ أساساً من القيمة التي إستطاعت المؤسسة الإعلانية أن تخلقها للمستهلك، بحيث تقوم بتقديم سلع أو خدمات بتكلفة أقل، أو تقديم منتجات متميزة عن منافسيها، مع القدرة على الإحتفاظ بالميزة المشتركة بينهما و عليه يمكن تعريف الميزة التنافسية على أنها قدرة المؤسسة على خلق شيء متفرد عن باقي المنافسين

تعريف الميزة التنافسية هى :

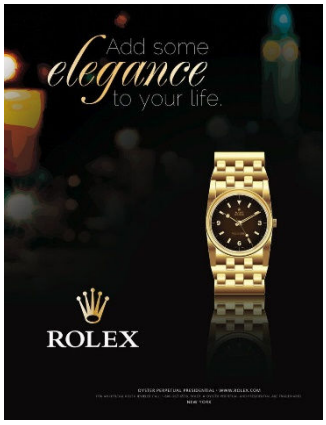
- قدرة المؤسسة على تقديم قيمة مضافة للسوق لمدة طويلة من الزمن .
- قدرة المؤسسة على خلق شيء متفرد ومختلف عن بقية المنافسين .
- إستغلال المؤسسة لنقاط القوة الداخلية لأداء الأنشطة الخاصة بها .
- الميزة التنافسية هي تطبيق تكنولوجيا المعلومات بشكل رائد لغرض التقدم التنافسي بما يحقق الفوز للمؤسسة الإعلانية على منافسيها وبالتالي جني الأرباح و البقاء في عالم الأعمال .

7.1.2 أنواع الميزة التنافسية في المؤسسات الإعلانية:

هناك نوعان رئيسيان□ن المزايا التنافسية هما :

1-□**يزة جودة المنتج** : وهو قدرة المؤسسة على تقديم منتج متميز وله قيمة مرتفعة من وجهة نظر المستهلك (جودة أعلى، خصائص للمنتج، خدمات ما بعد البيع).

2-□**يزة التكلفة الأقل:** هي قدرة المؤسسة على تصميم، تصنيع، وتسويق منتج بأقل تكلفة مقارنة مع المؤسسات المنافسة، بما يؤدي في النهاية إلى تحقيق عائد أكبر.



شكل(1)

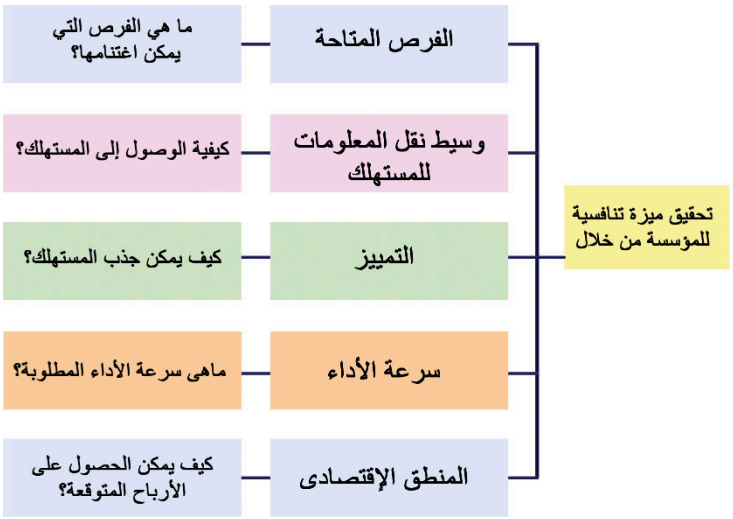


شكل(2)

شكل (1) نموذج إعلانى 2018 لساعات Rolex يظهر فيها فخامة الساعة و إستخدم الجملة الإعلانية (ضيف الأناقة لحياتك) ليدل على مدى رقى وجودة الساعة فهى تمثل (ميزة الجودة) ، شكل(2) نموذج إعلانى 2018 لساعات Timex يظهر فيها الساعة وهى تستخدم فى الحياة اليومية تمثل (ميزة التكلفة الأقل) [1]

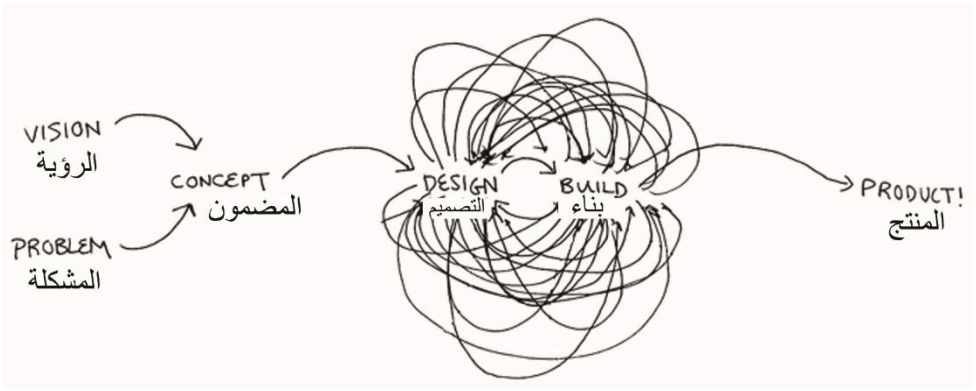
- المنتج الأول الأغلى سعراً له□**يزته التنافسية** هى الجودة تمثلها ساعات Rolex وقيمتها 5600 دولار فكلاهما منتجين لنفس السلعة لكن لكل منهم ميزة تنافسية مختلفة.أما المنتج الثاني يحمل ميزة **التكلفة الأقل تمثلها** ساعات Timex قيمتها 65 دولار.
- الميزة التنافسية تنشأ أساساً من القيمة التي استطاعت المؤسسة الإعلانية أن تخلقها للمستهلك، بحيث تقوم بتقديم سلع أو خدمات بتكلفة أقل، أو تقديم منتجات متميزة عن منافسيها، مع القدرة على الإحتفاظ بالميزة المشتركة بينهما.

إن الهدف الأساسي من بناء الإستراتيجية هو الحصول و تحقيق ميزة تنافسية للمؤسسة، ويتم ذلك من خلال 5 عوامل أساسية:



شكل(1)□خطط يوضح عوا□ل تحقيق□يزة تنافسية[2]

7.2 التفكير التصميمي بين المفهوم و الإستراتيجية



شكل (2) يمثل التفكير التصميمي[3]

ظهر الإهتمام الكبير بالتفكير التصميمي في السنوات القليلة الماضية كجزء من نقاش واسع حول دور التصميم في المؤسسات الإعلانية، و الإهتمام بمنهجيات التصميم،و ذلك بسبب إمكانيات التصميم في التأثير علي المؤسسات الإعلانية من خلال تطبيق عمليات التصميم، فنجد أن العديد من المؤسسات تقوم بالعمل علي ترسيخ التفكير التصميمي في عمليات منظمة و استخدامها كأداة للإبداع داخل المؤسسات عن طريق استخدام مهارات التصميم و التفكير التصميمي في تطوير و تعزيز نوعية الحياة للمستهلك.

فمهمة التفكير التصميمي تحويل الملاحظات إلى رؤى ووجهات نظر، والأفكار إلى منتجات ، و خدمات، التي من شأنها تحسين حياتنا، حيث يستخدم المصمم أساليب التصميم لتناسب إحتياجات المستهلك مع ما هو ممكن من الناحية التكنولوجية، بحيث يمكن تحويلها إلى قيمة للمستهلك وفرص للسوق.

فنجد أن التفكير التصميمي يتوسط بين المؤسسات والمنتجات و المستهلك، فالتحديات المسبقة والأفتراضات تجعل لأصحاب المصلحة Stakeholders أن يجدوا الحلول الممكنة، و يمكننا توضيح معنى التفكير التصميمي كما يلى:

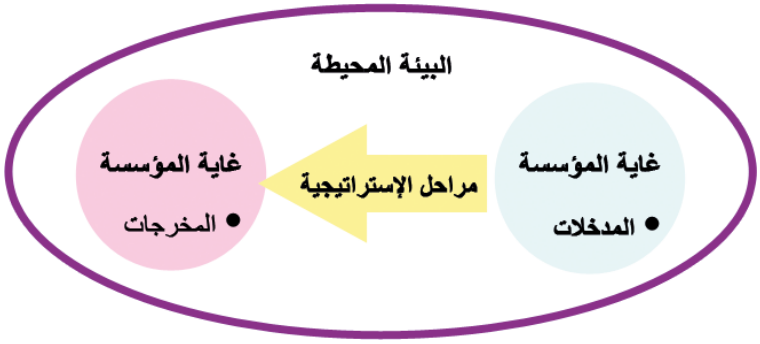
- هو الطرائق والعمليات المستخدمَة لبحث المشاكل، وإكتساب المعلومات، وتحليل المعارف، وطرح الحلول، في مجالَي التصميم والتخطيط. وبعبارة أخرى، فهو يشير إلى النّشاطات المعرفية الخاصّة بالتصميم، التي يطبّقها المصمّم أثناء عملية التصميم. [4]
- التفكير التصميمي هو عملية إبداعية تقوم على أساس بناء الأفكار، ويشجّع على طرح عدد كبير من المُدخلات والمشاركات في مرحلتَي التخيُّل ووضع النموذج المبدئي prototype، ويُشجِّع على التفكير خارجَ الصندوق في هذه العمليات المبكّرة، و غالباً ما يقود إلى حلول إبداعية. [5]

تتضمن عملية التفكير التصميمي على سبعَ مراحل: **التحديد، والبحث، والتصوّر، ووضع نموذج□بدئي، والا□تيار، والتنفيذ و التعلم**، ومن خلال الخطوات السبع هذه يمكن تحديد المشاكل، وطرح الأسئلة المناسبة، ابداع الأفكار، كما يمكن اختيار الإجابات الأفضل، وهذه الخطوات ليست خطّيّة، فيمكن أن تحدث معاً في نفس الوقت كما يمكن تكرارها. [6]

7.1.3 □فهوم الإستراتيجية:

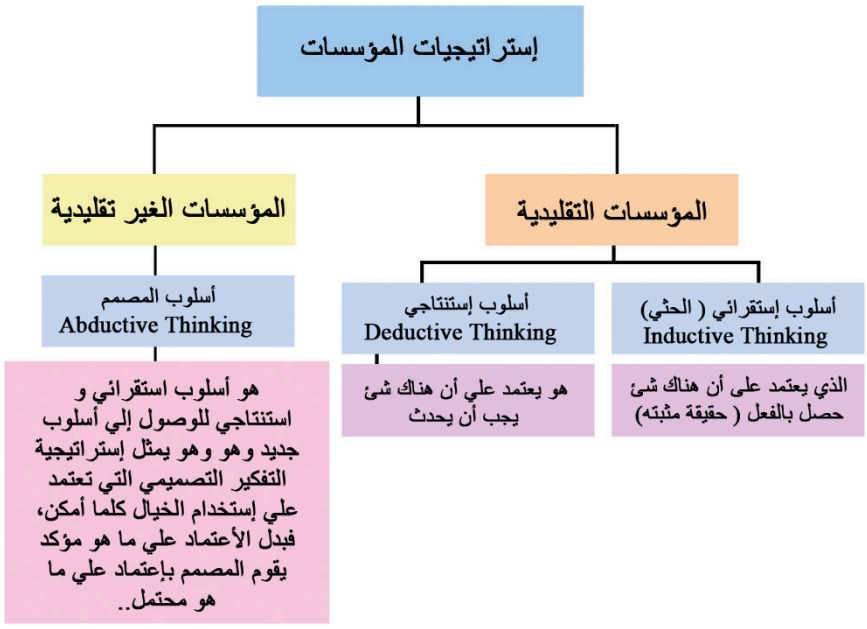
- **الإستراتيجية** هي" خطط مستقبلية طويلة الأجل وشاملة تتعلق بتحقيق التوافق والإنسجام بين البيئة التنافسية وقدرة الإدارة العليا على تحقيق الأهداف".

- **كما تعرف** بأنها " عملية تحديد الأهداف و الخطط و السياسات المناسبة للظروف البيئية التي تعمل في ظلها المؤسسة، وهي تتضمن عملية تحديد وتقويم البدائل المتوفرة للمؤسسة في إطار تحقيق أهدافها ومهمتها الإستراتيجية و اختيار البديل الإستراتيجي الأفضل".[7]
- **الإستراتيجية** " هى خطة موحدة وشاملة ومتكاملة تربط المنافع الإستراتيجية للمؤسسه بالتحديات البيئية، والتي تبنى لتأكيد تحقيق أهداف للمؤسسه من خلال التنفيذ المناسب من قبل التنظيم".



شكل(3) خطط يوضح أبعاد الإستراتيجية Dimensions of Strategy

و تتعدد أنواع الإستراتيجيات التي تنتهجها المؤسسات، و من تلك الإستراتيجيات إستراتيجية التفكير التصميمي التي تعتمد على استخدام الخيال كلما أمكن في عملية الإبداع والقدرة علي أخذ أفكار مجردة و ابداع أشياء جديدة، الجزء الأهم من مفهوم إستراتيجية التفكير التصميمي هو الإحساس بمن تقوم بعملية التصميم لهم (المستهلك)، و هذا يتم من خلال تطبيق العديد من الأنشطة لمعرفة كيف يمكن تطبيق الأفكار بشكل يرضي المستهلك؟[8]



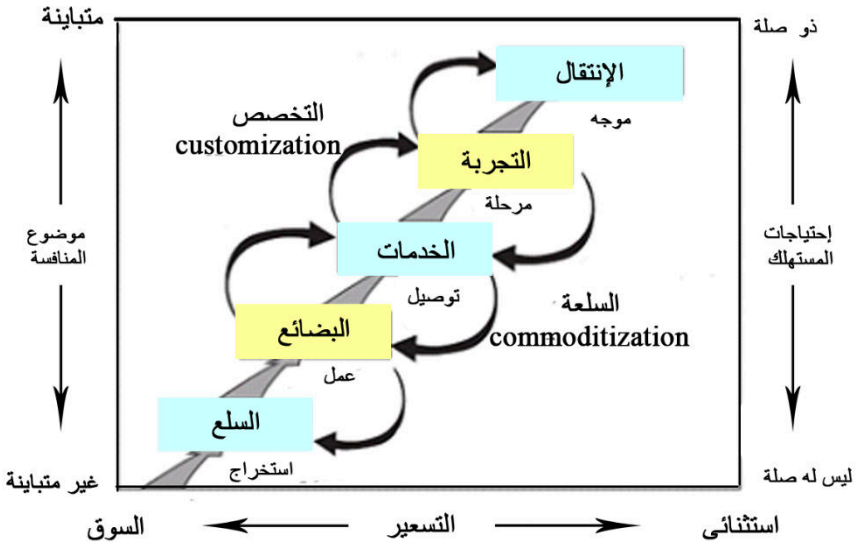
شكل(4) خطط يوضح أنواع المؤسسات الإعلانية

7.1.4 فهوم إستراتيجية التفكير التصميمي:

قد تم أخذ إستراتيجية **التفكير التصميمي** كمنهج في إدارة التصميم مما يزيد من فرص تحقيق ميزة تنافسية للمؤسسات الإعلانية وتحقيق **نتائج قيمة نها:**

- أن تكون ذات قيمة مضافة، وبالإضافة إلى قيمة الابتكار، من حيث تجربة المستهلك، و الربح المالي، و قيمة العلامة التجارية.
- أن تكون شاملة الفائدة لجميع أصحاب المصلحة stake holders (من الراعي Sponsor إلى المستهلك النهائيEnd user).
- أن تساهم بشكل إيجابي، لا تؤثر سلباً على المستقبل (الضرر البيئي أو فك الإرتباط المجتمعي).

1- **إستراتيجية التفكير التصميمي** هي عملية تتمحور حول المستهلك وإحتياجاته واهتمامته وخبراته، ففي كتاب خبرة الإقتصاد The Experience Economy يحدد أربع مراحل لخبرات المستهلك في تسلسل هرمي لتحقيق أعلى مستوى من التفاعل مع المستهلك [9]



شكل(5) خطط يمثل راحل برات المستهلك

2- **إستراتيجية التفكير التصميمي** هي منهج للحل العملي والإبداعي، لمشاكل أو قضايا يُراد لها أن تحقّق نتائج مستقبليّة أفضل ، فهو شكل من أشكال التفكير المبني على الحل، فهو تفكيرٌ يبدأ بالهدف، بدلاً من البدء بمشكلة معيّنة، ويأخذ الحاضر والمستقبل في الإعتبار، و تُفحَص متغيّرات المشكلة مع الحلول المطروحة، وهو يختلف عن المنهج العلمي، الذي يبدأ بتحديد متغيّرات المشكلة كلّها لتحديد الحلّ، فبدلاً من ذلك يبدأ حل المشكلة بطريقة التصميم وذلك للبدء بتحديد المتغيّرات الكافية لتمهيد الطريق إلى الهدف. [10]

3- **إستراتيجية التفكير التصميمي** تشير إلى الطرق الممنهجة والأساليب العملية التي يتبعها المصمم لتحليل وحل المشاكل التصميمية ، وقد أثبتت التجارب والأبحاث بأن التفكير بأسلوب المصمم وإتباع هذا النمط التحليلي هو أسلوب ناجح لتحليل وحل المشاكل في مجالات أخرى غير تصميمية non-design field فقد استخدم هذا الأسلوب في إدارة كبرى المؤسسات العالمية وساهم بشكل فعال في نجاح تلك المؤسسات. [11]

7.1.5 بادئ إستراتيجية التفكير التصميمي:

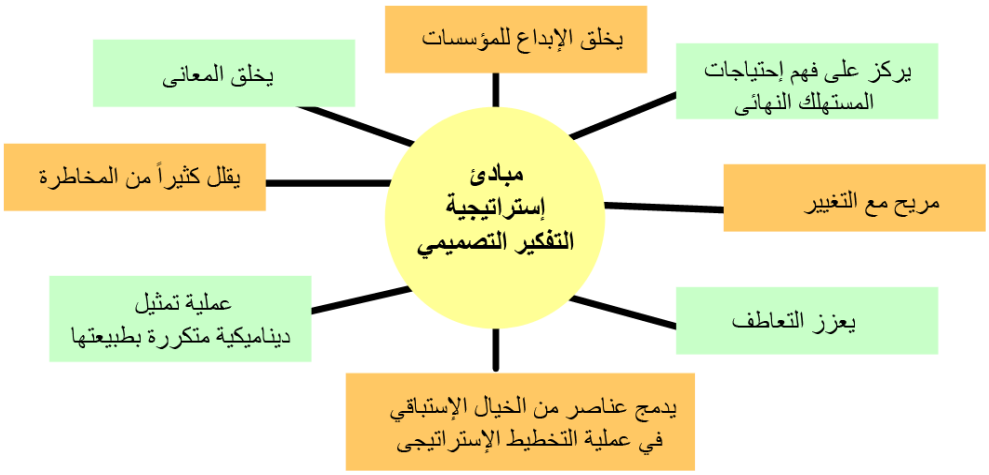


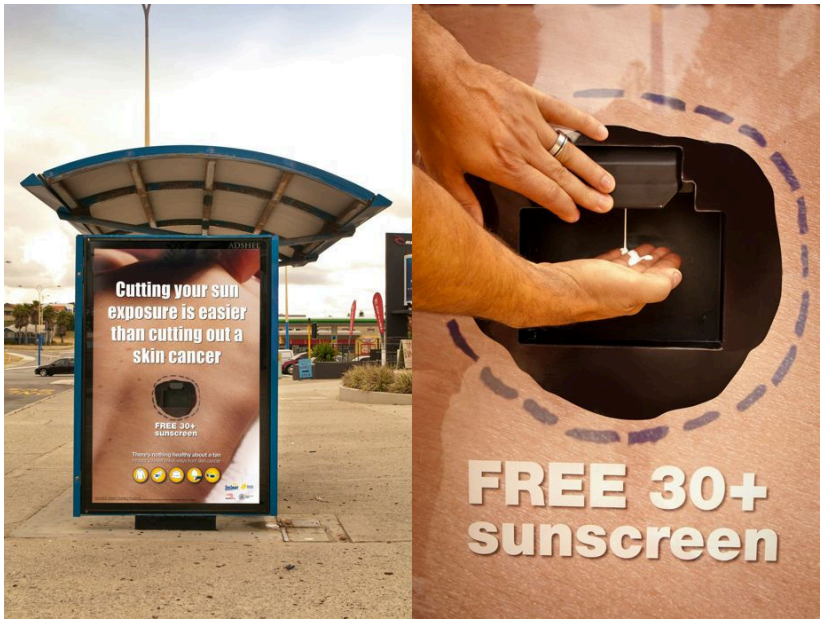
Fig. 1. شكل(6) خطط يمثل بادئ إستراتيجية التفكير التصميمي

1- **التفكير التصميمي يركز على فهم إحتياجات المستهلك النهائي:** بما في ذلك الإحتياجات التي لم نستطع الوصول إليها و الغير الملباة والكامنة ، حيث يهتم التفكير التصميمي توظيف تقنيات البحث وكذلك أدوات التصميم من أجل تنظيم التفكير والتعرف على إحتياجات و رغبات المستهلك. [12]

2- **التفكير التصميمي يعزز التعاطف:** حيث يضع المستهلك في صميم كل شيء، ويشجع على التواصل مع المستهلك من أجل فهم أفضل لسلوكياتهم وتوقعاتهم وكذلك القيم والدوافع والإحتياجات التي تحيط بهم.

3- **التفكير التصميمي هو المنطق التنافسي لإستراتيجية الإعلانية:** هذه هي الممارسة الأكثر التكميلية التي يمكن تطبيقها جنباً إلى جنب، أنها تتيح للمؤسسات تطبيقها لخلق منتجات جديدة، وتحولها إلى شئ يلبي رغبة المستهلك، فهى ميزة تنافسية مستدامة حقيقية تأتى من خلال الإبتكار.

4- **التفكير التصميمي هو□ريح□ع التغيير:** يعزز سبل جديدة للنظر في المشاكل، فالأطار الإستراتيجي من القضايا المعقدة والغامضة يتطلب نهج التفكير، بحيث تكون خالية من العقائد التنظيمية والقيود، من أجل إستكشاف أساليب جديدة للفكر ونهج لحل المشاكل التصميمية.



شكل(7) إعلان Sun Smart يركز على أهمية حماية الجسم□ن أضرار الشمس[13]

قامت مؤسسة Cooch Creative بعمل إعلان لمؤسسة Sun Smart فى 2012 فى أستراليا يركز على أهمية حماية الجسم من أضرار الشمس، مستخدم جملة إعلانية (تقليل التعرض لأشعة الشمس أسهل من التخلص من سرطان الجلد)، فقامت بإستغلال المساحة الإعلانية بتجريب المنتج بشكل مبتكر وجديد وأيضا مع التوعية لقضية هامة جداً هى سرطان الجلد وخاصة إن أستراليا من أكثر الدول حول العالم أصابة بسرطان الجلد، فنجد هذا الإعلان يعبر عن التفكير التصميمي عن طريق استخدام أساليب جديدة لعرض المنتج.

4- **التفكير التصميمي يد□ج عناصر□ن الخيال الإستباقي في عملية التخطيط الإستراتيجي:** أنه يفتح المستقبل، ويدعونا لإستكشاف الشكوك، و التفكير التصميمي يحث علي التعامل مع المعلومات غير كافية وغير المعروفة والمتعددة في عملية اكتشاف وخلق نتيجة ملموسة.



شكل(8) إعلان شيكولاته Terrys لسنه 2012[14]

استخدمت Terry's أسلوب جديد للإعلان عن منتجها، ففى عام 2002م قامت بالإتفاق مع مقهى ستاربكس بوضع المنتج لتجربته بشكل يومى مع مشروبها الجديد فالنسيا Frappuccino من أجل إكتشاف تلك النكهة الغريبة و غير المعتادة للمستهلك فكيفية الجمع بين البرتقال و الشوكولاته ليس بالأمر المعتاد ذلك لكسر الحاجز لدى المستهلك ومساعدته لإكتشاف الجديد و أدى ذلك إلى تحقيق أرباح مذهلة حيث قللت فكرة السماح بتجربة المنتج من القلق الذي يشعر به المستهلك حيال شراء منتج جديد.

5- التفكير التصميمي هو عملية تمثيل دينا يكية تكررة بطبيعتها: فهو يتطلب التعريف والتمثيل والتصور المستمر، فهى تجربة التعلم المستمر ناشئة عن الحاجة إلى الحصول على وتطبيق المعرفة والأفكار لتحقيق أهداف.



شكل(9) إعلان وقع Jobsintown.de وهو وقع توظيف ألماني على الإنترنت فى 2010[15]

قام موقع Jobsintown.de وهو موقع توظيف ألماني على الإنترنت فى 2010م بحملة إعلانية ملهمة لإلهام الناس للعثور على وظائف أفضل عن طريق القيام بتمثيل عملية تتم فى الحياة اليومية لوصول إلى الحاجة للتغير، معبرة عن ذلك بإستخدام الجملة الإعلانية (الحياة قصيرة جداً للوظيفة الخطأ).

6- التفكير التصميمي يمكن أن يقلل كثيراً من المخاطرة لتطوير منتجات أو عمليات جديدة ذلك عن طريق الإعتماد بشكل أساسى على النماذج المبدئية.



شكل(10) إعلان Welch's Grape Juice يقدم فيه عصير العنب لأول مرة عن طريق تذوق المنتج [16]

تعد علامة Welch's Grape Juice واحدة من أولى المؤسسات التي تعمل مع First Flavor وهي مؤسسة صغيرة خاصة طورت هذه التقنية ، لتجربة عصير العنب لأول مرة حيث استخدم Welch's شريحة نكهة في الإعلانات المطبوعة لسنة 2008م، تقشر ثم يقوم المستهلك بتذوقها ولعق الذوق (يمثل نموذج مبدئى للمستهلك).

7- التفكير التصميمي يمكن أن يخلق المعاني: خلق معني جيد هو الجزء الأصعب في عملية التصميم وسائل الإتصال و التي تساعد على إلتقاط والتعبير عن المعلومات المطلوبة لتشكيل المعنى.



شكل(11) إعلان IKEA لسنة 2014 [17]

مستوحى من مثلث بنروز مشهور الثلاثى الأبعاد ، فقامت بتلاعب بصورة لمنتجها بطريقة مماثلة لخلق معنى من الصعوبة و التعقيد ، حيث تثير المرح و الصعوبة في بناء الأثاث الخاص بهم، فإن هذا التصميم رائع للنظر إليه كما أنه يلتقط بذكاء رسالة إيكيا بطريقة بسيطة ولكنها مستحيلة وسريالية.

8- التفكير التصميمي يحقق الإبداع للمؤسسات وإدارة المعرفة، فالتفكير التصميمي يخلق قوة التصور والتخيل و الحساسية المطلوبة .

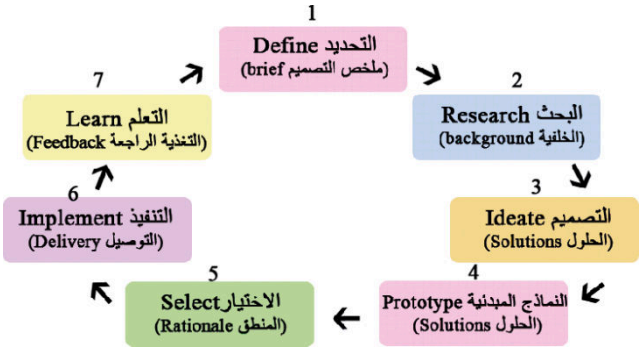


شكل(12) إعلان Extra Gum لسنة 2012 [18]

إعلان Extra Gum لسنة 2012 م يقدم الرسالة القديمة لمضغ العلكة كونها جيدة لأسنانك ، ولكنها تقدمها بطريقة ذكية وجديدة، بإستخدام ظلال معينة ومع شكل العلكة كونت صورة لفرشاة الأسنان، فالتفكير التصميمي يساعد على التفكير في طريقة جديدة لتقديم الرسالة ، والعثور على العلاقات ، وصياغة مسار جديد.

7.2 □راحل التفكير التصميمي

- التفكير التصميمي هو عملية يتم فيها تحويل ملخص التصميم Design Brief و متطلبات المستهلك المستهدف إلى منتج نهائي أو حل تصميمي، فعملية التفكير التصميمي تبدأ بـ (تحديد المشكلة Define – البحث research – التصميم Ideate - النموذج المبدئي Prototyped – الاختيار Select – التنفيذ implementation – قياس المردود Feedback). [19]
- فكل مرحلة تعتمد علي التفكير التصميمي لتنفذ، فعملية التصميم ترتبط بمستوى عالي من الإبداع بالطريقة التي تدفع بالعملية التصميمية إلى الأمام للوصول إلي حلول تصميمية.
- التفكير التصميمي يقدم حلول مختلفة لحل مشاكل المستهلك بما يخدم الإقتصاد وهو في نفس الوقت هدف إبداعي، فعملية التصميم تساعد على تأكيد أن التصميم يرضى جميع توقعات المستهلك و ذلك بإبتكار أكبر عدد ممكن من الحلول و إستخدام التكنولوجيا المتاحة لتشجيع المستهلك في التفكير خارج الصندوق في الحلول التصميمية.



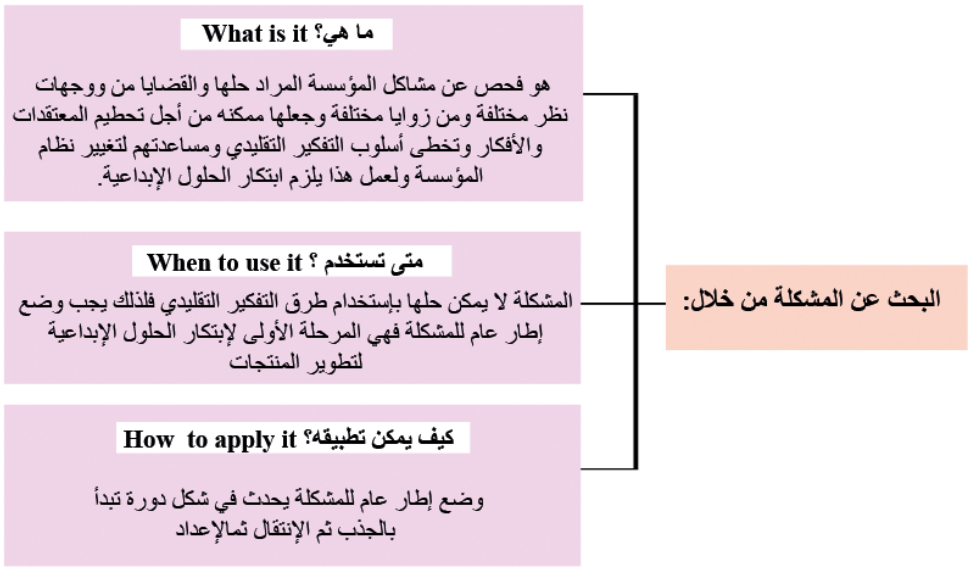
شكل (13)□خطط يمثل المراحل السبعة للتفكير التصميمي

أولاً رحلة التحديد:

التعرف إلى ما هي المشكلة؟ What is the problem

هذة تعتبر أول خطوة فى أى مرحلة من مراحل التفكير التصميمي ، و تشمل على ابتكار كل ما يخص التصميم، مرحلة تحديد المشكلة تبدأ بوضع ملخص التصميم Design Brief الذى يحتوى على إحتياجات المستهلك فممكن أن يكون مكتوب أو شفوى أو بسيط أو معقد فالمهم أنه يشمل هدف محدد. **[20]**

- تحديد المشكلة هو عبارة عن تعبير واضح ووصف محدد عن المشكلة فالمفكر التصميمي يعبر عن ذلك من خلال (المستهلك المستهدف – الإحتياجات الفعلية ووجهات نظر مختلفة) .



شكل (14) خطط يمثل الأسئلة المحددة لتحديد عن المشكلة[21]

ثانياً رحلة البحث:

جمع المعلومات الأساسية Collecting Background Information

1. ابتكار الحلول.
2. فهم المشاكل السابقة التي لها طبيعة مماثلة تم البحث عنها مسبقاً.
3. فهم إحتياجات المستهلك وكيف يتصور شكل المنتج أو الخدمة الخاصة به؟

فهو العمل الذي تقوم به المؤسسة لفهم المستهلك المستهدف ضمن حدود إحتياجات التصميم، و يدعو إلى ضرورة تطوير أسلوب التفكير الذي محوره المستهلك والذي يتطلب الإهتمام بكل متطلبات التكنولوجيا جنباً إلى جنب مع المستهلك.

ثالثاً رحلة التصميم:

ابتكار الحلول المناسبة Creating a potential Solution

أن تحديد المشكلة والفهم الجيد ما هي المشكلة التي تحتاج إلى حل؟ فهنا يأتي دور إطلاق العنان للإبداع وبداية وضع الحلول التصميمية المناسبة، إن التصميم هو مرحلة التفاعل مع المستهلك المستهدف، فهذه المرحلة تبدأ من تحديد المضمون وتنتهي إلى حلول التصميمية و تتضمن هذة المرحلة ما يلى: **[22]**

1. تحديد اتجاه محدد للتفكير.
2. إطلاق العنان وصولاً إلى الحلول التصميمية المبدعة حتى لو لم تكن جميعها لها صلة بالمشكلة التصميمية.
3. التفكير فى كيف يقوم المستهلك بإستخدام المنتج أو الخدمة.

رابعاً رحلة النموذج المبدئي :.

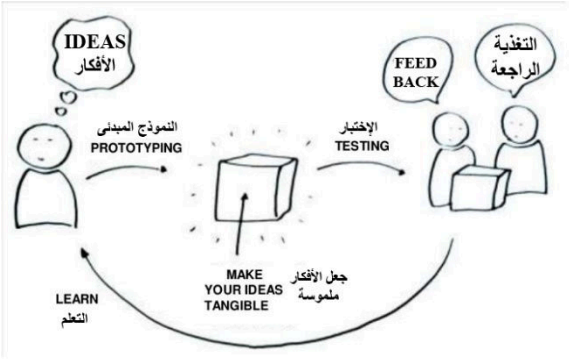
تحليل الحلول Resolving Solution

بمجرد انتهاء من مرحلة التصميم تأتي مرحلة جرد الحلول التصميمية، والحصول على أفضل حل تصميمي (cream of the crop).

1. واختيار أفضل الحلول.
2. الحصول على حلين أو أكثر لمرحلة النموذج المبدئي.

3. إمكانية معرفة شكلها في الواقع.

فعادة ما لا تكون النماذج المبدئية أنيقة ، فدورها تخيل الحلول بشكلها الواقعي.



شكل (15)خطط يمثل العصف الذهنى Brain Storming/23]

- فالنموذج المبدئي يشبه الصورة التي تعبر عن ألف كلمة، ويجب أن يشبه شكل النموذج المبدئي تماماً مثل الفكرة التي على الورق، كلما أصبحنا أقرب إلى التصميم المبدئي هذا يجعل التصميم أقرب إلى الحل النهائي .

خامساً رحلة الاختيار:

صنع الخيارات Making Choices

في هذه المرحلة اختيار واحد من التصميمات المقدمة يتم اختياره بحيث يكون مناسب لغرض ملخص التصميم design brief، فالتصميم الناجح هو أقرب نقطة بينه وبين ملخص التصميم design brief .

1. اختيار حل تصميمي يتناسب مع إحتياجات المستهلك.
2. معرفة ماذا يريده المستهلك المستهدف؟

- فالإختيار عملية تعتمد بشكل أساسي على المستهلك، لذلك يجب أن تتم الموافقة من قبل المستهلك.

سادساً رحلة التنفيذ:

توصيل الحل إلى ملخص التصميم Delivering the solution to the Design Brief

فى هذه المرحلة يقوم المصمم بتحويل التصميمات إلى المنتج النهائى، وتحديد مواصفات النهائية للإنتاج لتحديد الشكل الفعلى للمنتج.

1. اختبار الجزء الوظيفى للمنتج
2. اختبار الجزء المرئى للمنتج

- فعملية التنفيذ من أطول العمليات ولكنها ضرورية فى معرفة كيفية وصول أى منتج أو خدمة إلى مرحلة الإستهلاك وتقوم بتنفيذها بما يتناسب مع حاجات المستهلك المستهدف.

سابعاً رحلة التعلم:

الحصول على التغذية الراجعة Obtaining Feedback

ففي هذة المرحلة يتم التعرف على

1. ما هو الشئ الجيد؟
2. ما هى إمكانية التطوير؟
3. عمل إتصال مفتوح بين المستهلك والمصمم .
4. معرفة ما هى أوجه القصور فى ملخص التصميم Design Brief أو عدم الفهم الجيد لمفتاح المشكلة key point .

- يقوم المصمم بالسعى لمعرفة ردود فعل المستهلك المستهدف وتحديد ما إذا لو كان الحل التصميمي متناسب مع ملخص التصميم Design Brief فهذا يساعد المصمم على القيام بعمل تطويرات تفيده مستقبلا. **[24]**

7.2.1 نموذج إعلانى يوضح راحل التفكير التصميمي لمؤسسة فودافون



شكل (16) إعلان فودافون فكة لسنه 2013/25]

أولاً رحلة التحديد:

شركة فودافون تعتبر من أهم مؤسسات الإتصالات و الأكثر ناجحاً، يقوم فريق التصميم بعمل عملية إبداعية لجذب المستهلك وتحقيق إحتياج فعلى للمستهلك، فقامت مؤسسة جي دبليو تي عام 2013 بالبحث فى كل ما يخص المستهلك المستهدف وحصر نقاط الإحتياج الفعلية له فركزت الحملة على إستبدال الفكة (الأفلاس) التي يتم إرجاعها كفروق سعرية في منافذ البيع بالتجزئة بدقائق إتصال (وقت الكلام) للمتسوقين، والذي بدوره جعل من تلك الأفلاس القليلة التي لا تأخذ في الحسبان شئ كبير ومحسوس و ذو قيمة للمستهلك وحلَّ المشكلة التي يواجهها السكان المحليين والسياح وتجار التجزئة في مصر (عملية إرجاع الباقي عند المحاسب). كما أنه خلق أيضا شبكة توزيع لفودافون لا مثيل لها "المستهلك".

ثانياً رحلة البحث:

قام فريق البحث بالبحث عن ماذا جعل مؤسسة فودافون مختلفة عن باقي موسسات الإتصالات، فتم عمل أبحاث لدراسة البيئة التنافسية لتلك المؤسسة.

فنجد مؤسسة إتصالات المنافسة حملاتها تدور حول (خدمات النت – خطيين فى نفس شريحة) و هذا سر نجاح الحملة لدراسة جيدة للبيئة تنافسية تحقيق إحتياج فعلى غير مذكور من قبل.

- فالأبحاث أظهرت أن مؤسسة فودافون تتميز بإرتباطها الوثيق بمستهلك المستهدف، تتميز أيضا بالصادرة فى إصدار أحدث العروض لجذب المستهلك.
- قامت جي دبليو تي بعمل العديد من الإسكتشات الأولية من أجل إستكشاف وتطوير الأفكار ، فتم ابتكار العديد من الأفكار والرموز التي تطورت و أعطت مختلف من المعالجات لتطويرها و إجراء الاختبار عليها.



شكل (17) إعلان إتصالات لعروض مختلفة[26]



شكل (18) إعلان إتصالات إعلان إتصالات□طين على نفس شريحة[27]

ثالثاً□رحلة: التصميم

الأفكار الأولية هي التى كانت تحمل مضمون الفكرة، حيث قامت جي دبليو تي بخلق شكل لكارت فودافون يحمل المعنى بحيث يتميز بالبساطة والصغر.



شكل (19) صورة توضح كروت الفكة[28]

رابعاً□رحلة: الا□تيار

يتم اختيار شكل نهائى للإعلان الذى يقدم الفكرة بشكل جيد واختيار شكل الكارت المعبر عن الفكرة.

□□سا□رحلة: النموذج المبدئى

عندما أرادت فودافون مصر إطلاق بطاقات إعادة الشحن الصغيرة (مفهوم جديد) في البلاد، أطلقت وكالة جي دبليو تي الإبداعية حملة عمدت فيها على جعل بطاقات إعادة الشحن الصغيرة العوض عن الوحدات النقدية الصغيرة (الفكة). وقد صممت هذه البطاقات لتناسب المكائن النقدية "الكاشير"، وتم تشجيع تجار التجزئة لتسليم المستهلك بطاقات إعادة شحن فودافون الصغرى "الفكة" بدلا من الأشياء عديمة الفائدة والتي كانت تاريخياً تقدم كعوض عن "الباقي" بعد عملية دفع الحساب.

سادساً□رحلة: التنفيذ

زودت الحملة فودافون بشبكة توزيع لا مثيل لها في مصر وعززت من وجودها في السوق، كما أصبحت بطاقات إعادة شحن فودافون الصغرى "الفكة" عملة جديدة في مصر، مع وجود محلات صغيرة لفودافون في جميع أنحاء البلاد لتخزين بطاقات "الفكة" لإستخدامها كعوض عن "الباقي".

سابعاً□رحلة: التعلم

الجوائز: تم منح حملة "فكة" فودافون جائزة التجزئة الأكثر انتشاراً من مجلة كونتجيوس في نيويورك، جنباً إلى جنب مع جائزة الجمهور لأكثر فكرة إنتشاراً في لندن، كما فازت الحملة بالجائزة الكبرى في حفل توزيع جوائز إيفي الشرق الأوسط عام 2013.

8 الدراسة التحليلية للبحث

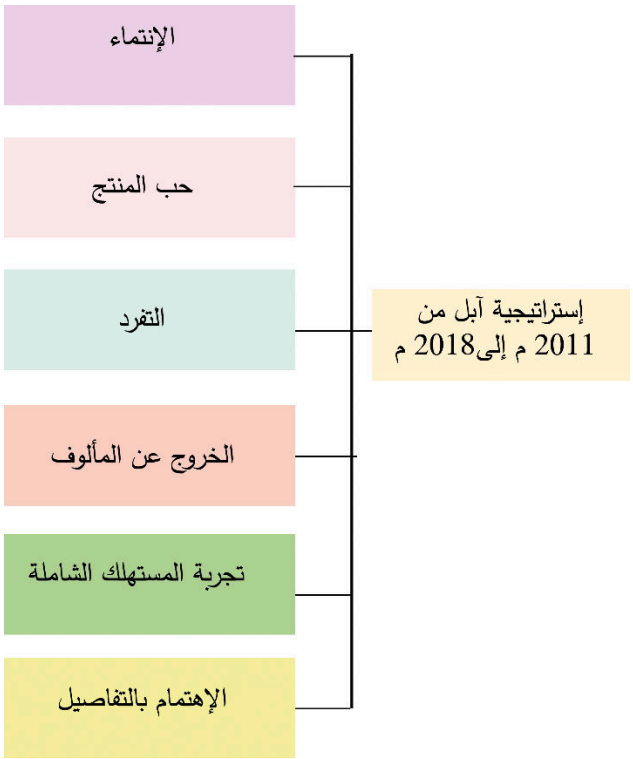
بالإستفادة من الدراسه السابقة سيتم عمل دراسة تحليلية لمؤسسة آبل، وهى من أكبر المؤسسات في مجال البرمجيات، حيث تأسست آبل في 1 أبريل 1976م لتطوير وبيع أجهزة الكمبيوتر الشخصية، في 1984حصة آبل ماكنتوش في السوق بدأت بالإنخفاض لفترة طويلة ولكنها عادت مرة أخرى بعد تطبيق إستراتيجية التفكير التصميمي.

سبب اختيار المؤسسة آبل:

- أقتربت القيمة السوقية لآبل كثيراً من التريليون دولار بعدما أرتفعت قيمتها إلى نحو 935 مليار دولار.
- أرتفع سهم آبل 2.3 في المئة ليصل إلى 194 دولار.
- حققت آبل صافي أرباح 11.5 مليار دولار مع عائدات أعمال تقدر ب 53.3 مليار دولار و هو ما يفوق عائدات وول ستريت في الربع الحالي.
- مؤسسة آبل أول المؤسسات التي قامت منذ البداية (من أكثر من 40 عام منذ 1976م) على إستراتيجية التفكير التصميمي وحققت نجاح باهر من خلالها.
- تعتبر مؤسسة آبل من أكبر مؤسسات في تصميم وتكامل أجهزة الكمبيوتر البرمجيات.
- مؤسسة آبل تبنى التكنولوجيا الجديدة بشكل أسرع فهى لها السبق دائماً عن باقى المؤسسات.
- نجد أن phone I أكثر أمناً، حيث أن نظام IOS أكثر أمناً من نظام أندرويد و في عام 2015 م وجد أن 97 في المئة من البرمجيات الخبيثة إستهدفت أجهزة الأندرويد ونسبة ضئيلة جدا 0.7 أستهدفت هواتف الأيفون.
- يعمل آيفون بشكل ممتاز مع جميع الأجهزة ومع مختلف أنظمة التشغيل.
- تحديث نظام التشغيل عندما تطرح آبل تحديثا جديداً لنظام التشغيل IOS فإن التحديث يشمل جميع الهواتف في كل بقاع العالم وفي نفس الوقت، عكس الهواتف الذكية الأخرى التي تصدر تحديثات في أوقات متفرقة وفي دول مختلفة.
- تم اختيار الإعلان التلفزيونى و دراسته تحليلياً ذلك لأنه الأكثر إنتشاراً و شمولاً.

الفترة من 2011 م- 2018 م

في تلك الفترة الزمنية كانت آبل تحقق نجاح باهر و أعلى أرباح ذلك يعود إلى إتباع إستراتيجية واضحة ومحددة وهى إستراتيجية التفكير التصميم مع تحقيق جميع أهدافها في عمليات التصميم والتطوير.



شكل (20) خطط يوضح عوامل نجاح إستراتيجية آبل من 2011م إلي 2018م

ظهرت مؤسسة آبل من جديد في عام 2013 م مع "Misunderstood" - وهو إعلان عيد الميلاد، والذي فاز بجائزة Emmy Award لأفضل "إعلان تجاري رائع"، في مقطع فيديو الذي يبلغ 9 ثوانٍ.



كادر 1 كادر 2 كادر 3

كادر 4 كادر 5 كادر 6

شكل (21) إعلان تلفزيونى آبل 2013 م

يُظهر لنا هذا الإعلان صبياً مراهقاً يركز على هاتفه بشكل مفرط بجهاز iPhone خلال موسم الأعياد ويتجاهل العائلة من حوله، لكن تبين في النهاية أنه يقضي وقته في خلق فيلم عائلي، والذي يتم الكشف عنه في يوم عيد الميلاد، فكرة الإعلان أنه يمكن إستخدامiPhone لإنشاء لحظات من الإتصالات العميقة ... ربما حتى الحب، و أظهر كيف يمكن أن يكون المنتج أو الخدمة جزءاً من الوصول إلى مُثل أعلى مثل التجمعات العائلية المدهشة، فإستراتيجية المؤسسة: هى الوقوع في حب المنتج. [29]

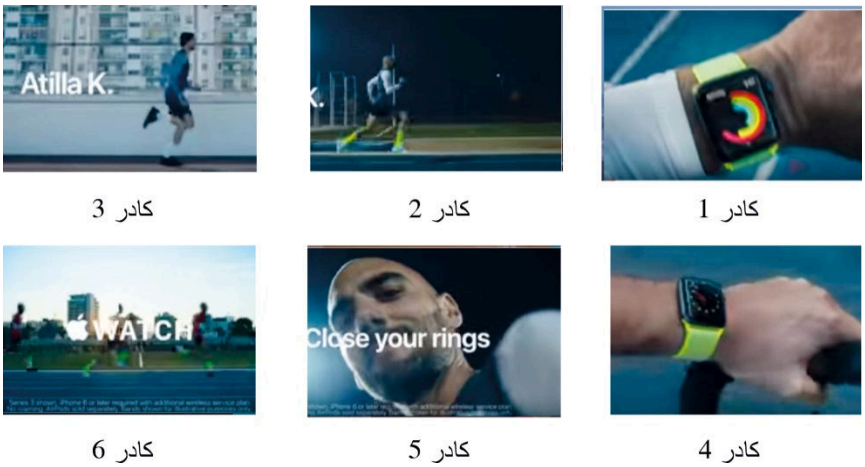


كادر 1 كادر 2 كادر 3

كادر 4 كادر 5 كادر 6

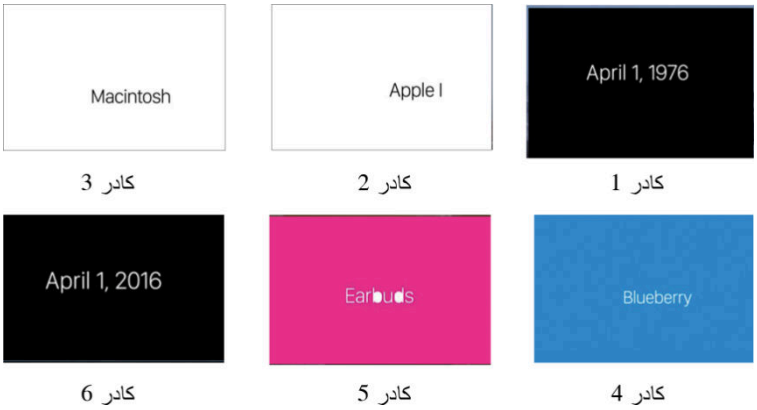
شكل (22) إعلان تلفزيونى آبل 2014م

إعلان تحفيزى عن طريق التذكير ببعض الأشياء التي نحتاج إلى سماعها كثيرًا. إختار جملة تحفيزية هى"أنت أقوى مما تتخيل."، سياسية المؤسسة: بناء علاقة حب قوية بين المنتج والمستهلك. [30]



شكل (23) إعلان تلفزيونى آبل 2015م لساعات Apple Watch

تخطى الإعلان الأول لـ Apple Watch المفاهيم الإبداعية العالمية لإظهار وظائف الساعة الذكية، أبرز ذلك من خلال إعلان تلفزيونى في 2015 م عن طريق أشخاص مختلفين تمارس الرياضة واللياقة البدنية، فكرة الإعلان هى كيف يمكن مساعدة المستهلك في خوض المعركة، سياسية المؤسسة: تلبية إحتياجات المستهلك[31]



شكل (24) إعلان تلفزيونى 2016م يعرض جميع منتجات آبل

هذا الإعلان عبارة عن ريمكس يعرض 40 عاماً في 40 ثانية، يعرض فيها جميع منتجات آبل منذ عام م1977 حتى 2016 ذلك ليظهر مدى نجاحها، سياسية المؤسسة: البساطة فى طريقة عرض المنتجات و فكرة الإعلان. [32]



شكل (25) إعلان تلفزيونى آبل 2018م

إعلان تلفزيوني في 2018م قام بإستخدام Rock وعرض يوم من حياته الهدف منه تذكير جريء بتحدي الأشخاص بكل الأشياء التي يمكنهم فعلها بإستخدام إحدى مميزات المنتج. قد لا يحصل معظم الناس على كل شيء من المنتج أو مميزاته، ولكن يحب معرفة ما قد يبدو عليه المستهلك في حالة الإستخدام الأمثل للمنتج'سياسية المؤسسة: عرض لتجربة المستهلك الشاملة وإظهار مدى تفرد المنتج[33]

نتائج تطبيق إستراتيجية التفكير التصميمي في□ؤسسة آبل□ن 2011 إلي 2018:

1- فتح أسواق جديدة فإستطاعت آبل أن تركز على Core Computer Business، و قامت بمواجهة الأعداد المتزايدة من المنافسين الحاليين والجدد، و إعتمدت أيضا على منافذ البيع بالتجزئة رغم أن المنافسين إعتمدوا في المقابل على البيع المباشر مما ساعد على وصول المنتج إلي الأسواق بسهولة، وبالتالى إلى المستهلك.

2- الخروج عن المألوف والتركيز على المستهلك بشكل أساسى، فإستراتيجية المؤسسه شجعت على الوقوع في حب أجهزة الكمبيوتر رغم أن المعتاد فى ذلك الوقت أن أجهزة الكمبيوتر هى مجرد ألالآت لنقل البيانات كان الهدف هو تصميم أجهزة تشجع وتدعم الأعمال الفريدة و من ثم التركيز على المستهلك ورغباته .

3- الإهتمام بأصغر التفاصيل، والتركيز على أن المستهلك الذي يستخدم الجهاز يهتم بأصغر التفاصيل مع الشكل الجمالي، وطريقة إستخدامه وحتى طريقة التغليف، فمؤسسة آبل تعتمد على الدمج بين تلك التفاصيل والمميزات التي ينتظرها المستهلك من المنتج

4- أصبحت جميع منتجات آبل تهتم بروح العصر في التصميم ومع مراعاة تجربة المستهلك في إستخدامه للأجهزة، بحيث يشعر كل فرد أن الجهاز مصنوع له خصيصاً في نفس الوقت مصنوع لجميع المستهلكين.

5- ركزت آبل على تجربة المستهلك الشاملة، و ذلك من خلال تحقيق الإختلاف فى المنتجات.

6- جعل المشاكل أهداف متحركة فلم تعتمد على حل المشكلة فقط ولكن التعامل مع المشكلة بشكل متشابك فى معرفة سببها وما يمكن أن تؤثر عليه و ذلك لحلها بشكل قطعى حتى لا تتسبب في ظهور مشاكل أخرى.

9 الخلاصة

توصلت الدارسة إلى أن ضرورة تطبيق إستراتيجية التفكير التصميمي فى المؤسسات و ذلك لما تقوم بها من خلق ميزة تنافسية للمؤسسات الإعلانية، فإستراتيجية التفكير التصميمي تستخدم عناصر أدوات التصميم مثل التعاطف والتجريب للوصول إلى حلول مبتكرة، فيمكن إتخاذ قرارات استناداً إلى ما يريده المستهلك في المستقبل بدلاً من الإعتماد فقط على البيانات الدارجة المعتادة إستنادًا إلى الغريزة بدلاً من الأدلة، فعندما يتم تطبيق مبادئ التفكير التصميمي على الإستراتيجية والإبداع، فإن معدل نجاح الابتكار يتحسن بشكل كبير، و يظهر مدى تفوق المؤسسات التي يقودها التصميم مثل Apple و Coca-Cola و IBM و Nike و Procter & Gamble و Whirlpool على باقى المؤسسات على مدار السنوات العشر الماضية بنسبة إستثنائية .

نظراً لمعدل النجاح الملحوظ في المؤسسات التي يقودها التصميم ، فقد تطور التصميم إلى أبعد من صنع الأشياء. فلذلك على المؤسسات الآن أن تتعلم كيف تفكر مثل المصمم، و من حيث تطبيق مبادئ التفكير التصميمي في مكان العمل نفسه، حيث نجد أن التفكير التصميمي يمثل أساس تطوير الإستراتيجية الفعالة والتغيير التنظيمي.

يمكن وصف التفكير التصميمي بأنه نظام يستخدم حساسية المصمم وطرقه لمطابقة إحتياجات المستهلك مع ما هو ممكن من الناحية التقنية .

فى ظل المنافسة الشرسة بين المؤسسات يجب على المؤسسات تحقيق تحديات غير متوقعة للحصول على ميزة تنافسية للمؤسسة ونجاح موثوق طويل الأمد، فالتفكير التصميمي يستخدم في كونه أسلوب متكامل يعتمد على المساحات المتداخلة بدلاً عن الخطوات المنتظمة ويعتمد على الإلهام و التفكير و التصميم و التنفيذ، فالإلهام يمثل المشكلة أو الفرصة التى تكون الحافز للوصول للحل، في حين أن التفكير أو التصميم يمثل عملية توليد وتطوير و اختيار الأفكار، أما التنفيذ هى طريقة العبور و الأنتقال من مجرد التفكير إلى حياة المستهلك و تحقيق حاجاته الفعلية، فبذلك يستطيع التفكير التصميم خلق ميزة تنافسية للمؤسسات الإعلانية.

10 النتائج

1- تحتاج المؤسسات الإعلانية أكثر فأكثر للإرتقاء بمنتجاتها و إحتلال موقع تنافسي في السوق المحلية والعالمية بعد ظهور التحديات في ظل البيئة التنافسية الراهنة، والمتغيرات الإقتصادية المعقدة.

2 إن فهم سلوك المستهلك يسمح للمؤسسة بتوفير إحتياجاته وتعزيز منتجات المؤسسة لدعم هذه الإحتياجات، ففهم رغبات المستهلك يؤدي إلى نجاح المؤسسة وتساعد على خلق ميزة تنافسية لها.

3- إن التصميم يعتبر واحداً من أكبر القوي في العالم، فهو يضعنا علي بداية كل ما هو جديد في دورة المستهلك الحياتية، فهو أداة للإبداع وسلاح للميزة التنافسية .

4- تغير شكل السوق أدى إلى ظهور استراتيجيات عديدة لتواجه هذا التطور ومنها إستراتيجية التفكير التصميمي.

11 التوصيات

1- يجب على المؤسسة الإعلانية الإهتمام ببناء ميزة تنافسية لها وأن تكون إستراتيجيتها واضحة المعالم للوصول إلى المستهلك المستهدف بشكل صحيح، مما يساعد على بناء الراوبط بين المؤسسة والمستهلك.

2- على المسوق ومصمم الإعلان الإهتمام بإيجاد ميزة تنافسية للمؤسسة الإعلانية ليسهل على المستهلك إيجاد إحتياجاته من منتجات المؤسسة وتلبية رغباته.

3- يجب على المصمم العمل على معرفة إتجاهات وتفضيلات المستهلك والتي يسهل التعرف عليها من خلال التواصل مع المستهلك بشكل مباشر حتى يسهل تصميم وتسويق المنتجات والخدمات.

4- على مصمم الإعلان تطبيق إستراتيجية التفكير التصميمي أثناء العملية التصميمية ، و ذلك لإمكانية تحديد المشكلة و إيجاد الحلول التصميمية المناسبة التي تتمحور حول المستهلك و تحقق إحتياجاته الفعلية.

شكر وتنويه

بعد شكر الله عز وجل أن أعاننى على إنجاز هذا البحث المتواضع، اتقدم بالشكر إلى أساتذتى الكرام، لأستاذة الفاضلة الدكتورة ميسون محمد قطب الأستاذ بقسم الإعلان وعميد كلية الفنون التطبيقية جامعة حلوان و أستاذة الدكتورة سمر هانىء أبو دنيا أستاذ التصميم بقسم الإعلان على تفضلهما بقبول الإشراف على بحثى هذا، وعلى ما قدمه لى من نصائح و إرشادات لتساعدنى فى بحثى و تطور أدائى ليصل إلى هذا الوضع، كما أتقدم بالشكر لكل من ساهم في إنجاز هذا البحث.

المراجع العربية

- أحمد الزنفلي : 2013، التخطيط الإستراتيجي لتعليم الجامعى، مكتبة الانجلو المصرية - مصر
- فلاح حسن الحسيني: 2000 ، الإدارة الإستراتيجية، الدار وائل للنشر ، عمان
- نبيل مرسي خليل : 1998، الميزة التنافسية في مجال الأعمال ، مركز الاسكندرية، مصر

REFERENCES

[1] https://www.amazon.in/Timex-Watches/b?ie=UTF8&node=3965457031
[2] https://www.darden.virginia.edu/faculty-research/directory/james-h-gilmore/
[3] Riverdale Country School, Design thinking for educators, New York, pp. 14, 2013
[4] Tim Brown, Change by Design, New York: Harper Collins, 2009
[5] Roger Martin, The Magazine of the Rotman School of Management, Wicked Problems, pp.62, 2009
[6] Kelley, Quot by Nussbaum,B , Get Creative, How to Build Innovative Companies , BusinessWeek Magazine2005
[7] Burney, Introduction to Design Thinking, www.redhat.com, 2006
[8] https://www.researchgate.net/publication/260917972_The_experience_economy_past_present_and_future
[9] https://www.researchgate.net/publication/260917972_The_experience_economy_past_present_and_future
[10] Mann,Thorbjoern , The Fog Island Argument.xlibris Corporation, 2007
[11] Lawson,Bryan , How Designers Think: The Design Process Demystified, London - Architectural – 1980
[12] https://www.adsoftheworld.com/media/outdoor/sunsmart_cut_out
[13] https://www.target.com/p/terry-s-christmas-orange-milk-chocolate-5-53oz/-/A-53679573
[14] https://www.adforum.com/creative-work/ad/player/6698511/washing-machine/jobsintownde
[15] https://foodchannel.com/2008/scratch-and-sniff-becomes-remove-and-lick- -8-2 2010
[16] https://www.canva.com/learn/advertisement-design-tips/
[17] https://www.canva.com/learn/advertisement-design-tips/
[18] Riverdale Country School, Design thinking for educators, New York, pp. 14,2013
[19] Beverly Rudkin Ingle, Design thinking for Entrepreneurs and Small Businesses, pp. 3, November 2013-
[20] http://www.slideshare.net/LogoDesignGuru/7-stages-of-design-thinking-debriefed?qid=cba1f44f-f0c2-4802-8a8a-bc779c594b60&v=qf1&b=&from_search=1
[21] http://www.slideshare.net/LogoDesignGuru/7-stages-of-design-thinking-debriefed?qid=cba1f44f-f0c2-4802-8a8a-bc779c594b60&v=qf1&b=&from_search=1
[22] http://www.slideshare.net/DTHSG/design-thinking-method-5fd817baa1c2&v=qf1&b=&from_search=2 - -5-122013
[23] https://www.slideshare.net/LogoDesignGuru/7-stages-of-design-thinking- bc779c594b60&v=qf1&b=&from_search=1
[24] https://arar.facebook.com/Vodafone.Egypt/photos/a.72775578436.77638.19973233436/10152640010348437/
[25] https://misr5.com
[26] http://www.egypt-offers.com/2013/03/Etisalat-two-Lines-Service.html
[27] https://arr.facebook.com/Vodafone.Egypt/photos/a.72775578436.77638.19973233436/10152640010348437/
[28] https://branditprintit.com/product/bill-board-printing/
[29] https://www.youtube.com/watch?v=v76f6KPSJ2w&feature=youtu.be
[30] https://www.youtube.com/watch?v=N2ubgxn8aQ8&feature=youtu.be
[31] https://www.youtube.com/watch?v=11a0FkGaWME
[32] https://www.youtube.com/watch?v=Pm3srmm8uew
[33] https://www.youtube.com/watch?v=2DWUuKIl09Y&pbjreload=10

International Journal of Innovation and Applied Studies
ISSN 2028-9324 Vol. 27 No. 1 Aug. 2019, pp. 165-170
© 2019 Innovative Space of Scientific Research Journals
http://www.ijias.issr-journals.org/

Mobile bin: Innovative approach to waste management during cultural and sporting events

NGAHA NGAHA Jean Adrien

Environmental Engineering,
National Advanced School of Public Works,
Yaoundé, Cameroon

Copyright © 2019 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 presents an innovative approach to waste management during cultural and sporting events from the mobile bin. Because of the great difficulty that the organizers have in controlling the fluctuation of the production of waste. This study shows that a mobile bin is capable of managing the waste of an event of up to 250 visitors. The fact of presenting itself as a combination carried by the volunteer with four baskets thus fixed two in the front and two in the rear of a capacity of 17L each, allows him to effectively accompany the visitor in the execution of instruction of sorting out, previous in the organization of selective waste collection. This tool through its mobile character, allows one hand to effectively address the prevention of abandonment of waste ground for a better blossoming of the visitors and on the other hand, positions itself as an instrument of communication and awareness of proximity to the public with desired effects on the behavior of the latter, including the deconstruction of cultural barriers visitors have with respect to waste. In addition, through the appropriation of the mobile bin can either by private companies or by the Decentralized Territorial Collectivities, in order to be part of a sustainable development approach, constitutes a source of external financing useful to its implementation.

KEYWORDS: Waste; Mobile bin; Sorting out; Selective collection; Prevention; Sustainable development.

1 INTRODUCTION

Waste emitted during cultural and sporting events presents huge imperfections in their management [1] [2]. With an average production per visitor estimated at 500 grams. If this figure may seem trivial, it must be realized that a demonstration gathering 3000 peoples will generate 1.5 tons of materials to sort, collect and evacuate. Unfortunately, many organizers continue to be confronted at the practices of waste abandonment on public spaces by the visitors and the effective organization of the selective collection. Because of the sorting instructions that until now have not been respected by the public at all, despite the awareness-raising actions and the necessary devices put in their favor [3]. However, effective management of these detritus can bring many assets to the organizer in terms of image; public blossoming and openness to new networks [4].

Since the waste on the site seems to pose more of an environmental problem, image and cleanliness rather than a problem of cost. The main difficulty is related to the cost of the alternative solution and its implementation. Therefore, a reduction in the cost of waste may not be a very important motivator.

Faced with this situation, what can be the usefulness of the mobile bin in accompanying visitors during cultural and sporting events? Based on the assumption that the mobile bin is a tool to optimize the waste sorting operation while improving the quality of the living environment of event sites and attract external funding for its implementation. The present work is mainly aimed at improving waste management in times of cultural and sporting events through the mobile bin. More specifically, it will be to present the mobile bin, are operating model and its merits whether environmental, social or economic.

Corresponding Author: NGAHA NGAHA Jean Adrien

2 FRAMEWORK AND METHODOLOGY

2.1 FRAMEWORK OF STUDY: DEFINITION OF THE CONCEPT OF MOBILE BIN

The mobile dustbin is an equipment in the form of combination presenting more than four baskets of a capacity of 17 L each one, two at the front and two in the rear for temporary storage of waste before being transferred into the large bins of sorting. This combination is worn by a volunteer during periods of cultural or sporting events, in order to express his commitment of more active and visible way to concerns related to the protection of the environment. The mobile bin also has the capacity to assume the function of sorting ambassador to raise public awareness of selective collection through the effective operationalization of sorting.

2.1.1 QUALITATIVE CHARACTERIZATION OF WASTE PRODUCED DURING CULTURAL AND SPORTING EVENTS

Most of the waste streams that are emitted and identified during the cultural and sporting events period consist mainly of paper and plastic packaging waste, plastic bottle waste, yoghurt waste, and beer can waste and organic waste. The table below shows the nature of the waste streams taken into account by each waste basket in the mobile bin.

Table 1. Qualitative identification of various flows of waste emitted during the cultural and sporting events

	Type A	Type B	Type C	Type D
Waste stream	Paper and plastic packaging	Plastic bottles; Pots of yoghurt	Beer cans and juice	Organic matter

2.2 METHODOLOGY

2.2.1 SIZING OF THE BASKETS

2.2.1.1 LID

Surface: $\pi . R^2$ with R (radius) = 10Cm for the lid; R = 4 cm for the opening.

2.2.1.2 CONTAINING

Volume: s. H with s (surface) = $\pi . R^2$ (R = 10Cm); H (Height) = 55 Cm.

2.2.2 FUNCTIONING OF THE MOBILE BIN

The mobilization of a well-defined number of mobile dustbin in times of cultural and sports events is dependent on the capacity of visitors to the site of festivities and the frequency of emptying baskets when filled in large bins sorting. In fact, during this period, starting from a grid of the site by sector, the teams of volunteers of mobile bin are then deployed each in its sector in order to guarantee a uniform distribution on the site. The mobile bin creeps through the visitors to allow them to deposit their waste while making the moments of exchange with the eager visitors. Their movement is punctuated to prevent any eventuality of their grouping in one place. When the mobile bin becomes full, the waste is immediately transferred to the large fixed sorting bins dedicated for this purpose, as illustrated by the operating mechanism below.

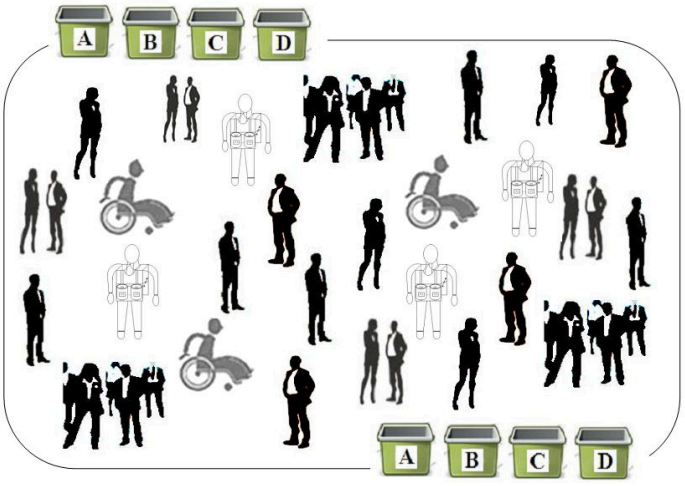


Fig. 1. Functioning of the mobil dustbin.

3 RESULTS AND DISCUSSIONS

3.1 PRESENTATION OF THE DESIGN OF THE MOBILE BIN

The mobile bin is in the form of a combination worn by a volunteer, and consists of a belt used to stabilize the combination during the various movements of it. The presence of vertical and horizontal strips of fabric on the combination ensures better attachment of the different waste basket on this equipment. A waste inlet is provided on the lids of the basket to limit any direct contact of visitors or volunteers with the waste and prevent any inconvenience that may be caused by the presence of insects. In addition, the waste is packaged in plastic bags in waste baskets to prevent any risk of odor nuisance and beyond, ensure a good seal of the trash. However, the use of protective gloves by the volunteer prevents any exposure to waste during his activities. In order to allow visitors to easily introduce the waste into the trash bin, it is envisaged the use of a cylindrical support made of plastic material and introduced into the waste basket at its upper part and fixed on the horizontal band of the suit. Its main function is to favour the maintenance of the basket on the horizontal plane.

3.1.1 TECHNICAL SPECIFICATIONS OF THE MOBILE BIN

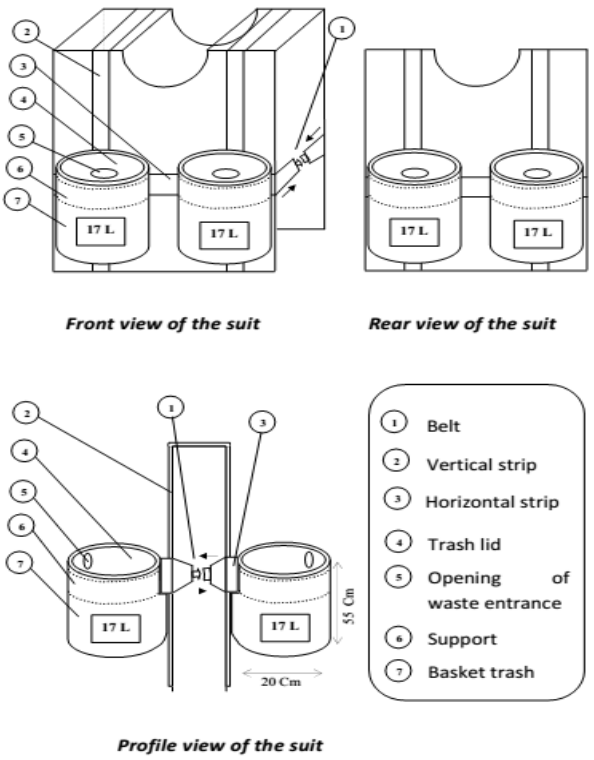
The technical characteristics of the mobile bin are shown in the table opposite.

Table 2. Technical specifications of the mobil dustbin

Parameters			Values
Combination mass			<3 kg
Fixation element of the combination			Belt
Basket Size	**Lid**	**Area lid**	314 Cm2
		Opening lid	50,24 Cm2
	Container	**Area**	314 Cm2
		Height	55 Cm
Basket Form			Cylindrical
Life expectancy			05 year's
Basket number / combination			At most 04
One mobile bin			roughly 250 visitors

It can be seen from Table 2 that the combination of the mobile bin is designed for mass less than 3 kg. This is to facilitate transportation by volunteers. The capacity of the bin is 17 L, this to ensure the transient storage of waste significantly but enough to make uncomfortable volunteers. In addition, this capacity of the basket allows that the mobile bin can cover the unit 250 visitors.

To ensure a better understanding of this tool, the figures below show the different sections of the combination and the mobile bin.



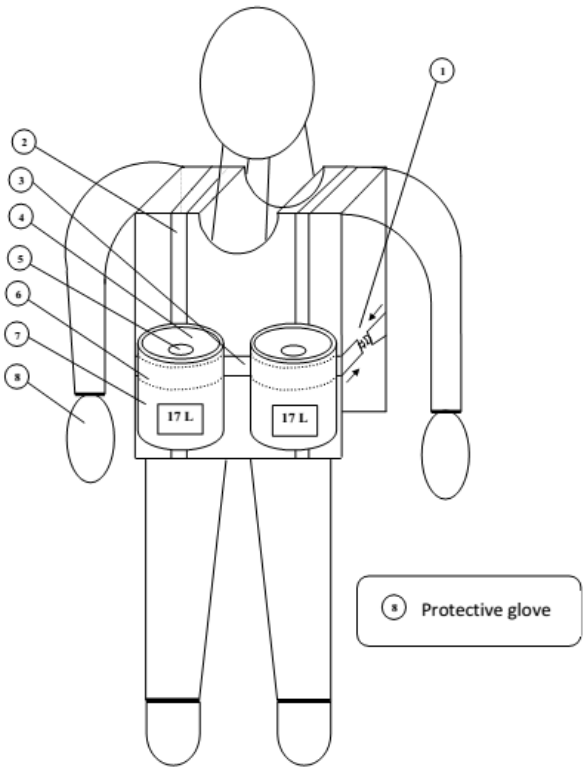


Fig. 2. Presentation of the combination design Fig. 3. Presentation of the mobil bin

The figure above shows that the lower part of the basket of the suit is located slightly above the knee of the volunteers, this to facilitate the movement of the leg during its displacement, while the upper part of the basket is slightly above the waist, to ensure better control of the baskets and the execution of sorting by visitors. The diameter of the bin fixed at 20Cm, makes the basket a compact tool able to sneak easily into the crowd.

3.2 THE MOBILE BIN AS A PRACTICAL TOOL FOR ECO-RESPONSIBLE EVENTS

The organization of cultural and sporting events generates a lot of waste, because it attracts several thousand people and thus generates several impacts on the environment. There are simple alternative solutions to reduce them considerably in order to lead to an event less clean-up of site, more waste sorting and more visitor engagement.

3.2.1 THE ENVIRONMENTAL DIMENSION OF THE MOBILE BIN

In terms of the environment, sorting is the basis for a better organization of waste management in the cultural or sporting events. To this end, the organizers propose to the public adapted sorting devices, in particular totems and pedestals [5] [6]. Unfortunately, this operation is unsuccessful, because the public does not follow the instructions and mixes all types of waste. This drives the organizers to focus primarily on bulking collection [3]. Yet, through the mobile dustbin presenting as a combination carried by voluntary with more than four baskets fixed, two in the front and two in the rear with a capacity of 17L each, can effectively support the visitor in the execution of the instructions of sorting out, preliminary in the organization of the selective collection. This provision that offers the mobile bin makes it possible to further increase the sensitivity of visitors to environmental topics including concerns related to ecology, pollution, health and sustainable development. In addition, this tool through its mobile character can effectively ensure the prevention of waste disposal in nature for a better blossoming of visitors. This first gesture of prevention makes it possible to avoid the visual or olfactory nuisances that they could cause by

their mere presence. Given that this public space constitutes a support within which walk heterogeneous populations. In this sense, the mobile dustbin can therefore help visitors to take ownership of this living space.

3.2.2 THE SOCIAL DIMENSION OF THE MOBILE BIN

From a social point of view, the behavior with regard to the waste observed among visitors is very close to that of the general population. The main constraint lies in the social representations of waste [7]. In the African context the problem arises more on the negative perception of the waste by the population, this can be observed through the practices of abandonment of the waste on the public spaces and the means of conditioning used which most of time are rudimentary [8], [9]. On the other hand, in western cities, citizens are most exposed to uncertainties related to the language barrier or a lack of appropriation of sorting instructions. Since they mobilize more cognitive skills [7], [3]. Moreover, only local support, through information but also the provision of adapted equipment, seems to be able to break down its constraints and to encourage greater public commitment to issues related to waste management. Although the mobile bin provides efficient management of waste from visitors with reduced mobility in general and in particular those traveling on wheelchairs, the fact that she is carried by a volunteer well equipped on the concerns related to the preserving the environment, she is positioned as an instrument of communication and awareness of proximity of the public with desired effects on the behavior of the latter. This contributes to the deconstruction of the different barriers that visitors have with regard to waste.

3.2.3 THE ECONOMIC DIMENSION OF THE MOBILE BIN

The initiatives so far undertaken by the organizers in order to align the events with an eco-responsible approach, in particular that relating on the one hand to increasing the number of waste storage facilities, particularly pedestals and totems for sorting and on the other hand, on reducing the volume of waste through the use of reusable dishes and the consignation of cups. Unfortunately, they have still not been effective in protecting the sites, which continue to be degraded by waste left in the wild by visitors and the effective establishment of sorting to insure their insertion into the circuit of valorization. According to the reference [3], the waste present on the site of festivity pose more an environmental, image and cleanliness problem rather than a problem of cost. So, the reduction of the cost of waste is perhaps not a very significant factor of motivation. However, the implementation of the mobile bin makes it possible to substitute the use of sorting devices with the advantage of a gain in space for a better mobility of the visitors. Moreover, the mobile bin also allows an optimal and effective use of volunteers. The latter being equipped, are able to manage several waste streams while at the same time raising public awareness of the sorting operation. The dynamic character of the mobile bin allows visitors to experience all the moments of the festivities without cluttering waste in their hands. In addition, this mobile device can be made locally at an affordable price and could be reused for other events unconstrained.

Much more, the mobile bin is positioned as a tool to attract external financing useful for its implementation. Appropriation either by private companies such as soft drink companies, mineral drinks or by the Decentralized Territorial Collectivities. On the one hand, they would allow these private organizations in their Corporate Social Responsibility (CSR) initiatives to integrate environmental concerns as part of their visibility and commercial operation strategies. And on the other hand, to the Decentralized Territorial Collectivities (DTC) to inscribe their visions of waste management in general and in particular sorting operations. This will contribute to a sustainable change in behavior by making visitors responsible for the waste issue.

4 CONCLUSION

At the end of this work, which consisted in proposing an innovative approach to waste management during cultural and sporting events from the mobile bin. Given the great difficulty that organizers have in overcoming waste disposal practices in public spaces by visitors and in effectively organizing selective collection through the operationalization of sorting out. This work has demonstrated the interest of the mobile dustbin in the environmental, social and economic dimensions. As a combination carried by the volunteer, having at most four baskets fixed two in the front and two in the rear of a capacity of 17L each, to ensure the management of waste of an event of less than 250 visitors. The mobile dustbin accompanies the visitor in the effective execution of the sorting instructions, prior to the organization of the selective collection. Also, through its mobile nature, it plays the role of an effective tool for preventing waste dumping on the ground for a better blossoming of visitors. Although the mobile bin provides efficient management of waste from visitors with reduced mobility, it is positioned as an instrument of communication and public awareness of proximity to the public with desired effects on the behavior of the latter. This contributes to the deconstruction of the different barriers that visitors have with regard to waste. However, the implementation of the mobile bin makes it possible to substitute the use of sorting devices with the advantage of a gain in space for a better mobility of the visitors. In addition, the mobile bin can be appropriated by private companies as part of their

CSR approach or by DTC to implement their vision of waste management; this is a useful source of external financing to its implementation. Finally, the fact that it offers the possibility of giving life back to waste through their recoveries thus facilitates their recycling, which is therefore part of a sustainable development approach.

REFERENCES

[1] Guide UFOLEP, 2007. Manifestations sportives et développement durable : UFOLEP, Groupe de travail national développement durable, 13 p. [Online] Available : www.sport21.fr/ressources/guide+manifestations+DD.pdf

[2] Les événements éco-responsables et la compensation des émissions de gaz à effet de serre, 2008, 88p. [Online] Available : http://www.iepf.org/ressources/ressources-pub-desc.php?id=310

[3] CRIOC (Centre de Recherche et d'Information de Consommateurs), 2009. Evénement sans déchets. Etudier. 30p.

[4] ADEME., 2016. Accompagnement à l'organisation d'évènements pauvre en déchets, 2P.

[5] Conseil général de Loire-Atlantique, 2010. Pour réussir une manifestation sportive sur la voie du développement durable. Guide et fiches pratiques, 29p.

[6] Guide des éco-manifestations en Poitou-Charentes pour concilier l'organisation d'une manifestation et le respect de l'environnement, 2007. ADEME, Région Poitou-Charentes ; Poitiers : ADEME, 36 p. [Online] Available : http://www.poitou-charentes.fr/environnement/eco-manifestations

[7] ADEME., 2012. Détritus / Déchets, tri et usages sociaux gestion des déchets et tri sélectif en habitat collectif HLM. Rapport, 81 p.

[8] Ngaha Ngaha Adrien J., 2018. Management urbain intelligent des déchets dans les villes africaines : Défis et enjeux dans les centres urbains de Douala et de Yaoundé. Editions Universitaire Européennes, 140p. ISBN: 978-613-8-41453-7

[9] Elamé E., 2004. Inter culturaliser le Développement Durable. Acte de Colloque (Développement Durable : Leçon et Perspective). Université de Ouagadougou ; 4-6 Juin 2004, Agence Universitaire de la Francophonie – Agence Intergouvernementale de la Francophonie. Tome1, pp.71-80.

International Journal of Innovation and Applied Studies
ISSN 2028-9324 Vol. 27 No. 1 Aug. 2019, pp. 171-177
© 2019 Innovative Space of Scientific Research Journals
http://www.ijias.issr-journals.org/

Financial stress of the banking system and economic growth in WAEMU: Do the effects of monetary policy and public debt matter ?

Kpégo Didier Anatole GBENOU

PhD in Economics. Researcher in the Directorate of Studies and Research of Central Bank of West African States (BCEAO), Senegal

Copyright © 2019 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 analyzed the effects of the monetary policy and public debt on the relationship between the financial stress of the banking system and economic growth in the WAEMU countries from 1990 to 2016. From a panel smooth transition regression estimation, the results indicate that the relationship between the GDP growth and the degree of financial stress depends on the changes in the policy rate and the level of the debt-to-GDP ratio. We find that: (i) in a high financial stress regime, a restrictive monetary policy and a high debt-to-GDP ratio have a negative effect on economic growth - (ii) a monetary expansion and a low debt-to-GDP tend to mitigate the negative effects of high financial stress on the GDP - (iii) in a regime of low financial stress in the banking sector, economic growth reacts positively, regardless of the activism of the monetary policy strategies and the level of the ratio of public debt-to-GDP.

KEYWORDS: Financial stress, monetary policy, public debt, economic growth, panel smooth transition regression, WAEMU.

JEL CLASSIFICATION: C51, E20, E52, G17, H63.

1 INTRODUCTION

The 2008 financial crisis and the 2010 public debt crisis in the European Monetary Union have put at the center of the debate on economic issues the importance of banking behavior for economic fluctuations. Thus, an economy whose banking sector is "financially fragile", is a potential source for the spread of "endogenous" macroeconomic instability. Indeed, as soon as credit institutions are unable to optimally allocate resources to investments, the dynamics of economic growth are compromised. These institutions are financially stressed and harden the terms of credit supply. When the level of financial stress is low, they provide financing for productive activities through credit to non-financial agents.

In the case of WAEMU[1] countries, credit institutions play a real "active" role in the credit market. The structure of their resources, mainly short-term, limits their ability to finance long-term investments. [1] highlighted the existence of financial stress in the banking system of WAEMU countries on the basis of credit market information asymmetries, insolvency risks, deterioration in asset quality, internal financial vulnerability and exposure of WAEMU economies to external shocks. Like [2] which focuses on the macroeconomic determinants of financial stress, this study does not specify the effects of monetary and fiscal policies on the relationship between the financial stress of the banking sector and the dynamics of real activity. However, both studies pointed out that the banking crises recorded in the Union in 1990 coincided with an inadequate monetary policy and weak fiscal discipline characterized by high debt and budget deficit ratios.

With the setbacks of the financial crisis of the last decade, the conditions of access to financial resources on the international markets, led the WAEMU countries to favor the sources of internal financing. Against this backdrop, the overall ratio of debt-to-GDP declined. From 2002 to 2014, the average level of this ratio was 36.6% compared to 105.7% a dozen years

[1] The West African Economic and Monetary Union (WAEMU) comprises eight countries: Benin, Burkina Faso, Côte d'Ivoire, Guinea-Bissau, Mali, Niger, Senegal and Togo.

earlier. The average of the monetary policy rate decreased from 7.8% to 4.2%. During the period 1990-1995, the financial stress index recorded is largest values between 0.40 and 0.6, corresponding to the episode of significant financial vulnerability in the banking sector [1]. These values were between -0.3 and 0.2 over the period 1996-2014. In addition, the average economic growth rate was 1.7% and 3.8% respectively over the two sub-periods. Given the key role of the banking system, it is relevant to evaluate the effects of economics policies on GDP fluctuations induced by taking in to account the vulnerability of this system. In theory, monetary activism and fiscal policy do not leave unchanged the fluctuations in economic growth induced by the behavior of credit institutions. That is the motivation behind for the present study on the WAEMU countries.

In the theoretical literature, some authors emphasized the role of economic policy shocks on the link between GDP and the financial sector's conditions. On one hand, Keynesian analysis developed an "exogenous" concept of economic instability and has given a secondary role to financial factors in the explanation of economic fluctuations. On the other hand, this view is opposed to that of [3] who, by questioning the "real" origin of the perturbations emphasized by the real business cycle theory. He places banking behaviors as the central element of the financial instability hypothesis and macroeconomic fluctuations. These behaviors are affected by a restrictive monetary policy, the generalization of the preference for liquidity and the deterioration of the debt structure in the economy as well as the public debt. In a stable institutional environment, "a restrictive monetary policy is efficient and the interest rate increases in such a way that the demand for financing is limited by the essentially inelastic supply." However, the existence of "institutional instability" leads to the maximizing and innovative behaviors adopted by commercial banks [3]. Moreover, public debt affects the relationship between financial stress and economic growth, through its impact on risk premiums, in particular the interest rates on treasury bills ([4], [5]). When instability in the financial system is induced by a high level of public debt, this will result in a loss of confidence in the government's ability to repay its outstanding debt, a reduction in the prices of treasury bills and an increase in sovereign yields, leading to economic downturn. A combination of monetary and fiscal policy strategies that provide different instability regimes (a.k.a *f*-instabilities) in the banking sector with asymmetric effects on the real sector [6]. Thus, the economy goes through a tightening of credit conditions (high financial stress) to a regime which is not financially constrained.

At the empirical level, the analysis indicates that in a regime of high financial stress, output is generally lower than its level in a regime with low financial stress ([7], [8]). For Canadian economic, [9] add that the inflation rate as well as interest rates are higher in a regime of low financial stress, but the effects of shocks from monetary expansion and contraction are divergent. Furthermore, [10] found in the case of the United States, England, Germany and Italy that: (i) production responds positively to an increase in the debt ratio in both financial stress regimes; (ii) the difference between the multipliers obtained in these regimes is relatively low; (iii) a financial stress shock has a negative effect on output and increases the ratio of public debt-to-GDP; (iv) the large temporal variation and estimates of nonlinear impulse responses suggest that the size of budget multipliers was above their average during the 2008-2009 crisis. Neglecting the role of the state of financial markets, [11] found that the ratio of gross external debt-to-GDP above threshold of 90% tends to reduce economic growth. In addition, using a smooth transition dynamic panel regression model (PSTR), [12] show that a high levels of financial stress and the debt-to-GDP ratio constrain the dynamics of real output. Indeed, above 84% of the debt-to-GDP ratio and 2.2 of the financial stress index, economic growth has negative values. However, a high value of this debt's ratio doesn't necessarily have a negative effect on the growth if financial markets are stable. While these findings show that very high levels of financial stress and the debt-to-GDP ratio affect negatively economic growth, they don't indicate how monetary policy and the level of public debt can influence the relationship between the state of credit institutions and the growth of real output. This limit is taken into account by this study on the WAEMU.

The paper aims to analyze the sensitivity of the link between the financial stress of the banking sector and economic activity in relation to monetary policy and the level of public debt. This study adds to the literature on the nonlinearity between the financial stress of the banking sector and the real economy, and the effects of structural variables on this link within a monetary union.

The next section of the article presents the econometric of analysis followed by the results and discussion, and the final section concludes.

2 METHODOLOGY

2.1 THE ECONOMETRIC MODEL

A Panel Smooth Threshold Regression model (PSTR) is used as [12] to capture different situations in which the growth rate of real GDP is gradually switching, given the level of financial stress. Belonging to a regime depends on the transition function and the distance separating the threshold and the transition variable. It is assumed that the real GDP growth rate satisfies a two-regime PSTR defined by:

$$\mathrm{GDP_{jt}} = \nu_j + \delta_0 \mathrm{CIFS_{jt}} + \delta_1 \mathrm{CIFS_{jt}} \Phi(\mathrm{q_{it}}, \gamma, \mathrm{c}) + \theta \mathrm{X_{jt}} + \varepsilon_{jt} \ (1)$$

With $j = 1, \dots, 7$, the country, $t = 1990, \dots, 2014$, the year; ν_j the vector of fixed effects, $\mathrm{CIFS_{jt}}$, the composite index of financial stress. X_{jt} is the vector including the policy rate, the debt-to-GDP ratio and others control variables. δ_0, δ_1, and θ are parameters to be estimated. ε_{jt}, is the error term, varying in time and specific to each country. $\Phi(\mathrm{q_{it}}, \gamma, \mathrm{c})$ denotes the transition function associated to a transition variable q_{it}, and $c = (c_1, \dots, c_m)'$ a vector of dimension $(1 \times m)$ including the threshold parameters and γ a smoothing parameter supposed to be positive. The logistic transition function is continuous and integrable on [0, 1]:

$$\Phi(q_{it}, \gamma, \mathrm{c}) = \left[1 + \exp\left(-\gamma \prod_{\mathrm{p}=1}^{\mathrm{m}} (q_{it} - \mathrm{c_p})\right)\right]^{-1} \ ; \ \gamma > 0 \text{ and } \mathrm{c_1} < \cdots < \mathrm{c_m} \ (2)$$

The order of the transition function has a direct impact on the transient dynamics between extreme regimes. From an empirical perspective, it's usually sufficient to consider m = 1 or m = 2. Generally, these values allow for the necessary variations in the slopes coefficients to account for a majority of nonlinearities due to changes of regimes. However, from a theoretical standpoint, the PSTR model allows a variation in the elasticity of the economic growth rate relative to financial stress, over time and by country. Depending on whether the transition variable q_{it} is the index of financial stress $CIFS_{jt}$, the elasticity of the growth rate of the real GDP relative to the financial stress in country *j* at period t is:

$$\mathrm{e_{jt}} = \frac{\partial \mathrm{GDP_{jt}}}{\partial \mathrm{CIFS_{jt}}} = \delta_0 + \delta_1 \Phi_1(\mathrm{CIFS_{jt}}, \gamma, \mathrm{c}) + \delta_1 \frac{\partial \Phi_1(\mathrm{CIFS_{jt}}, \gamma, \mathrm{c})}{\partial \mathrm{CIFS_{jt}}} * \mathrm{CIFS_{jt}} \ (3)$$

with: $\Phi_1(\mathrm{CIFS_{jt}}, \gamma, \mathrm{c}) = \left[1 + \exp\left(-\gamma(\mathrm{CIFS_{jt}} - \mathrm{c})\right)\right]^{-1}$

and: $\frac{\partial \Phi_1(\mathrm{CIFS_{jt}}, \gamma, \mathrm{c})}{\partial \mathrm{CIFS_{jt}}} = \left[\gamma * \exp\left(-\gamma(\mathrm{CIFS_{jt}} - \mathrm{c})\right)\right]\left[1 + \exp\left(-\gamma(\mathrm{CIFS_{jt}} - \mathrm{c})\right)\right]^{-2}$

When the transition variable q_{it} is different from the index of financial stress, such as the public debt-to-GDP ratio or money market rate, the elasticity of economic growth relative to the financial stress in country *j* at period *t* is:

$$\mathrm{e_{jt}} = \frac{\partial \mathrm{GDP_{jt}}}{\partial \mathrm{CIFS_{jt}}} = \delta_0 + \delta_1 \Phi(\mathrm{q_{it}}, \gamma, \mathrm{c}) \ (4)$$

With $\begin{cases} \delta_0 \leq \mathrm{e_{jt}} \leq \delta_0 + \delta_1 \ if \ \delta_1 > 0 \\ \delta_0 + \delta_1 \leq \mathrm{e_{jt}} \leq \delta_0 \ if \ \delta_1 < 0 \end{cases}$

Parameters δ_0 and δ_1 represent in this case elasticities of the real GDP growth rate relative to the financial stress of the banking sector. A negative (positive) value implies a decrease (increase) in elasticity with the value of the threshold variable.

2.2 ESTIMATION OF THE PSTR MODEL

The estimation of the PSTR is relied on a procedure to find the slopes coefficients, the thresholds and the smoothing parameters$(\delta_0, \delta_1, \gamma, c, \theta)$. First, the individual effects ν_j are eliminated by normalizing the variables with the respective sample means, then the model is estimated by setting the initial values for the parameters of the transition function. Finally, the Non Linear Least Squares (NLLS) method is used for the estimation of the different coefficients. This method minimizes the residual sum of squares of the PSTR with respect to the slopes coefficients, the thresholds and the smoothing parameters.

For a better specification of the PSTR model, the linearity and non-linearity tests of residual, relating to the number of transition functions to be used, are implemented. The decision rules of these tests are based on statistics from Fisher's version of Lagrange Multiplier (LM_F) and the pseudo-likelihood ratio (LRT) proposed by [13] and [14], and adapted to small samples. Indeed, the linearity test aims to verify whether the threshold effect is statistically non-zero in order to specify the link between financial stress and real GDP growth based on a switching regime model. If these statistics reject the hypothesis of linearity in favor of a PSTR, the supposed optimal transition variable will be estimated by considering all variables.

In addition, the test of nonlinearity on the residual aims to determine the number of regimes or the number of transition functions in order to capture all the heterogeneity and nonlinearity of the data. If the linearity is rejected, a null hypothesis test is implemented for the existence of a transition function in PSTR ($H_0: r = 1$) against the alternative hypothesis of having at least two transition functions ($\mathrm{H_1}: \mathrm{r} = 2$). The decision rules rely on LM_F and LRT statistics indicated above. If H_0 is rejected, the next step is to test: $H_0: r = r^* + 1$ against $H_1: r = r^* + 2$. The test procedure continues until the null hypothesis is accepted.

2.3 THE VARIABLES OF THE MODEL

The dependent variable is the real GDP (GDP) representing the measure of the economic activity in each country. The Composite Index of Financial Stress (CIFS) is computed by [1], and it reflects the fragility of the banking system. Indeed, these authors developed the CIFS of the banking system in WAEMU countries, according to the methodology used by [15] and [16]. This composite index is built as an aggregation of the normalized variables related to the financial soundness of the banking sector, the internal and external factors of the financial and macroeconomic vulnerabilities of this sector. High values of the CIFS reflect a tightening of credit supply constraints that negatively affect the real activity. Low values of the CIFS, indicates that the conditions of financing are favorable to production. It is expected that the low and high levels of financial stress will have a positive and negative impact on the growth rate, respectively.

The ratio of public debt-to-GDP (DEBT) is used to assess the effect of fiscal policy on the relationship between financial stress and the GDP [10]. In addition, the policy interest rate (RATE), notably the marginal lending rate captures the impact of monetary policy on the economic activity. This rate has a countercyclical effect on the relationship between financial stress and GDP [17].

The control variables include the ratio of private sector credit to GDP (PRIV), the ratio of gross fixed capital formation to GDP (GFCF), the trade openness (OPEN) measured by the sum of imports and exports divided by GDP and the active population (APOP) used as a proxy for human capital. It is expected that these four variables positively impact economic growth.

The data cover the period from 1990 to 2016 in all WAEMU countries except Guinea-Bissau. The variables RATE and DEBT are from the BCEAO database. The other variables were extracted from the World Development Indicators of the World Bank.

3 ECONOMETRIC RESULTS

3.1 PANEL THRESHOLD REGRESSIONS SPECIFICATION TESTS

LM_F and LRT statistics reject the null hypothesis of absence of nonlinearity effect at 5%, when the index of financial stress (CIFS), the policy rate (RATE) and the public debt ratio (DEBT) were respectively used as transition variables (Table 1). The alternative hypothesis H_1: r = 2 is rejected. In these three models, only one transition function is sufficient to explain the nonlinear effects of the financial stress on economic growth rate. Based on AIC and BIC values and the residual sum squares (SCR) (Table 2), a threshold transition function is more appropriate to account for the nonlinearity between financial stress and growth in the PSTR model. These conditions are also sufficient to represent the nonlinear relation between these two variables with regard to the policy rate and the ratio of public debt-to-GDP ratio.

Table 1. Nonlinearity test with transition variables: CIFS, RATE, DEBT

	Model 1		Model 2		Model 3	
Transition variable q_{it}	CIFS		RATE		DEBT	
n	m=1		m=1		m=1	
	LM_F	LRT	LM_F	LRT	LM_F	LRT
H0 : r = 0 vs H1: r = 1	7.792 [0.005]	7.783 [0.006]	4.096 [0.041]	4.00 [0.044]	7.537 [0.023]	3.735 [0.026]
H0 : r = 1 vs H1: r = 2	0.767 [0.381]	0.735 [0.392]	5.136 [0.097]	2.509 [0.104]	0.248 [0.618]	0.237 [0.627]

Note: *m, the optimal number of transitions function, K the number of explanatory variables, q_{it} the transition variable and n the number of centering parameters. Values in brackets are p-values associated with LM_F and LRT statistics.*

Table 2. Determination of the optimal threshold number by model

	Model 1		Model 2		Model 3	
q_{it}	CIFS		RATE		DEBT	
n	m=1	m=2	m=1	m=2	m=1	m=2
n opt.	1	0	1	0	1	0
SCR	0.200	-	0.430	-	0.198	-
AIC	-6.680	-	-7.546	-	-6.668	-
BIC	-6.536	-	-8.329	-	-6.488	-
Obs.	182	182	182	182	182	182

Note : *SCR, Residual Sum Squares, AIC, Akaike Information Criterion, BIC, Bayesian Information Criterion,*

3.2 THE THRESHOLD EFFECTS OF FINANCIAL STRESS ON ECONOMIC GROWTH

Table 3 reports the estimation of the parameters for the final PSTR models with transition variables including the index of financial stress, the policy interest rate and the ratio of debt-to-GDP. Given the small values of gamma (γ), the structure of the PSTR is appropriate to model the nonlinearity between financial stress of the banking sector and growth rate, when the transition is induced by the policy interest rate and the ratio of public debt-to-GDP. The results show positive and negative signs for parameters δ_0 and δ_1 respectively, implying the existence of a nonlinear relationship between financial stress and the real output growth. Indeed, this relation is positive up to a certain threshold of the transition variables, after which it becomes negative. The optimal threshold for the index of financial stress is 0.253. Under conditional nonlinearity, the optimal policy interest rate threshold is 1.501 (in logarithm) or 4.5% in level. That of the ratio of public debt-to-GDP is 4.422 (in logarithm) or 83.3% in level. It should be noted that on different groups of countries in their sample, [12] obtained different thresholds varying between 0.4 and 3.1 for the index of financial stress and the ratio between 42% and 84% for the debt-to-GDP.

When the financial stress index induces the transition, the coefficient δ_0 is positive ($\delta_0 = 1.215$), while δ_1 is negative ($\delta_1 = -1.390$). This implies that growth rotates from a low stress financial regime to a higher regime. This finding confirms that of [18] who found that an episode of low financial stress is consistent with high growth and increased financial stress leads to a contraction of real activity.

Table 3. Final results of the PSTR model

	Model 1	Model 2	Model 3
Transition variables	**CIFS**	**RATE**	**DEBT**
(m*, r*)	(1.1)	(1.1)	(1.1)
Parameter δ_0	1.215*** (0.053)	0.196** (0.056)	0.795*** (0.020)
Parameter δ_1	-1.390*** (0.044)	-0.708** (0.217)	-1.565*** (0.023)
Centering Parameter c_i.	0.253*** (0,048)	1.501*** (0.247)	4.422*** (0.515)
Gamma (γ)	17.586*** (3.260)	4.038*** (0.804)	2.763*** (0.436)
Coefficients of control variables			
PRIV	0.186*** (0.019)	0.492** (0.205)	0.481** (0.201)
RATE	-0.048** (0.009)	-0.066** (0.024)	-0.011 (0.016)
DEBT	0.201** (0.100)	0.015*** (0.002)	0.458*** (0.034)
GFCF	0.042** (0.020)	0.034** (0.013)	0.040* (0.022)
OPEN		-0.013 (0.031)	-0.021 (0.018)
APOP		0.041** (0.021)	0.550*** (0.012)
Obs.	182	182	182
R^2	0.521	0.574	0.522
DW	2.259	2.278	2.219
Fisher	8.931***	9.025***	6.642***

Note: For each model, m the optimal number of transitions function is determined sequentially. For the *i th* transition function, *i = 1,…, r*, the n centering parameters c_i and the value of the corresponding slope γ_i are shown in the Table. The standard errors in parentheses are corrected for the heteroscedasticity biases using the White method. ***, ** and *, denote significant statistics at 1%, 5% and 10% respectively.

The effect of the policy rate on the link between financial stress and economic growth shows a positive coefficient for δ_0 ($\delta_0 = 0.196$) and negative for δ_1 ($\delta_1 = -0.708$). The rise in the money market rate above 4.5% (tightening of refinancing conditions) leads to a decline in the sensitivity of growth to the health of the banking sector. Thus, the policy rate plays a countercyclical role in the relationship between banking instability and real output growth [19].

An increase in the ratio of the debt-to-GDP negatively affects the sensitivity of the growth to the vulnerability of the banking system. Indeed, the effects of public debt on the relationship between financial stress and economic growth show positive and negative signs respectively for the coefficients δ_0 and δ_1. This sensitivity of GDP growth to the degree of financial stress in the banking sector deteriorates when the public debt ratio exceeds 83.3%. For values below this threshold, the elasticity of the GDP growth rate relative to a low level of financial stress in the banking sector is positive. This threshold is 90% in [11], and 84% in of [12] for a panel of countries.

A comparative analysis is made with regard to some countries of the panel, especially Greece and Spain, to evaluate the loss or gain in economic growth in the context of the WAEMU countries. Considering a level of the financial stress index equal to the one observed in Greece (0.96) by [12], an increase of 0.77 percentage points from the threshold in this study (0.253) associated to an average of 0.445 percentage points of the policy rate between period 1990 and 1995, entails a loss of 0.33 percentage point of the economic growth rate in WAEMU countries, [2] while a decline in the key rate in the same proportion results in a loss of 0.02 percentage point. Moreover, when the financial stress index decreased by 1.247 to reach the threshold of Spain (-1.50), changes in the money market rate in the same proportions as previously lead to a gain of economic growth rates of 0.71 and 0.05 percentage points. These results suggest that a policy rate has a countercyclical effect on the link between the degree of financial stress of the banking system and the dynamics of real output. Furthermore, the extent of restrictive monetary policy is higher than that of an expansion policy, irrespective of the pattern of financial stress. This result is similar to those of [9].

If the level of the WAEMU's public debt ratio reaches the level of Greece, in particular 91.53%, an increase of 0.094 percentage points from the 83.3% threshold in our study, with a higher of the financial stress index by 0.77 points, will result in a loss of 0.544 percentage point of a GDP growth. [3] On the other hand, when the level of vulnerability of the banking system drops from 1.247 to the threshold of Spain, an increase of 0.094 in the debt ratio will result in an increase of 1.154 percentage point in the growth of the real GDP. The magnitude of a "lax" debt policy is higher than that of "rigor" regardless of the financial stress regime. This implies that an unsustainable and imprudent debt policy would increase the vulnerability of the banking system and create conditions that are not conducive to the financing of the economy by banks. These results are consistent with those of [10].

With the exception of trade openness, the other control variables used have positive coefficients according to economic theory.

4 CONCLUSION

This paper analyzed the effects of monetary policy and debt on the link between financial stress of banking system and economic growth in WAEMU countries. The results obtained from a smooth transition panel models (PSTR) indicate that the economy can swing between a regime of low or high financial stress in the banking system, due to the policy rate levels and the ratio of public debt-to-GDP.

These results show that: in a high financial stress regime, a restrictive monetary policy and an increase of the public debt ratio have a negative effect on economic growth, if the money interest rate levels and the debt-to-GDP ratio are respectively higher than 4.5% and 83.3%. While below these thresholds and under a low financial stress regime, a prudent debt policy and accommodative monetary policy stimulate the dynamics of real output. A monetary expansion and a low of the debt-to-GDP ratio tend to mitigate the negative effects of high financial stress on the dynamics of real output. In a regime of low financial stress in the banking sector, economic growth reacts positively, regardless of the activism of the monetary policy strategies and the level of the ratio of public debt-to-GDP. As such, a better coordination between monetary and fiscal policies can limit the vulnerability of the banking system, which is conducive to a decline in economic growth.

[2] Value gets from the previous elasticty formula (4) (0.197 – 0.708*[1+exp(-4.308*(2.21-1.501)]$^{-1}$)* 0.77 = -0.33.
[3] Value gets from the previous elasticty formula (4) (0.795-1.565*[1+exp(-2.763*(4.517 - 4.422)]$^{-1}$)*0.77 = -0.544

REFERENCES

[1] Gbenou, K. D. A. and Amoussouga Gero F. (2017), Mesure et prévision du stress financier du système bancaire des pays de l'UEMOA. *Finance et Finance Internationale*, N°7 janvier 2017, http://revues.imist.ma/journal=FFI.

[2] Doucouré, F. B. and Sene, B. (2014), Les déterminants macroéconomiques de l'indice de stress bancaire dans les pays de l'UEMOA. *Revue Économique et Monétaire de la BCEAO,* N°16, Décembre.

[3] Minsky, H.P. (1957), Central banking and money market changes. *Quarterly Journal of Economics*, Mai, p. 171-187.

[4] Stein, J. L., 2012. Stochastic Optimal Control and the US Financial Crisis. *Springer Publishing House*, New York.

[5] Brunnermeier, M. K. and Sannikov, Y. (2014), A macroeconomic model with a financial sector. *American Economic Review*, Vol. 104, issue 2, pages 379-421.

[6] Hughes Hallett, A., Libich, J. and Stehlík, P. (2011), Macroprudential Policies and Financial Stability. *The Economic Record,* Vol. 87, N°. 277, June, 2011, 318–334.

[7] Cardarelli, R., Elekdag, S. and Lall, S. (2011), Financial stress and economic contractions. *Journal of Financial Stability* 7: 78-97.

[8] Van Roye, B. (2011), Financial Stress and economic activity in Germany and the Euro Area. *Kiel* Working Paper N°1743, November.

[9] Li, F. and St-Amant, P. (2010), Financial Stress, Monetary Policy, and Economic Activity. Working paper of Bank of Canada, 2010 – 12.

[10] Afonso, A., Baxa, J. and Slavík, M. (2017), Fiscal developments and financial stress: a threshold VAR analysis. *Empirical Economics,* pp. 1-29, January. https://doi.org/10.1007/s00181-016-1210-5.

[11] Reinhart, C. M. and Rogoff, K. S. (2010), Growth in a time of debt. *American Economic Review:* Papers & Proceedings, May, 573–578.

[12] Proano, R.C., Schoder, C. and Semmler, W. (2014), Financial Stress, Sovereign Debt and Economic Activity in Industrialized Countries: Evidence from Dynamic Threshold Regressions. *Journal of International Money and Finance* 45, 17-37.

[13] Gonzàlez, A., Teräsvirta, T. and van Dijk, D. (2005), Panel Smooth Transition Regression model. *SSE/EFI Working Paper Series in Economics and Finance 604*, Stockholm School of Economics.

[14] Colletaz, G. and Hurlin, C. (2008), Threshold effects in the public capital productivity: An international panel smooth transition approach. *https://halshs.archives-ouvertes.fr/halshs-00724208*.

[15] Balakrishnan, R., Danninger, S., Elekdag, S. and Tytell, I. (2009), The Transmission of Financial Stress from Advanced to Emerging Economies, *IMF* Working Paper, n°09/133.

[16] Popovska, J. (2014), Modelling Financial Stability: the Case of the Banking Sector in Macedonia, *Journal of Applied Economics and Business*, Vol.2, Issue 1 – March, 2014, PP. 68-91.

[17] Baxa, J., Horváth, R. and Vašícek, B. (2011), Monetary Policy Rules and Financial Stress: Does Financial Instability Matter for Monetary Policy? *Departement d'Economia Aplicada*, Edifici *B,* Campus de Bellaterra, 08193 Bellaterra.

[18] Davig, T., and Hakkio, C. (2010), What is the effect of financial stress on economic activity. *Federal Reserve Bank of Kansas City Economic Review,* Second Quarter, 35-62.

[19] Gerali, A., Neri, S., Sessa, L. and Signoretti, F.M. (2010), Credit and Banking in a DSGE Model of the Euro Area. *Journal of Money, Credit and Banking,* 42(6), 108–141.

International Journal of Innovation and Applied Studies
ISSN 2028-9324 Vol. 27 No. 1 Aug. 2019, pp. 178-189
© 2019 Innovative Space of Scientific Research Journals
http://www.ijias.issr-journals.org/

Production de deux variétés de concombre (*Cucumis sativus* L.*)*, POINSETT et F1 TOKYO, cultivées sur des sols amendés avec de la fiente de poulet et du lisier de porc

[Production of two varieties of cucumber (*Cucumis sativus* L.*)*, POINSETT and F1 TOKYO, grown on soils amended with chicken and hog manure]

KOUAKOU Kouassi Joseph[1], GOGBEU Seu Jonathan[2], YAO Koffi Bertin[1], KONÉ Loua Serge Patrick[1], Sika Ahoua Edmond[3], and DOGBO Denezon Odette[1]

[1]Université Nangui Abrogoua, Unité de Formation et de Recherche des Sciences de la Nature, Laboratoire de Biologie et Amélioration des Productions Végétales, 02 BP 801 Abidjan 02, Côte d'Ivoire

[2]Université Jean Lorougnon Guédé, Laboratoire de Physiologie et Pathologie Végétales, BP 150 Daloa, Côte d'Ivoire

[3]Université Nangui Abrogoua, Unité de Formation et de Recherche des Sciences et Gestion de l'Environnement, 02 BP 801 Abidjan 02, Côte d'Ivoire

Copyright © 2019 ISSR Journals. This is an open access article distributed under the ***Creative Commons Attribution License***, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

ABSTRACT: The objective of this work is to evaluate the efficency of chicken manure and pig slurry on the production of two varieties of cucumber, POINSETT and F1 TOKYO, the most cultivated in Côte d'Ivoire. To that end, the soil surface layer of the experimental plot of Nangui Abrogoua University was taken at a depth of 20 cm, dried and sieved to two millimeters. The fine part collected served as a substrate for the study. The different fertilizers studied are chicken manure, pig slurry, the mixture of both manures, NPK mineral fertilizer. Plastic bags served as support for the culture media. The results revealed that increasing doses of chicken droppings reduce the production of cucumber varieties. The F1 TOKYO variety is earlier, productive and adapted to off-ground cultivation than the POINSETT variety, with a growing medium consisting of soil and a mixture of chicken manure and pig slurry.

KEYWORDS: chicken manure, pig slurry, manure mix, cucumber, F1 TOKYO variety, POINSETT variety, production, off-ground cultivation.

RÉSUMÉ: L'objectif de ce travail est d'évaluer l'efficacité de la fiente de poulet et du lisier de porc sur la production de deux variétés de concombre, POINSETT et F1 TOKYO, les plus cultivées en Côte d'Ivoire. Pour ce faire, la couche superficielle du sol de la parcelle expérimentale de l'Université Nangui Abrogoua a été prélevée à 20 cm de profondeur, séchée et tamisée à 2 mm. La partie fine recueillie a servi de substrat pour l'étude. Les différents fertilisants étudiés sont la fiente de poulet, le lisier de porc, le mélange des deux fumures, l'engrais minéral NPK. Des sachets en plastique ont servi de support pour les milieux de culture. Les résultats ont révélé que les doses croissantes de fiente de poulet réduisent la production des variétés de concombre. La variété F1 TOKYO est plus précoce, productive et adaptée à la culture hors sol que la variété POINSETT, avec un milieu de culture composé de sol et de mélange de fiente de poulet et de lisier de porc.

MOTS-CLEFS: fiente de poulet, lisier de porc, mélange de fumures, concombre, variété F1 TOKYO, variété POINSETT, production, culture hors sol.

Corresponding Author: KOUAKOU Kouassi Joseph

1 INTRODUCTION

En Côte d'Ivoire, le secteur des cultures vivrières et maraîchères occupe 85% de la population active agricole [1]. Dans le même temps, la chute des rendements, liée à la baisse de la fertilité des terres après deux ou trois campagnes consécutives de mise en culture, est beaucoup plus marquée et constitue l'une des contraintes majeures du paysan. Par le passé, le maintien ou l'amélioration de la fertilité des sols était assuré par la jachère naturelle conduite sur 10 à 15 ans [2]. De nos jours, la pression foncière, entraînée par la croissance démographique rapide et l'urbanisation, constitue une entrave à la production agricole encore pratiquée dans des systèmes traditionnels extensifs [3]. Le recours à la fertilisation minérale apparaît comme la solution appropriée [2]. Mais, les agriculteurs se heurtent au coût élevé des intrants chimiques [4]. Pour pallier ce problème, la recherche d'alternatives peu onéreuses s'avère nécessaire [5].

La production et la valorisation de biodéchets sont en expansion [3],[6] et des effets positifs sur les rendements des cultures [5], [7] ont été obtenus sous plusieurs conditions édaphiques et climatiques [8]. En effet, de nombreux auteurs ont rapporté que des apports de ces produits améliorent les propriétés physico-chimiques et biologiques des sols [9], [10] et réduisent les risques de pollution [11].

En Côte d'Ivoire, une diversité de fumures animales est produite avec le développement de l'élevage. Mais, le constat est que seule la fiente de poulet est utilisée comme fertilisant, surtout dans le maraîchage [12].

Le présent travail s'inscrit dans la valorisation agricole des fumiers d'animaux d'élevage. Il a pour objectif l'évaluation de l'efficacité de la fiente de poulet et du lisier de porc sur la production des deux variétés de concombre (*Cucumis sativus* L.) les plus cultivées en Côte d'Ivoire, POINSETT et F1 TOKYO.

2 MATÉRIEL ET MÉTHODES

2.1 SITE D'ÉTUDE

L'étude a été menée à l'Université Nangui Abrogoua (UNA), située dans la ville d'Abidjan, au sud de la Côte d'Ivoire (Fig. 1).



Fig. 1. Localisation de l'Université Nangui Abrogoua dans la ville d'Abidjan

Les coordonnées géographiques du site d'étude sont de 5°17' et 5°31' de latitude nord et 3°45' et 4°22' de longitude ouest [13]. L'UNA est soumise à un climat de type subéquatorial comprenant quatre saisons : une grande et une petite saison de pluie, respectivement, de mars à juillet et d'octobre à novembre, puis, une grande et une petite saison sèche, respectivement, de décembre à février et d'août à septembre. Abidjan a un climat de type tropical et la température moyenne est de 26, 6 °C. Il tombe en moyenne 1784 mm de pluie par an. Le sol est de type sablo-argileux [14].

2.2 MATÉRIEL VÉGÉTAL

Le matériel végétal est constitué des semences de deux variétés du cultivar *Cucumis sativus,* les plus cultivées en Côte d'Ivoire. Nous avons la variété pollen, nommée POINSETT, et la variété hybride, nommée F1 TOKYO (Fig. 2).

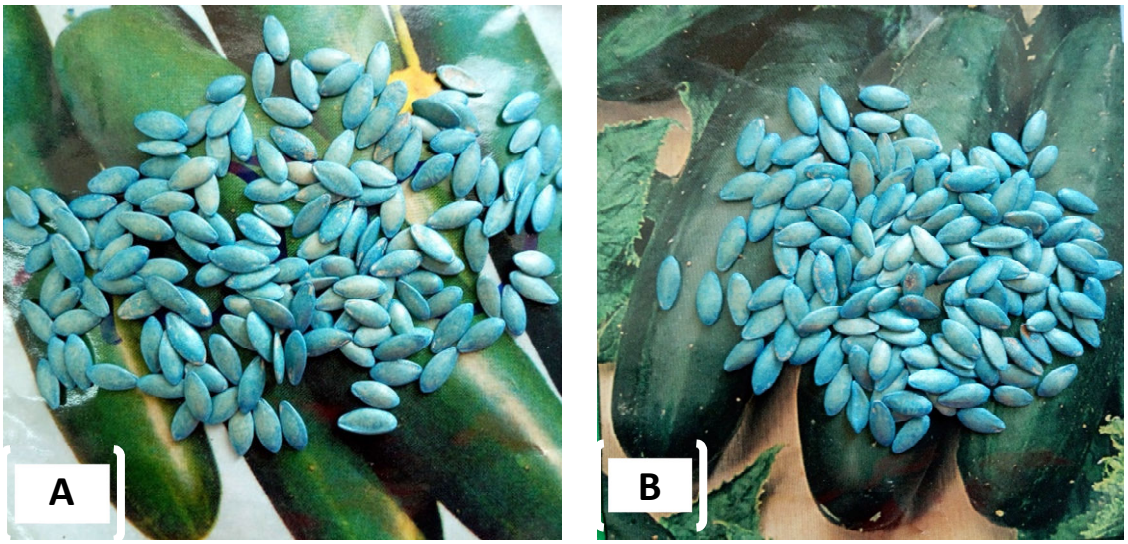


Fig. 2. Fruits et graines de F1 TOKYO (A) et POINSETT (B)

2.3 SUBSTRAT DES MILIEUX DE CULTURE

Sur la parcelle expérimentale de l'UNA, la couche superficielle du sol a été prélevée à 20 cm de profondeur, séchée et tamisée à 2 mm. La partie fine recueillie a servi de substrat pour l'étude.

2.4 MATÉRIEL FERTILISANT

Le matériel fertilisant comprend la fiente de poulet, le lisier de porc et l'engrais minéral NPK. La fiente poulet et le lisier de porc proviennent, respectivement, d'une ferme avicole, dans la commune de Port-Bouët, et d'une ferme porcine, dans la commune de Bingerville.

2.5 MILIEUX DE CULTURE

Les milieux de culture pour notre travail sont représentés dans le tableau 1**.**

La méthode de préparation des milieux a été inspirée de celles de [15] et [16]. Pour chaque dose et chaque fertilisant, dix répétitions ont été effectuées. Les milieux ont été arrosés pendant 14 jours afin de faciliter la décomposition des engrais organiques avant le semis.

2.6 SEMIS DU CONCOMBRE ET ENTRETIEN DE LA PARCELLE

Le semis des graines a été fait le 5 octobre 2017 dans des sachets en plastique contenant le milieu de culture (Fig. 3).

Tableau 1. Composition des différents milieux de culture

Traitements	Composition des milieux de culture	Dose ou rapport de la quantité d'engrais organique sur la quantité de sol
Sol simple (Témoin)	2 kg de sol	0 kg/kg de sol
Sol +NPK	2 kg de sol + 15 g de NPK (12-22-22)	0 kg/kg de sol
Substrat avec du fumier composé (fiente +lisier)		
M1	2 kg de sol + 0,5 kg de mélange de fumiers	0,25 kg/kg de sol
M2	2 kg de sol + 1 kg de mélange de fumiers	0,5 kg/kg de sol
M3	2 kg de sol + 1,5 kg de mélange de fumiers	0,75 kg/kg de sol
Substrat avec du fumier simple		
F1	2 kg de sol+ 0,5 kg de fiente de poulet	0,25 kg/kg de sol
F2	2 kg de sol + 1 kg de fiente de poulet	0,5 kg/kg de sol
F3	2 kg de sol + 1,5 kg de fiente de poulet	0,75 kg/kg de sol
L1	2 kg de sol + 0,5 kg de lisier de porc	0,25 kg/kg de sol
L2	2 kg de sol + 1 kg de lisier de porc	0,5 kg/kg de sol
L3	2 kg de sol + 1,5 kg de lisier de porc	0,75 kg/kg de sol



Fig. 3. Jeune plantule de la variété F1 TOKYO

Le tuteurage des plantes a été effectué dès l'apparition de la première vrille de la plante, en dressant une ficelle qui a servi de tuteur aux vrilles. Pendant la plantation, deux arrosages par jour (matin et soir) ont été effectués. Des produits phytosanitaires tels que Cypercal 50 EC (insecticide) et Ivory 80wp (fongicide) ont été utilisés pour la protection des plantes. L'expérimentation a duré 53 jours.

2.7 RÉCOLTE DES FRUITS ET MESURE DE PARAMÈTRES LIÉS AUX FRUITS

La première récolte de fruits a été faite 38 jours et la dernière 53 jours, après les semis. Les paramètres liés aux fruits sont représentés dans le tableau 2.

Tableau 2. Mesure des paramètres du fruit

Caractères mesurés	Caractéristiques	Méthodes de mesure
Précocité des variétés	Nombre de fruits matures depuis les semis jusqu'à la date inscrite sur le catalogue des semences	Dénombrement des fruits produits avant et après la date de récolte inscrite sur le catalogue des semences
Le nombre de fruits par plante	Nombre de fruits matures produits	Dénombrement des fruits produits par chaque plante
Poids du fruit	Poids de chaque fruit récolté	Poids du fruit à l'aide d'une balance de précision
La longueur du fruit (cm)	Longueur moyenne des fruits récoltés sur chaque plante	Mesure de la distance entre les deux extrémités du fruit à l'aide d'un ruban mètre
La circonférence du fruit (cm)	Circonférence moyenne des fruits récoltés sur chaque plante	Mesure du contour du fruit à l'aide d'un ruban mètre

Quelques méthodes de mesure sont illustrées par la figure 4. Selon le catalogue de F1 TOKYO, le délai moyen de production est de 45 jours [17], tandis que celui de POINSETT est de 60 jours [18]. Pour étudier la précocité des deux variétés de concombre, les fruits de chaque variété ont été classés en deux groupes selon les dates de récolte. Ainsi, le premier groupe concerne les fruits récoltés entre 38 et 45 jours, après le semis, et le second groupe, les fruits récoltés entre 45 et 53 jours, après les semis.

2.8 ANALYSE DES DONNÉES

Le logiciel STATISTICA version 7.1 a été utilisé pour l'analyse des données. Une comparaison des moyennes entre les différents traitements a été faite à travers l'analyse de la variance (ANOVA). Lorsqu'une différence significative est observée entre les traitements pour un caractère, l'ANOVA est complétée par des comparaisons multiples en effectuant le test Tukey au seuil de 5%.

3 RÉSULTATS

3.1 EFFETS DE L'INTERACTION ENTRE LA VARIÉTÉ, LE FERTILISANT ET LA DOSE SUR LE CYCLE DE PRODUCTION ET LA PRODUCTIVITÉ DES DEUX VARIÉTÉS DE CONCOMBRE

Les résultats consignés dans le tableau 3 indiquent que la variété F1 TOKYO est plus précoce et plus productive que la variété POINSETT et ces qualités sont favorisées par le mélange de fertilisants.

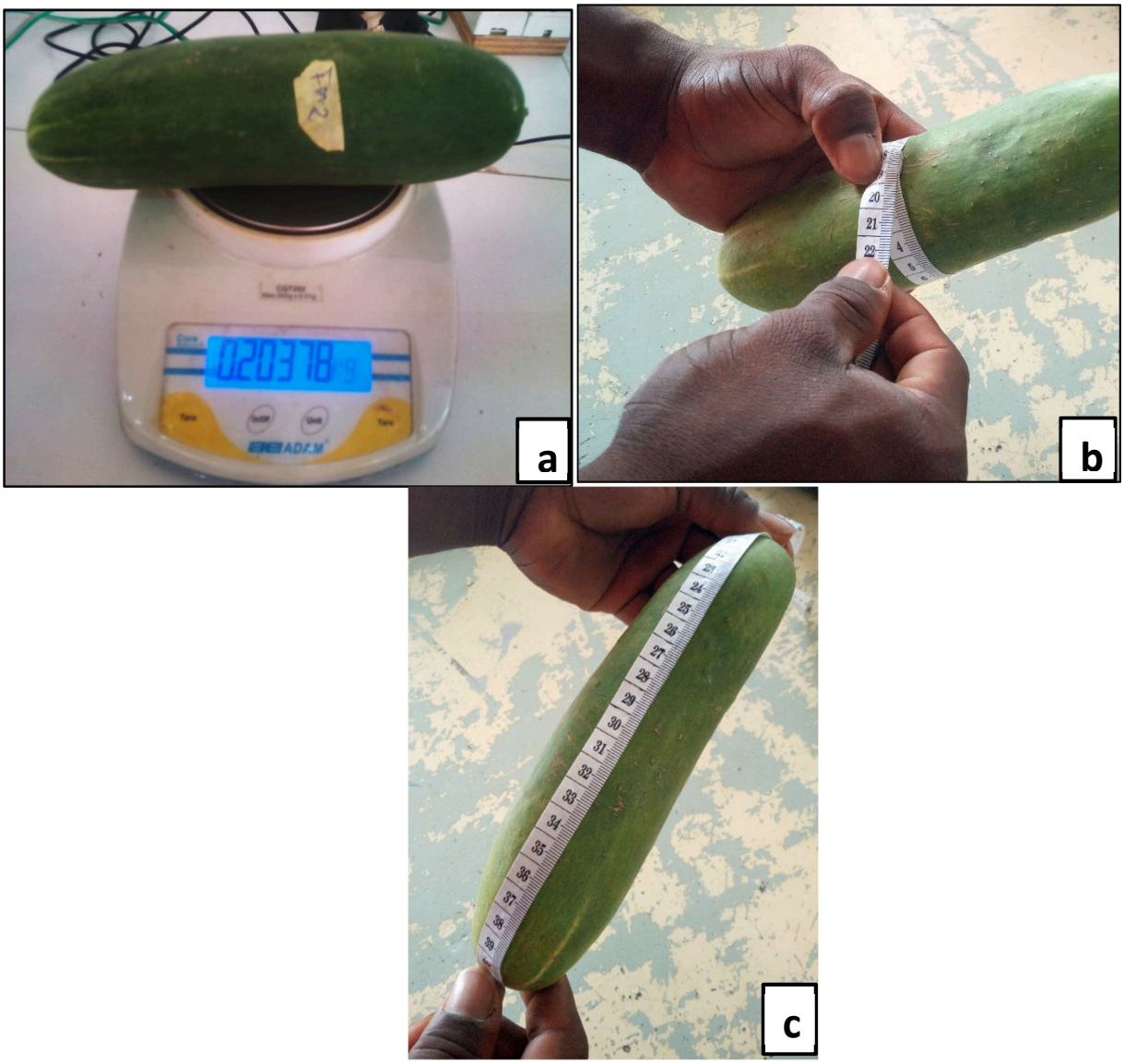


Fig. 4. Mesures du poids (a), de la circonférence (b) et de la longueur du fruit (c)

Tableau 3. Nombre de fruits de concombre matures récoltés 53 jours après les semis

Variétés	Fertilisants	Doses	Nombre de fruits entre 38 et 45 jours après les semis	Nombre de fruits entre 45 et 53 jours après les semis	Total
POINSETT	**Fiente**	**D1**	**-**	6	6
		D2	**-**	-	-
		D3	**-**	-	-
	Lisier	**D1**	**-**	-	-
		D2	**-**	5	5
		D3	**-**	4	4
	Mélange	**D1**	**-**	4	4
		D2	**-**	5	5
		D3	**-**	11	11
	NPK	**NPK**	**-**	-	-
	Témoin	**Témoin**	**-**	-	-
	Total		**-**	**35**	**35**
F1 TOKYO	**Fiente**	**D1**	3	10	13
		D2	-	1	1
		D3	-	-	**-**
	Lisier	**D1**	-	4	4
		D2	4	12	16
		D3	1	8	9
	Mélange	**D1**	5	10	15
		D2	7	16	23
		D3	7	14	21
	NPK	**NPK**	-	8	8
	Témoin	**Témoin**	-	2	2
	Total		**27**	**85**	**112**

3.2 EFFETS DE LA VARIÉTÉ SUR LES PARAMÈTRES DU FRUIT

Le tableau 4 présente les paramètres du fruit en fonction de la variété de concombre. Pour les trois paramètres (poids, longueur et circonférence du fruit), les valeurs sont plus élevées chez la variété F1 TOKYO que la variété POINSETT.

Tableau 4. Poids, longueur et circonférence du fruit en fonction de la variété

Variété	**Poids(Kg)**	**Longueur (cm)**	**Circonférence (cm)**
POINSETT	0,15±0,07**b**	16,8±7,1**b**	13,3±5,7 **b**
F1 TOKYO	0,19±0,04**a**	19,5±4,7**a**	17,7±3,4**a**
P	< 0,001	< 0,001	< 0,001

Dans une même colonne, les chiffres suivis de la même lettre sont statistiquement identiques au seuil de 5%.

3.3 EFFETS DE L'INTERACTION ENTRE LA VARIÉTÉ ET LE FERTILISANT SUR LES PARAMÈTRES DU FRUIT

Les résultats du tableau 5 révèlent qu'au niveau de la variété POINSETT, les valeurs les plus élevées des trois paramètres mesurés ont été obtenues chez les plantes cultivées sur le mélange de fertilisants.

Tableau 5. Poids, longueur et circonférence du fruit en fonction de l'interaction entre la variété et le fertilisant

Variétés	Engrais	Poids (Kg)	Longueur (cm)	Circonférence (cm)
POINSETT	Fiente	0,13±0,08**b**	14,9±9,3**b**	11,3±7,1**b**
	Lisier	0,10±0,06**b**	14 ±5,1**b**	11,3±4,8**b**
	Mélange	0,19±0,03**a**	20,7±2,6**a**	16,4±2,4**a**
	NPK	-	-	-
	Témoin	-	-	-
F1 TOKYO	Fiente	0,18±0,06**a**	19,1± 7,3**a**	16,2±5,4**a**
	Lisier	0,19±0,04**a**	19,4±4,1**a**	18,1±2,7**a**
	Mélange	0,20±0,03**a**	20,8±3,5**a**	18,3±2,9**a**
	NPK	0,16±0,07**a**	15,1 ± 3,8**b**	16,3 ±3,7**a**
	Témoin	0,12±0,01**b**	14,1± 3,5**b**	15,1 ± 1,5**a**
	P	0,0006198	0,003000	0,0005599

- : plantes mortes

Dans une même colonne, les chiffres suivis de la même lettre sont statistiquement identiques au seuil de 5%.

Les plantes des milieux NPK et du témoin n'ont pas produit de fruit. Au niveau de la variété F1 TOKYO, les valeurs de tous les traitements sont de même ordre de grandeur pour ce qui concerne la circonférence du fruit. Au niveau de la longueur, les valeurs pour les trois types de fertilisants organiques sont de même ordre de grandeur et supérieures aux valeurs obtenues avec le NPK et le témoin qui sont, aussi, de même ordre de grandeur. Au niveau du poids du fruit, les valeurs enregistrées avec les traitements avec engrais sont de même ordre de grandeur et supérieures à la valeur obtenue avec le témoin.

Au regard de tous ces résultats, le mélange de fertilisants se révèle comme le fertilisant le plus efficace pour la production des deux variétés de concombre.

3.4 EFFETS DE L'INTERACTION ENTRE LA VARIÉTÉ ET LA DOSE SUR LES PARAMÈTRES DU FRUIT

Pour les deux variétés de concombre, les doses croissantes de fertilisants organiques ont tendance à avoir un effet positif sur les paramètres mesurés (Tableau 6). Les valeurs sont plus élevées que celles obtenues avec le NPK et le témoin.

Tableau 6. Poids, longueur et circonférence du fruit en fonction de l'interaction entre la variété et la dose

Variété	Dose	Poids (kg)	Longueur (cm)	Circonférence (cm)
POINSETT	D1	0,15±0,06**b**	17,5±6,1**a**	13,2±4,7**b**
	D2	0,14±0,06**b**	16,6±6,1**ab**	12,9±5,1**b**
	D3	0,17±0,07**b**	18,7±6,3**a**	15,2±5,1**ab**
	NPK	-	-	-
	Témoin	-	-	-
F1 TOKYO	D1	0,20±0,03**a**	20,7±3,7**a**	18,2±2,3**a**
	D2	0,19±0,04**a**	19,3±4,4**a**	17,4±2,9**a**
	D3	0,20±0,05**a**	20,4±5,3**a**	18,2±4,7**a**
	NPK	0,16±0,07**b**	15,1± 3,8**ab**	16,3 ± 3,7**ab**
	Témoin	0,12±0,01**b**	14,1± 3,5**b**	15,1 ± 1,5**ab**
	P	0,01008665	0,0067302	0,0053587

- : plantes mortes

Dans une même colonne, les chiffres suivis de la même lettre sont statistiquement identiques au seuil de 5%.

3.5 EFFETS DE L'INTERACTION ENTRE LE FERTILISANT ET LA DOSE SUR LES PARAMÈTRES DU FRUIT

Il ressort de l'analyse du tableau 7 que les doses croissantes de fiente de poulet réduisent les performances du concombre. En effet, à D2, les valeurs obtenues pour les trois paramètres étudiés sont plus faibles que celles obtenues avec le NPK, mais de même ordre de grandeur avec celles du témoin. Aucun fruit n'a été obtenu à D3 car les plantes ont flétri et sont mortes avant d'entrer en production.

Les doses croissantes de lisier de porc et du mélange de fertilisants ont un effet positif faible sur les paramètres du fruit. Les valeurs obtenues sont supérieures à celles du NPK et du témoin.

3.6 EFFETS DE L'INTERACTION ENTRE LA VARIÉTÉ, LE FERTILISANT ET LA DOSE SUR LES PARAMÈTRES DU FRUIT

Les résultats consignés dans le tableau 8 montrent que l'interaction la plus efficace pour la variété POINSETT est POINSETT*mélange de fertilisants*D3, tandis que chez F1 TOKYO, deux interactions, F1 TOKYO* lisier de porc*D3 et F1 TOKYO* mélange de fertilisants*D3, peuvent être retenues.

Tableau 7. Poids, longueur et circonférence du fruit en fonction de l'interaction entre le fertilisant et la dose

Fertilisants	Doses	Poids (Kg)	Longueur (cm)	Circonférence (cm)
Fiente	**D1**	0,19±0,03**a**	20,7±3,6**a**	16,7±2,2**ab**
	D2	0,10±0,14**c**	8,7±12,3**d**	8,6±12,2**c**
	D3	-	-	-
Lisier	**D1**	0,16±0,09**ab**	16,1±9,9**b**	16,2±9,2**ab**
	D2	0,16±0,05**ab**	17,5 ±3**ab**	15,6±3,1**ab**
	D3	0,17±0,06**ab**	19,1±3,8**a**	16,7±4,3**ab**
Mélange	**D1**	0,18±0,04**a**	19,9 ±2,7**a**	16,7±3,1**ab**
	D2	0,20±0,03**a**	20,3±3,8**a**	17,4 ±3,2**a**
	D3	0,21±0,01**a**	21,6±2,9**a**	18,5 ±2,3**a**
	NPK	0,14 ±0,08**b**	13,4 ±6,1**c**	14,5± 6,4**b**
Témoin		0,10±0,07**c**	9,4±8,5**d**	10,1±8,8**c**
	P	<0,001	<0,001	<0,001

- : Plantes mortes

Dans une même colonne, les chiffres suivis de la même lettre sont statistiquement identiques au seuil de 5%.

Tableau 8. Poids, longueur et circonférence du fruit en fonction de l'interaction entre la variété le fertilisant et la dose

Variétés	Fertilisants	Doses	Poids (Kg)	Longueur (cm)	Circonférence (cm)	Nombre de fruits par plante
POINSETT	Fiente	D1	0,18±0,02**a**	19,9±1,6**a**	15,1±1,8**b**	2± 0**a**
		D2	-	-	-	-
		D3	-	-	-	-
	Lisier	D1	-	-	-	-
		D2	0,12±0,04**c**	16,2±0,8**ab**	12,8±2,5**c**	1,2±0,5**a**
		D3	0,11±0,07**c**	14,8±1,9**b**	12,2±3,7**c**	2±1,4**a**
	Mélange	D1	0,14±0,03**b**	18,3±2,8**a**	13,6±1,3**c**	2±0**a**
		D2	0,19±0,02**a**	20,3±4,2**a**	15,8±2,7**b**	1,6±1,1**a**
		D3	0,21±0,01**a**	21,8±3,1**a**	17,7±1,4**ab**	1,8±0,7**a**
	NPK	NPK	-	-	-	-
	Témoin	Témoin	-	-	-	-
F1 TOKYO	Fiente	D1	0,21±0,02**a**	21,2±4,3**a**	17,8±1,7**ab**	2,6±1,1**a**
		D2	**0,20 a**	**17,4ab**	**17,20ab**	**1,0±0a**
		D3	-	-	-	-
	Lisier	D1	0,21±0,01**a**	20,1±4,7**a**	20,2±1,8**a**	2,0±0**a**
		D2	0,18±0,05**a**	18,1±4,6**a**	16,8±2,5**ab**	2,3±1,1**a**
		D3	0,21±0,02**a**	21,2±2,4**a**	18,9±2,3**a**	1,5±0,8**a**
	Mélange	D1	0,20±0,03**a**	20,5±2,8**a**	17,9±2,7**ab**	3 ±1,8**a**
		D2	0,20±0,04**a**	20,3±4,2**a**	17,9±3,3**ab**	2,5±1,8**a**
		D3	0,21±0,02**a**	21,5±3,1**a**	19,2±2,6**a**	2,6±1,9**a**
	NPK	NPK	0,16±0,07**b**	15,1±3,7**b**	16,3±3,7**ab**	2±0,8**a**
	Témoin	Témoin	0,12±0,01**c**	14,1±3,5**b**	15,1±1,5**ab**	1±0**a**
		P	0,000151	0,000043	0,000001	0,880850

- : Plantes mortes

Dans une même colonne, les chiffres suivis de la même lettre sont statistiquement identiques au seuil de 5%.

4 DISCUSSION

La variété F1 TOKYO donne les meilleurs rendements en termes de productivité, de poids, de longueur et de circonférence du fruit. En effet, selon les caractéristiques inscrites sur le catalogue de la variété F1 TOKYO, cette variété produit en moyenne des fruits de 18 cm de longueur et le délai de production est en moyenne 45 jours [17]. Nos résultats confirment que F1 TOKYO est une variété précoce et plus adaptée en culture hors sol. Cela pourrait être dû au facteur hétérosis de la variété (vigueur, longévité, productivité et homogénéité dans la production) [19]. Les travaux de [20] ont aussi révélé que F1 TOKYO est plus adaptée et plus productive que POINSETT en culture hors sol.

Le mélange de fertilisants favorise une meilleure performance des variétés de concombre avec un effet sur les paramètres des fruits. Cela pourrait être attribué au fait que le mélange soit la combinaison de deux engrais complémentaires. En effet, la fiente de poulet et le lisier de porc sont reconnus, respectivement, pour leur teneur en azote [21], [22] et en phosphore [23].

L'effet négatif des doses croissantes de fiente de poulet sur les paramètres du fruit est dû à l'azote, dont l'excès est préjudiciable pour les plantes [24]. Selon [25], la fertilisation doit-elle être mesurée et limitée pour éviter l'excès d'azote, qui sera finalement inutilisable. [26] ont rapporté qu'un apport excessif d'azote peut entraîner une baisse de rendement, due à un développement végétatif au détriment des fruits.

5 CONCLUSION

Nous pouvons retenir de cette étude que la variété F1 TOKYO est plus précoce et plus appropriée que la variété POINSETT en culture hors sol avec un milieu de culture composé de sol et de mélange de fiente de poulet et de lisier de porc.

Il est important de poursuivre cette étude en déterminant la composition minérale des milieux de culture pour une meilleure maîtrise de la culture hors sol des deux variétés de concombre.

REFERENCES

[1] Ministère de l'Agriculture, Côte d'Ivoire, État des ressources phytogénétiques pour l'alimentation et l'agriculture : second rapport national, 63 p., 2009.

[2] P.K. Akanza et G. Yoro, "Effets synergiques des engrais minéraux et de la fumure de volaille dans l'amélioration de la fertilité d'un sol ferralitique de l'Ouest de la Côte d'Ivoire", *Agronomie Africaine,* vol. 15, N°3, pp. 135-144, 2003.

[3] S.Y. Useni, L. L. Baboy, K.L. Nyembo et M.M. Mpundu, "Effets des apports combinés de biodéchets et de fertilisants inorganiques sur le rendement de trois variétés de Zea mays L. cultivées dans la région de Lubumbashi", *Journal of Applied Biosciences*, vol. 54, pp.3935-3943, 2012.

[4] A. Batiano et A.U. Mokwunye, "Rôle des résidus d'engrais et de récolte en allégeant des contraintes de fertilité du sol à la production végétale en se référant tout particulièrement aux zones sahéliennes et soudaniennes de l'Afrique Occidentale", *Fer. Res.,* vol. 29, pp. 117-125, 1991.

[5] V.I. Tchabi, D. Azocli et D.G. Biaou, "Effet de différentes doses de bouse de vache sur le rendement de la laitue (*Lactuca sativa* L.) à Tchatchou au Bénin", *Int. J. Biol. Chem. Sci*., Vol. 6, N°6, pp. 5078-5084, 2012.

[6] E. Cameron, N. How, S. Saggar and C. Ross, *The cost-benefits of applying biosolid composts for vegetable, fruit and maize/sweet corn.* Landcare Research Science Series no. 27, Manaaki Whenua Press, Lincoln, Canterbury, NZ, 31 p., 2004.

[7] Y. Oka., "Mechanisms of nematode suppression by organic soil amendments, "*A review, Applied Soil Ecology*", vol. 44, issue 2, Nematology,Unit, Gilat Research Center, M.P. Negev 85280, Israel, pp.101-115, 2010.

[8] G. Convertini, D. De Giorgio, D. Ferri, P. La cava and L. Giglio, S*ugar beet and durum wheat quality characteristics as affected by composted urban waste,* In : D. Anac, Martin- Prével (eds). Improved Crop Quality by Nutrient Management, Kluwer, Dordrecht, The Netherlands, pp. 241-244, 1999.

[9] P.L. Guisquiani, M. Pagliai, G. Giglioti, D. Businelli and A. Benetti, "*Urban waste compost: effects on physical, chemical and biochemical soil properties*", *J. Environ. Qual*., vol. 24, pp.175-182,1995.

[10] E. Kowaljow and M.J. Mazzarino, "Soil restoration in semiarid Patagonia: chemical and biological response to different compost quality". *Soil Biol. Bioch*., vol. 39, pp. 1580-1588, 2007.

[11] J.T. Douglas, M.N. Aitken and C.A. Smith, "Effects of five non-agricultural organic wastes on soil composition and on the yield and nitrogen recovery on Italian ryegrass", *Soil Use Man*., vol. 19, pp. 135-138, 2003.

[12] K.J. Kouakou, Y.A. Bekro , A.E. Sika , D. Baize, D.O. Dogbo, M. Bounakhla, F. Zahry, P. Macaigne, "Diagnostic d'une contamination par les éléments traces métalliques de l'épinard (*Spinacia oleracea*) cultivé sur des sols maraîchers de la ville d'Abidjan (Côte d'Ivoire) amendés avec de la fiente de volaille", *European Journal of Sciences Research,* vol. 21, N° 3, pp. 471-487, 2008.

[13] K.K. Koffi, G. Anzara, M. Malice, Y. Dje, P. Bertin, J. Baudoin and I. Zoro Bi, "Morphological and allozyme variation in a collection of *Lagenaria siceraria* (Molina) Standl. from Côte d'Ivoire", *Biotechnology, Agronomy, Society and Environment*, vol. 13, N°2, pp. 257-270, 2009.

[14] A. N'Dri, Effet de quelques fertilisants sur le rendement en tubercules de Manioc var. Yacé [*Manihot esculenta* Crantz (Euphorbiaceae)] cultivé en Côte d'Ivoire. Mémoire de Master 1, Unité de Formation et de Recherche des Sciences de la Nature, Université Nangui Abrogoua, Abidjan (Côte d'Ivoire), 31 p., 2016.

[15] Coco sol, Fiche technique : Culture hydroponique du concombre sous abri, 2017. [En ligne] (http://cocosol-ci.com/CSFT_CONCOMBRE.pdf) (5 août 2017).

[16] Y. M'sadak, W. Hamdi et C. Zaalani, "Production et croissance des plants d'Acacia sur des substrats à base de tamisât de compost dans une pépinière hors sol", *Revue Agriculture*, vol. 6, pp. 29-34, 2003.

[17] Tropica, 2017. (http://www.Tropica.planet.com/lesproduitstropica/lespotagers/concombres). (15 décembre 2017).

[18] TROPICASEM, Tropiculture, N° 216, 8 p., 2014.

[19] CFPPA (Centre de Formation Professionnelle et de Promotion Agricoles), Fiche technique : Dossier concombre. Etablissement Public Local d'Enseignement et de Formation Professionnelle Agricoles de la Guyane, 18 p., 2017.

[20] L. Fondio, A. Djidji, M. N'Gbesso et O. Tahouo, L'agriculture hors-sol pour produire des légumes de qualité en zone urbaine de Côte d'Ivoire, *CNRA 2012*, ISBN 978-2-917074-10-7(52), pp. 8-9, 2013.

[21] S. Dauda, F. Ajayi et E. Ndor, "Growth and yield of watermelon (*Citrullus lanatus*) as affected by poultry manure application", *Electronic Journal of Environmental, Agricultural and food Chemistry,* vol**.** 8, N°**4,** pp. 305-311, 2009.

[22] K. Kra**,** Effet de différentes doses d'azote sur quelques paramètres de croissance et de production de deux morphotypes de pois de terre [*Vigna subterranea* (L.) Verdc. (Fabaceae)], Mémoire de Maîtrise, Université d'Abobo Adjamé (Abidjan, Côte d'Ivoire), Unité de Formation et de Recherche des Sciences de la Nature, 28 p., 2002.

[23] M. Villio, D. Arrouays, W. Deslais, J. Daroussin, Y. Bissonais et D. Clergeot, "Estimation des quantités de matière organique exogène nécessaires pour restaurer et entretenir les sols limoneux français à un niveau organique donné", *Etude et Gestion des Sols,* vol.*8,* N°1, pp. 47-63, 2001.

[24] O. Biaou, Valorisation de l'agriculture biologique: Effet de différentes sources d'engrais organiques sur le rendement et la qualité de la laitue et de la carotte sur sol ferralitique au Sud Bénin, Mémoire d'Ingénieur Agronome FA/UP, 81p., 2010.

[25] F. Bressoud, L. Parès et F. Lecompte, "Tomate d'abri froid. Fertilisation et restriction en azote : le standard actuel inadapté au sol", *Réussir Fruits et Légumes*, vol. 220, pp. 30-31, 2003.

[26] M. Sou, H. Yacouba et A. Mermoud, Valorisation du pouvoir fertilisant des eaux usées en agriculture maraîchère, EIER, Ouagadougou, Burkina Faso, 13 p., 2007.

International Journal of Innovation and Applied Studies
ISSN 2028-9324 Vol. 27 No. 1 Aug. 2019, pp. 190-201
© 2019 Innovative Space of Scientific Research Journals
http://www.ijias.issr-journals.org/

Apport de bruit de fond dans la détection des défauts dans le moteur asynchrone

Mavuela Maniansa Richard

Institut Supérieur Pédagogique et Techniques de Kinshasa, RD Congo

Copyright © 2019 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: Through an experiment carried out at the ISTA Ndolo Mechanics Laboratory, we want to note that noise, generally considered a disruptive signal in signal processing, can provide useful information in the maintenance Rotating machines. We used an asynchronous engine that we operated it in the Holy State (defect-free) and in the state of progressive defects. The generated signals were recorded and analyzed using LabView and Matlab software, which we were able to show the defect-related change in spectral mapping.

KEYWORDS: Noise, signal processing, asynchronous motor, signal acquisition.

RÉSUMÉ: A travers une expérimentation effectuée au laboratoire de mécanique de l'ISTA Ndolo, nous voulons relever que le bruit, généralement considéré comme un signal perturbateur en traitement des signaux, peut apporter les renseignements utiles dans la maintenance des machines tournantes.
Nous avons utilisé un moteur asynchrone que nous l'avons fait fonctionner en état saint (sans défaut) et en état des défauts progressifs. Les signaux générés ont été enregistrés et analysé grâce au logiciel LabView et Matlab, dont nous avons pu montrer le changement lié aux défauts au niveau de la cartographie spectrale.

MOTS-CLEFS: bruit, traitement du signal, moteur asynchrone, acquisition des signaux.

1 INTRODUCTION

La surveillance de machines tournantes est aujourd'hui un point essentiel de la fiabilité et de la sûreté de fonctionnement des systèmes électriques. Pour réduire le coût de production, diminuer le temps de réparation et éviter les grands endommagements, l'industrie moderne requiert de plus en plus une maintenance fiable et efficace des machines électriques tournantes [1]. Une panne brusque de ces systèmes peut prendre un temps de réparation couteux en termes de production, mener à des dommages collatéraux ou mettre la vie humaine en danger.

Les aspects diagnostic et détection de défaut des organes de conversion électromécanique en font partie intégrante et requièrent la mise au point de techniques de mesure, d'acquisition, d'analyse et d'aide à la décision. L'extraction d'informations révélatrices des conditions de dégradation rencontrées relève de la surveillance de ces organes [2]. En effet, les différentes anomalies et défauts qui surviennent sur les machines tournantes peuvent se manifester en vibrations et bruits, cela signifie qu'une relation de proportionnalité liant les deux phénomènes peut être traduite.

De ce fait, lors de l'analyse des défauts, il est souvent relevé de changement sur la représentation spectrale de la santé des machines : la comparaison fait clairement apparaitre l'augmentation des amplitudes sur certaines fréquences, généralement correspondent à la nature et type des défauts donnés. Ainsi, cette augmentation n'est rien d'autre que la présence du bruit de fond (additionnel) qui renseigne sur la nature des défauts.

Pour cela, nous disons que le bruit n'est pas toujours un « perturbateur » mais peut aussi être un vecteur d'information utile, par exemple pour procéder à la maintenance conditionnelle.

C'est ce qui fait l'objet de notre étude. Les signaux vibratoires enregistrés représentent un phénomène variable en fonction du temps et de l'espace, et les informations intrinsèques contenues sont souvent répétitives et oscillatoires. Ils sont traduits naturellement par des signaux en termes d'amplitude, du temps et de fréquence.

2 MÉTHODES ET MATÉRIELS [3]

La démarche méthodologique a consisté à la récolte et l'analyse des données obtenues grâce au banc d'essai. Nous avons réalisé une expérimentation au sein des installations du laboratoire mécanique de l'Institut Supérieur des Techniques Appliquées, ISTA-Ndolo en sigle, sur un banc d'essai préalablement réalisé qui a subi certaines modifications nécessaires afin de pouvoir répondre efficacement à notre besoin expérimental.

2.1 MATÉRIELS

Tenant compte de l'importance du moteur asynchrone dans l'industrie ainsi que du caractère global résultat du signal sonore émis, notre démarche expérimentale s'est focalisée sur le moteur asynchrone triphasé suivant une application à double approche : Vibratoire (mécanique) et Analytique de courant (électrique).

L'objectif poursuivi dans les différents essais est le prélèvement des écarts dans l'espace-temps-fréquence en vue d'identifier les défauts. Ces derniers étant considérés comme de bruits (signal des perturbations ou des gènes).

Cependant leur présence, non seulement alerte sur une anomalie fonctionnelle de la machine mais, elle peut aussi faciliter la localisation de la panne à la base de cette anomalie.

La table de notre expérimentation possède également des roulettes qui permettent mouvoir le banc. Les rails sur la table sont utilisés avec de support supplémentaire en bois en vue de faciliter le montage du moteur et de sa charge comme le montre la figure 1 ; permettant ainsi un couplage facile du moteur et de la charge.

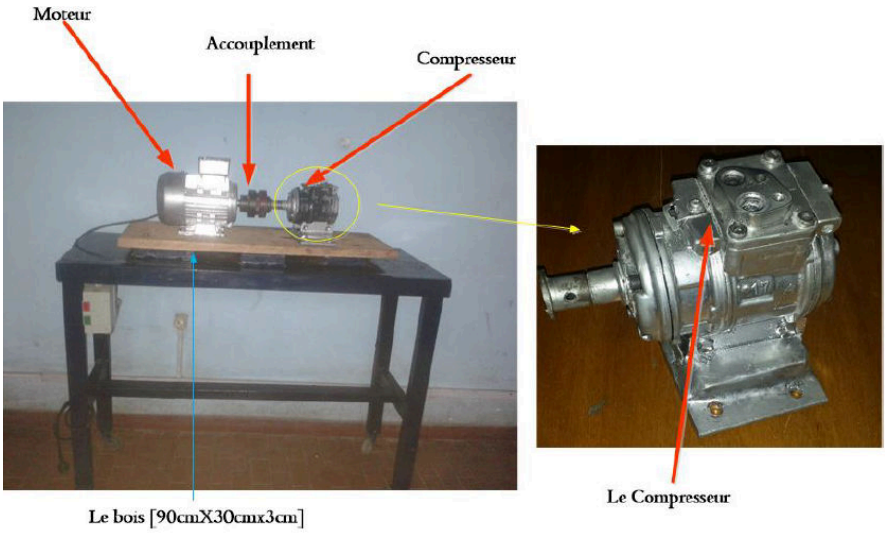


Fig. 1. Illustration Accouplement Moteur-charge

La plaque signalétique du moteur relève une puissance de 2,2 KW ainsi qu''une vitesse nominale de 2885 rpm. Dans la configuration de ce travail, nous avons accouplé directement le moteur à un compresseur

2.2 SUJET ET MÉTHODES

En traitement des signaux, On appelle bruit (en anglais: noise) tout phénomène perturbateur (interférence, bruit de fond, etc.) gênant la perception ou l'interprétation d'un signal. Ceci par analogie avec les nuisances acoustiques du même nom [4] .

Considéré comme un signal indésirable qu'il faudra à tout prix éliminer. Ainsi, le signal est souvent considéré comme la composition de l'information et de bruit.

$$s_{(t)} = x_{(t)} + b_{(t)} \quad (1)$$

Comme le bruit est souvent associé à l'information et ne pourra pas être éliminé totalement, les systèmes de traitement du signal seront considérés fiables et efficaces lorsque les rapports de la puissance du signal sur celle de bruit seront les plus grands possibles.

D'autre part, nous savons que le principe d'une représentation discrète d'un signal x(t) est basé sur le développement de ce signal en une combinaison linéaire de fonctions connues [5] :

$$x_{(t)} = \sum_{k=1}^{n} \alpha_k \cdot \varphi_{k(t)} \quad (2)$$

avec α_k $coefficients\ de\ discrétisation\ du\ signal\ et\ \varphi_{k(t)}\ fonctions\ connues$

Ainsi, nous estimons que le bruit aura aussi une représentation vectorielle discrète comme le signal utile x(t) :

$b_{(t)} = \sum_{k=1}^{n} \beta_k \cdot \vartheta_{k(t)}$ au comportement aléatoire (3)

Pour la suite, le bruit b(t) sera considéré comme composite à caractère aléatoire et additif. Comme le domaine temporel ne donne toujours toutes les informations contenues dans le signal, nous allons concomitant passer dans le domaine fréquentiel obtenu grâce à la transformée de Fourier.

$$S_{(f)} = F\{s_{(t)}\} = F\{x_{(t)} + b_{(t)}\} = \int_0^{\infty} \{e^{-j2\pi ft}(x_{(t)} + b_{(t)})\}\, dt \quad (4)$$

Par la suite de petite de sa puissance, voire rapport signal sur bruit, les composantes spectrales sont à peine visibles sur la cartographie spectrale du signal. Cependant, leur influence sera de plus en plus perceptible avec l'intensité croissante des défauts créés par les organes mobiles du moteur.

3 SIMULATION ANALYTIQUE

Enfin de rendre l'expérimentation représentative, nous avons reparti en deux modes l'acquisition des signaux : vibratoire et analytique de courant.

Les signaux vibratoires sont acquis grâce au système d'acquisition de National Instument(NI) dont le CompactDAQ sur lequel nous avons monté le module 9233 pour le conditionnement de ces signaux (figure 2).



Fig. 2. Système d'acquisition des signaux

L'interface d'acquisition et de traitement est programmée sous LabVIEW (Figure 3). Un accéléromètre piézoélectrique à électronique intégré de sensibilité 9,52 mV/g a été utilisé pour cette étude.

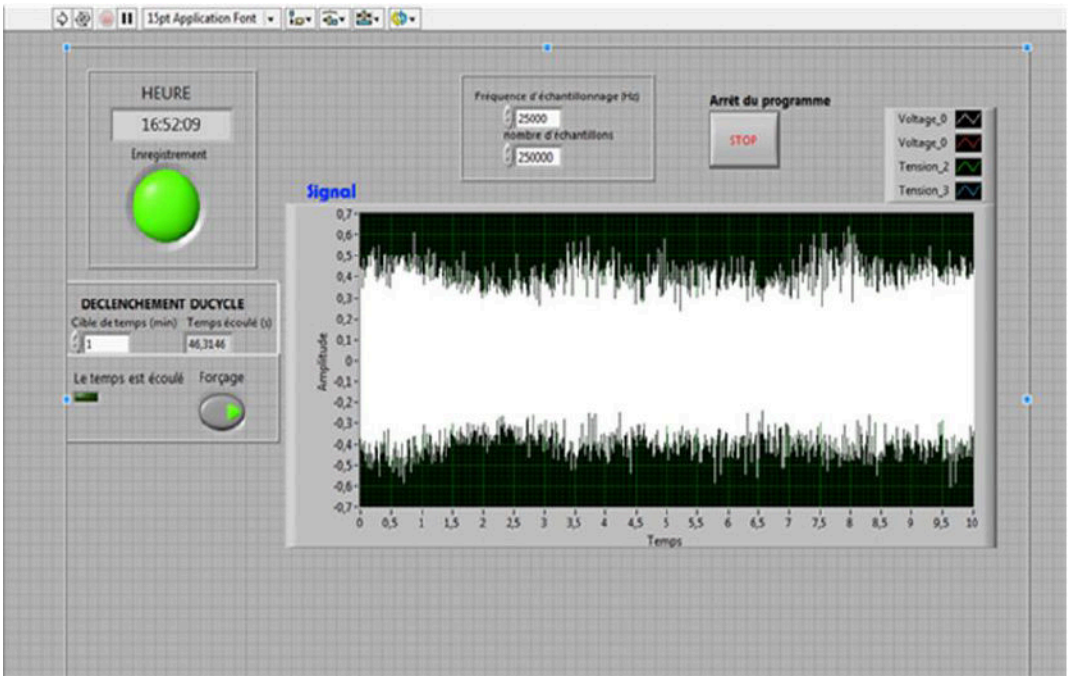


Fig. 3. Interface d'acquisition

Les signaux des courants et des tensions des trois phases qui alimentent le moteur sont obtenus avec le système d'acquisition USB-6281 de National Instrument (NI). La figure 4 illustre l'interface d'acquisition sous le logiciel LabVIEW.

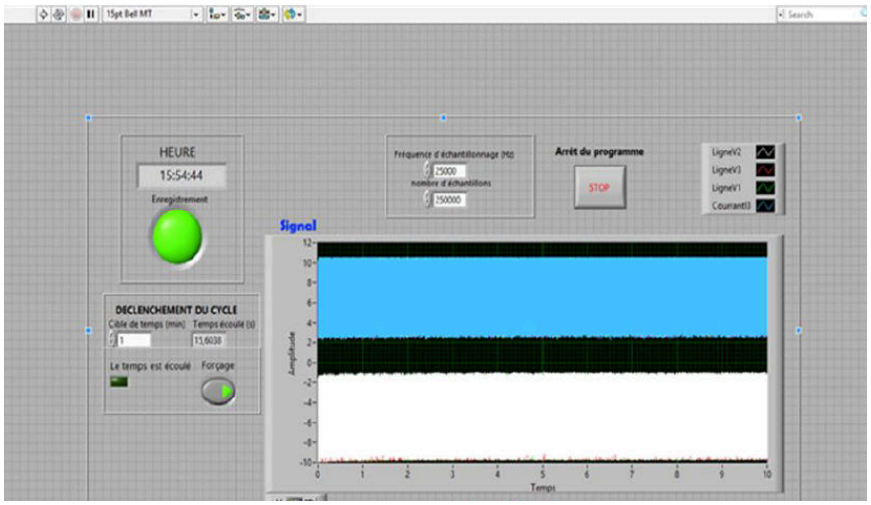


Fig. 4. Interface d'acquisition de Courant et de Tension

3.1 DONNÉES À SIMULER

Les essais sont effectués en trois différentes phases :

- A vide : Les mesures sont prises pendant que le moteur tourne totalement à vide et par la suite pendant qu'il est couplé à la charge. On note que dans cette phase, le moteur ne présente aucun défaut.

- Avec défaut de roulement : Pour le roulement, nous avons introduit un seul niveau de défaut, qui servira pour une comparaison avec l'état bon. Ce défaut a été introduit par destruction partielle de la cage au moyen d'une perceuse électrique.
- Cassure des barres rotoriques : Etant donné que le moteur utilisé pour notre cas est en cage, nous avons décidé de simuler des défauts successivement dans deux barres rotoriques (Figure 5).



Fig. 5. Phases de création des défauts

En pratique, il est rare d'observer une barre sectionnée, on peut par contre rencontrer des cas où une barre est fendue voire un anneau de court-circuit fendu. Toutefois, quel que soit la nature de défaut, on notera une augmentation de la résistance dans cette barre ou dans la portion d'anneau dont il est question.

3.2 RÉSULTATS ET INTERPRÉTATION

Les résultats qui sont présentés dans les paragraphes qui suivent sont issus d'un traitement sous MatLab. Pour un besoin de statistique des signaux obtenus après les tests, il est présenté dans le tableau 3.1 les différents effectifs enregistrés d'après le type et le niveau de défaut.

Tableau 1. Catégorisation

Essai	Effectifs Signaux Vibratoire	Effectifs Signaux Courant	Niveaux	Indicatif Moteur
A Vide	22	168	0	Sans défaut
	49	105	1	Cassure 1 barre
	28	55	2	Cassure 2 barres
	31	61	3	Défaut roulement
En charge	24	67	0	Sans défaut
	50	19	1	Cassure 1 barre
	12	20	2	Cassure 2 barres
	17	35	3	Défaut roulement

La figure 6 illustre le signal du comportement vibratoire du niveau 0.

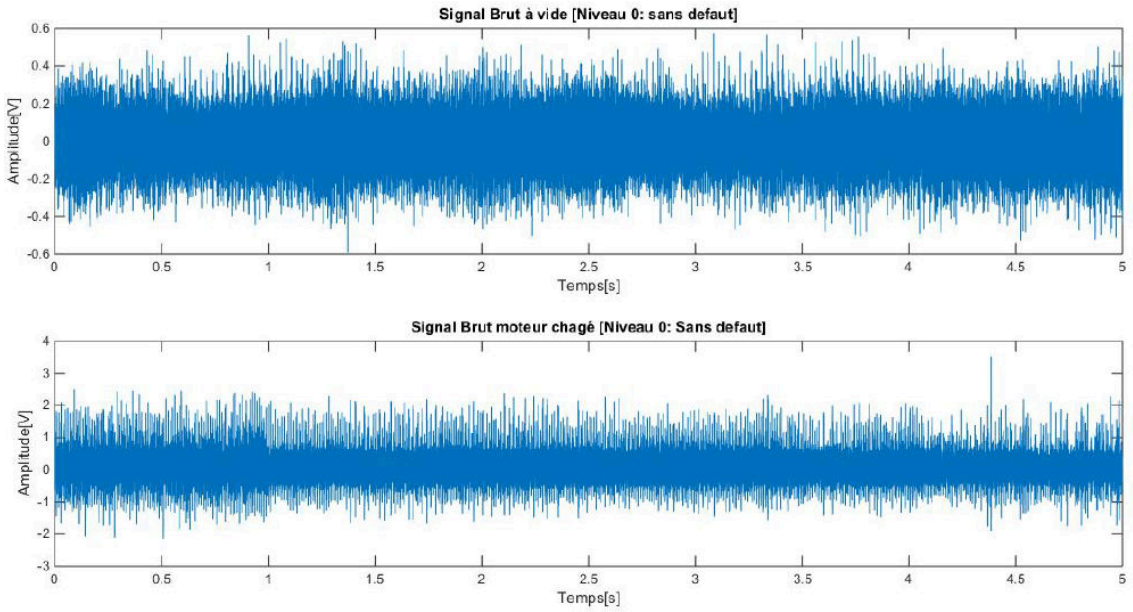


Fig. 6. Signal brut du niveau 0

A la première vue, nous pouvons remarquer une augmentation de niveau d'amplitude lorsque le moteur est chargé. De même, un comportement similaire est observé dans le cas des signaux issus des courants à la figure 7.

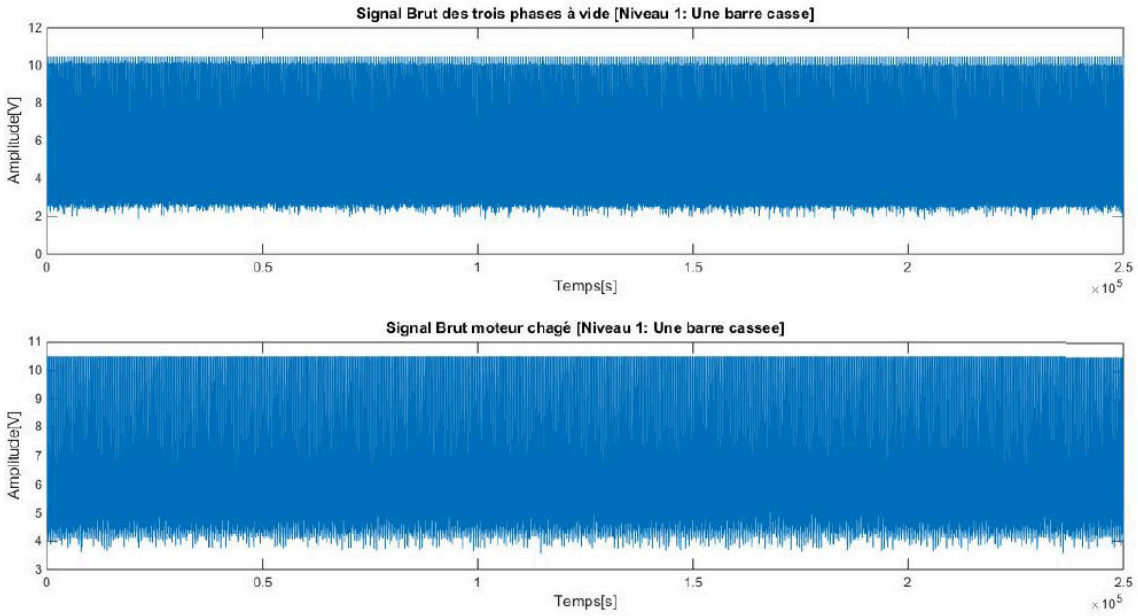


Fig. 7. Signal brut d'une phase (Niveau 1)

Même s'il est évident que les valeurs d'amplitudes ont augmentés, Il ne sera pas pour autant aisé de tabler sur des signaux bruts d'après les types et niveaux de défaut comme on peut le voir à la figure 8. Malgré que ces signaux représentent le fonctionnement instantané de la machine, ils ne fournissent pas d'informations avancées sur l'état de celle-ci.

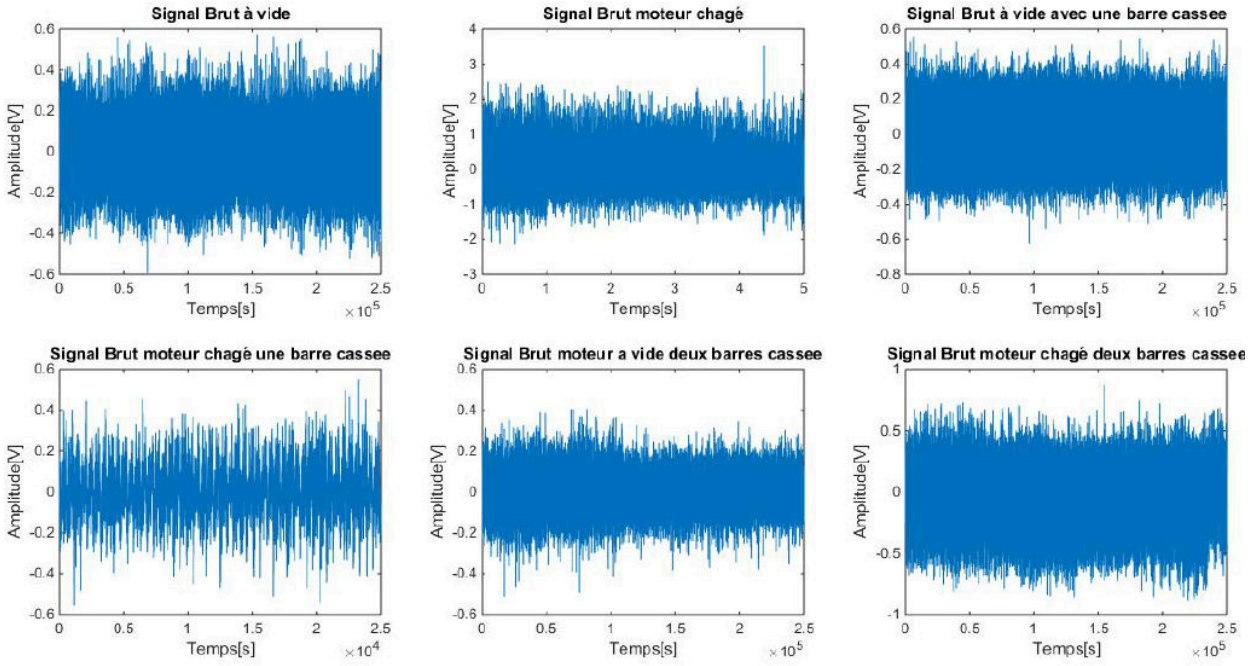


Fig. 8. Signaux des niveaux 0,1 et 2

Pour résoudre ce problème, ces signaux doivent être filtrés. L'opération de filtrage permettra ainsi de visualiser les zones de choc (singularité) et même de calculer leurs périodes de répétition.

Dans notre travail, nous avons porté notre choix sur le filtre Butterworth d'ordre 5 (figure 9) [7].

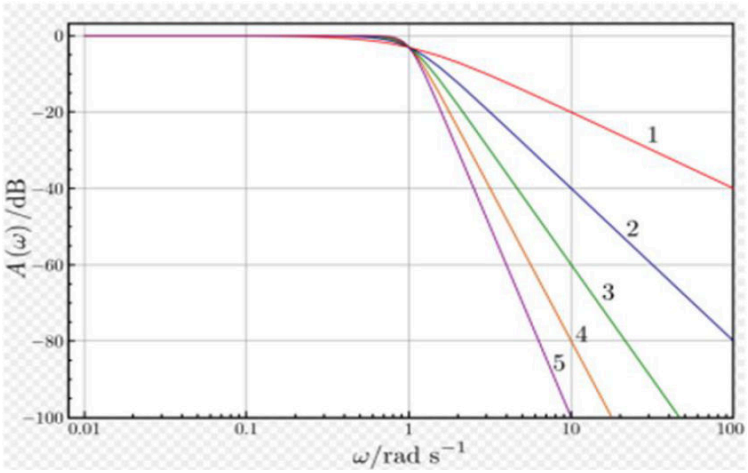


Fig. 9. Filtre Butterworth[1]

Lorsqu'il s'agira de calculer les spectres générés par les défauts des roulements, un filtrage passe-bande sera d'abord appliqué au signal avant de calculer sa transformée de Fourier. Nous utilisons un filtre passe bande puisque les défauts que nous analysons se manifestent généralement dans les basses fréquences, ce qui signifie qu'il faut filtrer les hautes fréquences.

[1] Julien DUEZ. Détection et diagnostic des défauts de moteurs électriques par analyse conjointe de signaux mécaniques et électriques. Master's thesis, FACULTE POLYTECHNIQUE DE L'UNIVERSITE DE MONS, 2009-2010.

La figure 10 propose un filtrage du signal de vibration de niveau 2 tandis que la figure 11 visualise le filtrage du signal de courant du même niveau.

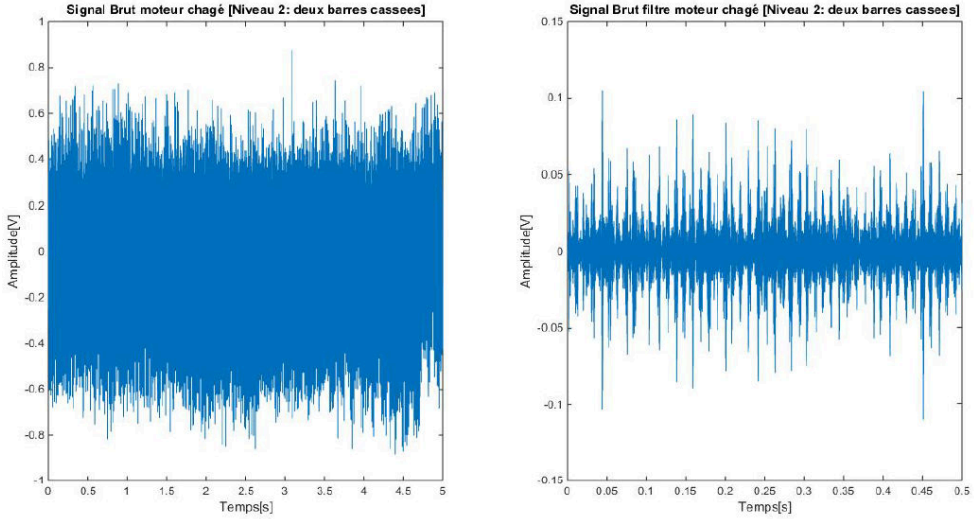


Fig. 10. Signal vibratoire du niveau 2 original(à gauche) filtré (à droite)

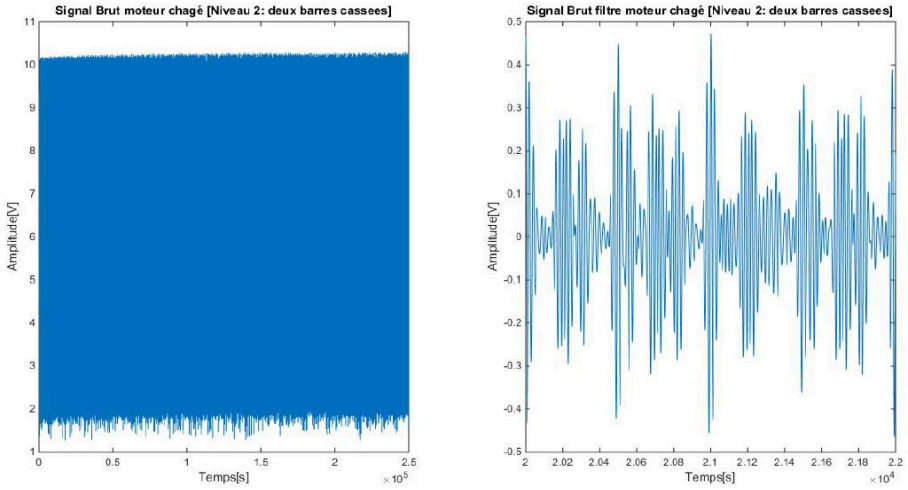


Fig. 11. Signal d'une phase du niveau 2 original(à gauche) filtré(à droite)

Les signaux originaux sur les figures 10 et 11, ont d'abord été filtrés dans une gamme fréquentielle de 2 à 3 kHz, puis zoomés autour de 2 et 2,2 kHz (figure 11) pour pouvoir correctement visualiser les zones de chocs.

3.3 INTERPRÉTATION DES RÉSULTATS

Le domaine temporel ne nous renseigne pas suffisamment sur les informations contenues dans les signaux analysés d'où le recours sur l'approche temps-fréquence en vue de détecter les renseignements utiles contenus dans les signaux à analyser, s'avère indispensable. Par conséquent, l'analyse spectrale donne la cartographie de la repartie de l'énergie contenue dans le signal.

En outre, à travers l'identité de Parseval, elle permet d'évaluer la quantité de l'énergie contenue dans les différentes composantes fréquentielle d'un signal.

Ainsi, en ce qui nous concerne, il sera question de prendre en compte les composantes spectrales des fréquences caractéristiques de chacun de types des défauts qui sont traités dans cette étude.

La figure 12 présente un exemple de spectre type qui a été enregistré lors des essais.

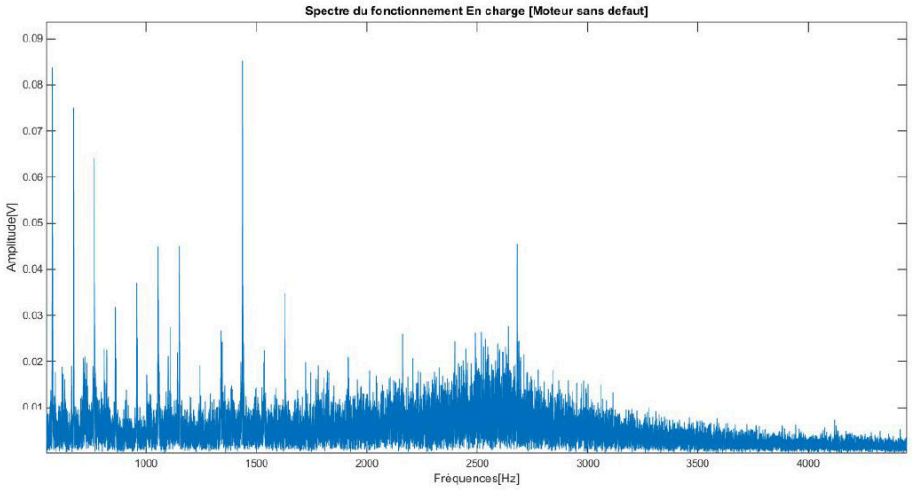


Fig. 12. Spectre type du niveau 3

Cependant, lorsqu'une barre est cassée ou fendue ou encore s'il y a une fissuration d'anneau de court-circuit, on remarque un déséquilibre des forces radiales[2]. La fréquence de la barre cassée sera alors exprimée par [8] :

$$f_{vbc} = h.f_r \pm 2.f_p \qquad (3.1)$$

Où h est le facteur multiplicateur de f_r ou numéro d'harmonique (h = 2,3,4...), f_r est la fréquence de rotation du rotor (*en [Hz]*) et f_p est la fréquence de passage par pole.

Les figures 13 et 14 reprennent les spectres pour le cas de référence, c'est à dire du fonctionnement sans défaut, et celui avec une barre cassée.

[2] Bovic KILUNDU Y'Ebondo. Détection et diagnostic vibratoire de dégradations mécaniques : apport du data mining. PhD thesis, Faculte Polytechnique de Mons, 10 juillet 2008.

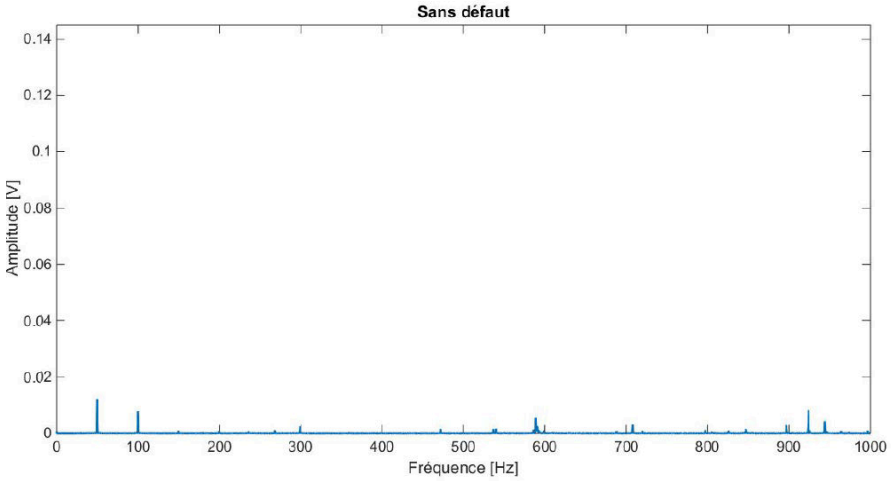


Fig. 13. Spectre du fonctionnement sans défaut

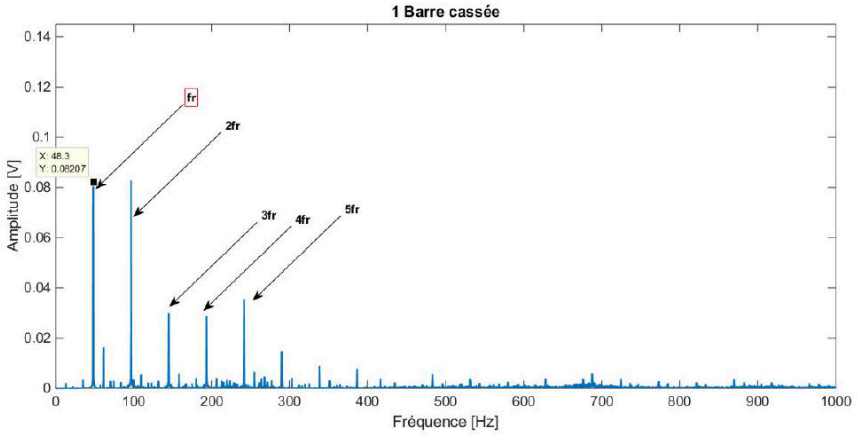


Fig. 14. Spectre du fonctionnement avec défaut - Une barre cassée

Nous pouvons clairement remarquer sur la figure 14, la présence des pics de fréquence qui n'existent pas à la figure 13. Ces pics traduisent la variation de la configuration du système de départ.

Ainsi, la configuration du signal utile de départ s'avère être modifié à certaines fréquences précises appelées en d'autres termes « des harmoniques ». En effet, la principale différence est l'augmentation significative des amplitudes de ces composants assimilables aux défauts donc au bruit car ils viennent perturber le signal utile de départ.

Ainsi, nous voyons apparaitre sur la figure 14 des harmoniques aux fréquences multiples de la fréquence de rotation du rotor. Lorsque nous sommes en présence de rupture de deux barres comme à la figure 15, nous remarquons un apport significatif d'énergie dans les composants suite aux défauts appelés aussi bruits.

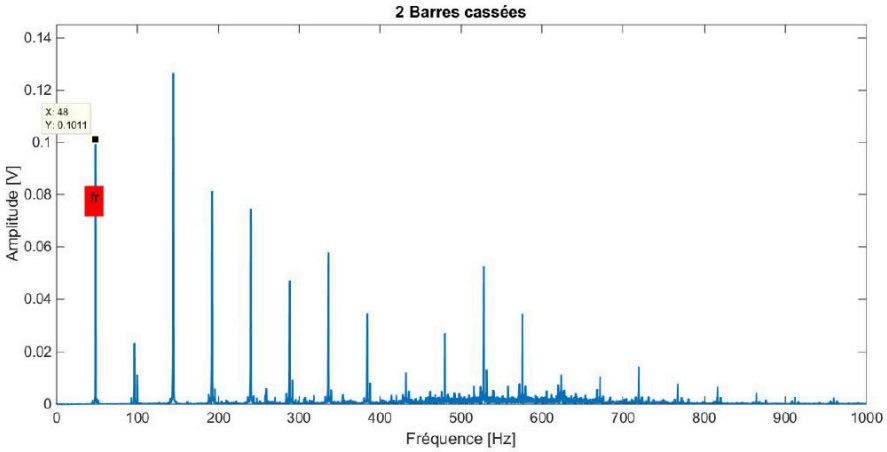


Fig. 15. Spectre du niveau 2 - le moteur tourne en charge

Ceci se traduit par une augmentation des valeurs des amplitudes, d'abord au niveau de la fréquence de rotation, ensuite sur tous les autres harmoniques présents dans le spectre.

Ces spectres orchestrés par le bruit, nous fournissent donc des informations intéressantes surtout sur les autres harmoniques qui sont manifestement la preuve de l'existence des défauts qui peuvent être d'origine mécanique ou électrique.

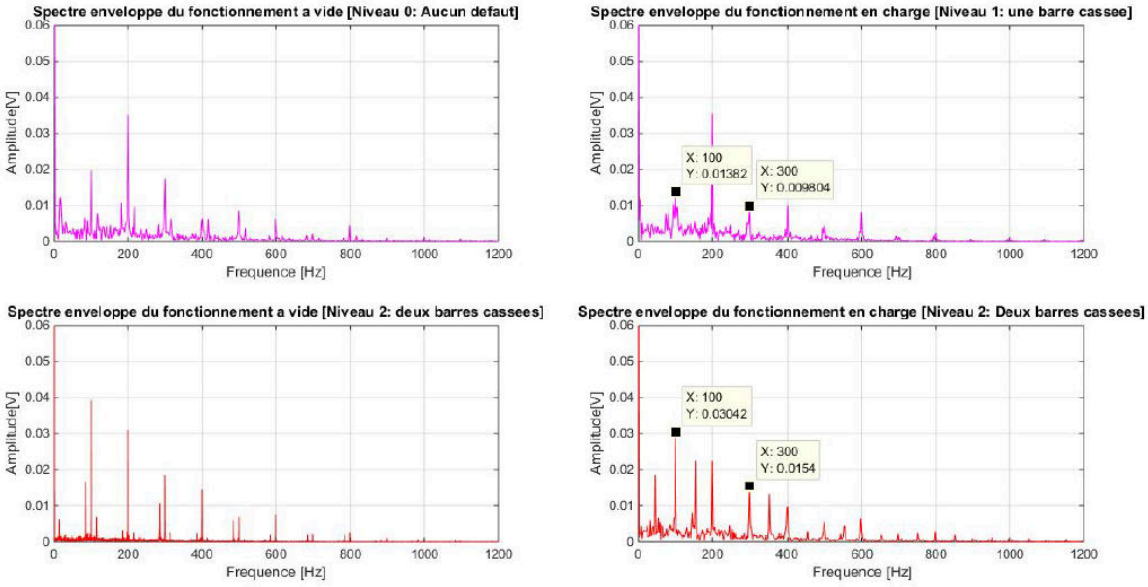


Fig. 16. Les spectres d'enveloppe - tous les niveaux

4 CONCLUSION

Dans notre étude nous avons voulu relever l'utilité de bruit dans son approche de signalement des défauts du moteur asynchrone. L'influence de bruit se remarque surtout sur la modification de la cartographie spectrale de certaines fréquences indicatives des organes mobiles contenus dans le moteur.

Ainsi, la comparaison pourra être directement faite entre l'état de fonctionnement sans défaut et celui avec défaut.

Nous pouvons remarquer qu'à la fréquence de défaut, le pic est bien visible et la valeur d'amplitude augmente clairement.

Enfin, lorsqu'il est difficile de détecter une singularité, puisqu'il y a du bruit qui noie le contenu utile à la détection de défaillance, par exemple sur le roulement. Nous procédons alors par l'extraction d'un signal d'enveloppe après filtrage passe-bande en utilisant le filtre Butterworth, par exemple.

REMERCIEMENTS

Nous avons l'obligation de nous acquitter d'un agréable devoir qui consiste à remercier toutes les personnes, qui ont contribué de loin ou de près à la rédaction de cet article. Nos remerciements s'adressent particulièrement au Professeur Ordinaire Pasi Bengi André et à l'équipe de Labo mécanique de l'Institut Supérieur des Techniques Appliquées de Kinshasa, en sigle ISTA Ndolo.

RÉFÉRENCES

[1] E. Gaucheron. Cahier techniques numéro 207, les moteurs électriques. Schneider Electric, 2004.
[2] Bovic KILUNDU Y'Ebondo. Détection et diagnostic vibratoire de dégradations mécaniques : apport du data mining. PhD thesis, Faculté Polytechnique de Mons, 10 juillet 2008.
[3] Frédéric de Coulon, Théorie et Traitement des Signaux, Presses polytechniques et universitaires romandes, Lausanne, 1996, Page 3.
[4] Frédéric de Coulon, Théorie et Traitement des Signaux, Presses polytechniques et universitaires romandes, Lausanne, 1996, Page 41.
[5] A. HESS et B. WU G. VACHTSEVANOS, F.L. LEWIS. Intelligent fault diagnosis and prognosis for engineering systems. 2006.
[6] MEDOUED AMMAR. Surveillance et Diagnostic des défauts des Machines électriques : application aux moteurs asynchrones. PhD thesis, université du 20 aout 1955-Skikda, 2012.
[7] BELHAMDI Saad. Diagnostic de défauts de la Machine asynchrone contrôlée par differentes techniques de commande. PhD thesis, Universite Mohamed Khider-Biskra, 2014.
[8] Avoci Ugwiri Moise et Kayiba Kalenda Iris. Surveillance vibratoire des machines tournante : application aux roulements. In Travail de fin de cycle. ISTA/Section Mécanique,
[9] Sadok BAZINE et Jean Claude TRIGEASSOU. Les défauts des machines électriques et leurs diagnostics. Octobre 2010.
[10] Gaetan DIDIER. Modélisation et Diagnostic de la Machine asynchrone à présence de défaillance. PhD thesis, Université Henri Poincaré, Nancy-I, 29 octobre 2004.

International Journal of Innovation and Applied Studies
ISSN 2028-9324 Vol. 27 No. 1 Aug. 2019, pp. 202-234
© 2019 Innovative Space of Scientific Research Journals
http://www.ijias.issr-journals.org/

CIBLAGE DES AGREGATS ET CONDUITE DE LA POLITIQUE MONETAIRE EN RDC : UNE VERIFICATION EMPIRIQUE DE 2005 A 2017

Bobo B. KABUNGU[1], Pascaline NTABUGI BARAKOMERWA[2], and Water NSONGOLO SIKATOMISA[3]

[1]Doctorant en Business International, Assistant de Recherche au Centre de Recherche en Sciences Humaines (CRESH), RD Congo

[2]Master 2 en Economie Monétaire et Financière, RD Congo

[3]Licence en Economie Monétaire, Assistant à la Faculté des Sciences Economiques et de Gestion à l'Université de Kinshasa (UNIKIN), RD Congo

Copyright © 2019 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 Central Bank of Congo uses the quantitative theory of money to consider the money supply and the monetary base, respectively as intermediate and operational objectives, in order to achieve price stability. This study verifies, through an econometric approach, whether the three prerequisites relating to (i) the stability of the money demand, (ii) the controllability of the aggregates and (iii) their content in information are met. It reaches the conclusion that only the first two are met for the Congolese case and thus launches the debate on the choice of a strategy more adapted to the context.

KEYWORDS: monetary targeting, money supply, inflation rate, Central Bank of Congo, demand for money, controllability of aggregates, information content.

RESUME: La Banque Centrale du Congo se sert de la théorie quantitative de la monnaie pour utiliser la masse monétaire et la base monétaire, respectivement comme objectifs intermédiaire et opératoire, en vue d'atteindre la stabilité des prix. Cette étude vérifie, grâce à une démarche économétrique, si les trois préalables relatifs (i) à la stabilité de la demande de monnaie, (ii) à la contrôlabilité des agrégats et (iii) à leur contenu en information sont réunis. Elle parvient à la conclusion selon laquelle seuls les deux premiers le sont pour le cas congolais et lance ainsi le débat sur le choix d'une stratégie plus adaptée au contexte.

MOTS-CLEFS: ciblage monétaire, masse monétaire, taux d'inflation, Banque Centrale du Congo, demande de monnaie, contrôlabilité des agrégats, contenu en information.

1 INTRODUCTION

Après des décennies de conduite de la politique monétaire sous forte influence de l'Exécutif, la Banque Centrale du Congo a pu obtenir, en 2001, l'inscription de son indépendance dans la loi relative à sa constitution, son organisation et son fonctionnement[1]. Partant d'une vérification empirique recourant à un modèle VAR, Kabungu [1] affirme que cette autonomie en matière de pilotage de la politique monétaire a eu un effet positif sur la maîtrise du rythme de formation des prix intérieurs en RDC. Cependant, si l'inflation est plus ou moins sous contrôle depuis 2001, dans un contexte plus étendu de mise en œuvre des réformes d'envergure, notamment sur les plans structurel et des finances publiques, il sied de creuser les mécanismes de

[1] Ladite loi est reprise dans l'annexe 1.

mise en œuvre de la politique monétaire appliquée par la Banque Centrale du Congo (BCC). Pour ce faire, il siérait de vérifier si la stratégie adoptée jusqu'ici ainsi que le choix du type de ciblage demeurent adaptés à l'ambition d'assurer la stabilité du niveau général des prix dans ce pays.

S'agissant particulièrement des types de ciblage auxquels ont souvent recours les banques centrales, la littérature économique les regroupe en deux ensembles selon qu'il y a intermédiation ou non. Selon Layouni [2] reprenant la pensée des monétaristes, « pour ramener la stabilité des prix, attestée comme le gage d'une croissance économique stable et durable, le ciblage d'un agrégat de monnaie, qui se trouve à mi-chemin entre les instruments et l'objectif final de stabilité des prix, semblait être la solution appropriée pour réussir une politique monétaire en présence d'incertitude. »

Ce régime monétaire par fixation de cible intermédiaire d'agrégat de monnaie s'installe à la fin des années 1970 après plus ou moins trois décennies d'accélération de l'inflation dans les pays de l'OCDE dont les économistes commencent à remettre en cause la courbe de Philips. Parallèlement, avec le problème de l'incohérence temporelle, les banques centrales abandonnent progressivement le *policy-mix*[2] jugé coûteux vis-à-vis de l'ancrage nominal.

En somme, le choix du ciblage intermédiaire se justifiait, pour les monétaristes, par le fait que la création monétaire au sein d'une économie est subséquente à la création de la monnaie centrale. Ainsi, il est possible de réguler la masse monétaire en agissant sur sa mise en circulation via la Banque Centrale qui en a le contrôle. La formulation du ciblage intermédiaire d'agrégat de monnaie répond donc à ce schéma : (a) définition quantitative de la monnaie ; (b) galvanisation des anticipations vers la cible ; (c) réponse adéquate en cas d'écart entre la cible désirée et la valeur observée (Layouni [3]).

Cependant, l'observation a fini par démontrer que l'innovation et la libéralisation financières, avec leur cohorte de nouveaux produits et services financiers, ont eu une incidence négative sur le ciblage des agrégats monétaires. A ceci, il convient d'ajouter le fait que les autorités monétaires avaient de la peine à exploiter l'entièreté des informations disponibles courraient le risque de confondre, en définitive, la cible (intermédiaire) et l'objectif (final). Svensson [4] est l'un de ceux qui ont prouvé à suffisance la sous-optimalité de ce ciblage comparé à celui de l'inflation.

Pour revenir à la RDC, notons qu'il s'observe que depuis la création de la BCC, celle-ci a toujours utilisé la masse monétaire comme objectif intermédiaire en vue d'atteindre la stabilité des prix. Partant de la théorie quantitative de la monnaie développée par Friedman, la base monétaire sert ainsi d'objectif opératoire dans cette quête étant entendu qu'en RDC l'inflation est généralement d'origine monétaire.

Dès lors, il devient utile de s'interroger sur la pertinence de ce choix quinquagénaire. Le ciblage monétaire demeure-t-il adapté à la RDC, surtout lorsque l'on considère l'importance sans cesse croissante des innovations financières et l'impact de la forte dollarisation de l'économie ?

Afin de répondre à cette question, nous nous référons à Mc Phail [5] et Ndjokou [6] pour qui trois conditions sont préalables à l'adoption, par une banque centrale, d'une politique d'ancrage monétaire. Il s'agit de : (i) la stabilité des agrégats monétaires, (ii) leur contrôlabilité et (iii) leur contenu en information. L'objectif de ce travail sera ainsi de procéder à la vérification de chacune de ces conditions grâce à une méthodologie empruntée à Lajnaf [7].

Ce qui précède nous conduit à suggérer des réponses provisoires aux trois questions principales relatives à notre sujet de recherche. En effet, nous partons du postulat selon lequel le choix du ciblage monétaire opéré par la Banque Centrale du Congo serait totalement pertinent. En d'autres termes, il procèderait du fait que les trois conditions nécessaires pour recourir à l'ancrage monétaire seraient remplies, à savoir : la stabilité de la demande de monnaie, la contrôlabilité des agrégats et leur contenu en information.

Ceci dit, notre travail poursuit l'objectif général d'analyser la mise en œuvre de la politique monétaire menée par la Banque Centrale du Congo, avec un focus sur son régime actuel et ce, sur la base de la théorie économique.

Il en découle les objectifs spécifiques ci-après :

(i) Définir et circonscrire le champ des concepts-clés de notre étude : les banques centrales et la politique monétaire;

(ii) Présenter une revue de la littérature théorique et empirique en rapport avec les types de ciblage ;

[2] Le *policy-mix* inspiré de l'école keynésienne est une combinaison (harmonieuse) des politiques budgétaire et monétaire dont le but est de relancer l'économie. Mais, comme nous pouvons bien l'imaginer, il handicape l'indépendance des banques centrales dans la mise en œuvre de la politique monétaire. Une approche essentiellement quantitativiste, née de l'école de Chicago, avec comme chef de file Friedman, est venue placer la monnaie au cœur des débats et des décisions à partir de la fin des années 1960.

(iii) Etudier le cadre de mise en œuvre de la politique monétaire de la banque centrale du congo (cadre institutionnel, analytique et opérationnel) ;

(iv) Apprécier le la pertinence du choix du régime monétaire actuel et discuter des perspectives en matière de flexibilité du régime ainsi que de l'efficacité de la politique monétaire de la BCC.

2 CADRE CONCEPTUEL ET REVUE DE LA LITTERATURE

2.1 CADRE CONCEPTUEL : BANQUES CENTRALES ET POLITIQUE MONÉTAIRE

Le concept au cœur de notre étude est la « politique monétaire » qui revient aux banques centrales. Selon Kabungu [8], les banques centrales sont au centre d'un « triangle fonctionnel » dont les angles sont : (a) la conception et la conduite de la politique monétaire ; (b) la surveillance et la gestion des systèmes de paiement et (c) la surveillance des intermédiaires financiers que Mishkin [9] appelle « trilogie des fonctions de la banque centrale ». Larchevêque et Testenoire [10], en ce qui les concerne, mettent plutôt l'accent sur la fonction d'institut d'émission.

Une banque centrale fait donc partie du paysage institutionnel, économique et financier au niveau national et international. Du point de vue intérieur, Bini Smaghi (2014) indique que les banques centrales sont, certes, des institutions indépendantes mais dont les actes sont, toutefois, régis par des contraintes institutionnelles précises.

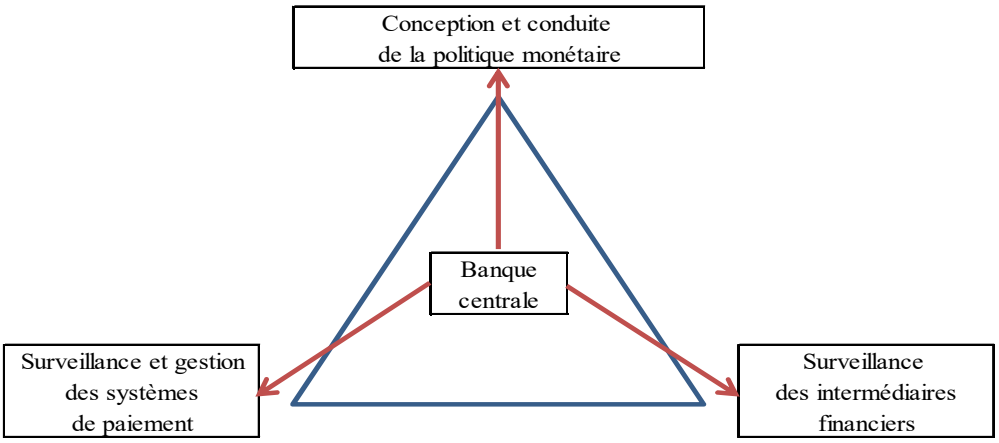


Fig. 1. Le triangle fonctionnel d'une banque centrale

Source : Kabungu [11] inspiré de la trilogie des banques centrales (Mishkin [12])

S'agissant particulièrement du rôle centrale de la politique monétaire, notons qu'il s'agit d'une branche des politiques conjoncturelles dont le rôle est de réguler, par des mesures et grâces à des instruments spécifiques, la circulation de la monnaie au sein d'une économie. Menée par la banque centrale du pays, la politique monétaire est l'ensemble de mesures qui sont destinées à agir sur l'activité de la liquidité à travers la régulation. Elle a comme objectif principal la stabilité du niveau général des prix (Bordes [13]).

S'agissant de l'objectif de la politique monétaire, Plihon [14] renseigne que deux conceptions s'affrontent : pour les uns, dont les Keynésiens, la politique monétaire peut être utilisée dans un objectif de régulation conjoncturelle macroéconomique, c'est-à-dire, qu'elle peut agir sur la production et l'emploi. Pour les autres, les monétaristes par exemple, la politique monétaire ne peut avoir qu'un seul objectif, c'est celui de la stabilité du niveau général des prix. Pour ce dernier courant, l'analyse de l'inflation a des causes uniquement monétaires et la politique monétaire doit seulement limiter strictement la création monétaire pour qu'elle n'entraîne pas l'inflation. De ce fait, la politique monétaire consiste en des ajustements opérés sur l'offre de monnaie par la Banque Centrale afin de l'adapter la demande de la monnaie en vue de réaliser et de s'assurer de la stabilité du niveau général des prix.

Les principaux instruments utilisés dans le cadre de la politique monétaire se rapportent (i) à la fixation des taux d'intérêt directeurs[3] ; (ii) à la fixation du taux de réserves obligatoires et (iii) aux opérations de vente et d'achat de titres sur le marché monétaire (*open market*).

Selon Betbèze [15], « la politique monétaire concerne l'action des autorités monétaires pour réguler le financement de l'économie et obtenir le plus haut niveau de croissance non inflationniste ». Suivant les phases de l'économie, la politique monétaire peut être soit expansionniste, soit restrictive. Dans le premier cas, elle vise la relance dans l'objectif de booster la croissance économique en agissant sur la demande globale. Dans le second, elle adopte un resserrement en luttant contre l'inflation et les déficits (politique de rigueur). Les banques centrales qui ont la responsabilité de concevoir et de mettre en œuvre cette politique ont donc un rôle important à jouer dans la régulation conjoncturelle de l'activité économique. Mais pour y arriver, elles ont besoin de crédibilité.

2.2 REVUE DE LA LITTÉRATURE : CIBLAGE MONÉTAIRE ET CIBLAGE D'INFLATION

2.2.1 DU CIBLAGE INTERMÉDIAIRE AU CIBLAGE DE L'OBJECTIF

2.2.1.1 L'ATTRAIT POUR LE CIBLAGE DES AGRÉGATS MONÉTAIRES

La monnaie et les questions monétaires intéressent, depuis très longtemps, les économistes. Les publications sur le sujet abondent et les avis divergent souvent selon que l'on se réclame du monétarisme ou du keynésianisme. Quoi qu'il en soit, « le problème fondamental auquel tente de répondre la théorie monétaire est de savoir dans quelle mesure la monnaie influence la conjoncture économique » (Lange [16]). C'est dans cette optique que l'on tente d'appréhender l'efficacité de la politique monétaire via le lien entre l'utilisation des instruments ad hoc par les banques centrales et l'inflation ou en comparant le niveau des prévisions (annoncées) en matière de niveau d'inflation et celui des réalisations. Ces deux approches mettent en exergue la notion de crédibilité des banques centrales. « Pour cela, la banque centrale doit communiquer clairement ce qu'elle cherche à accomplir — à quel niveau, par exemple, elle souhaite maintenir l'inflation à moyen terme — et comment ses actions actuelles et futures sont censées concourir aux résultats souhaités » (Cateau et Murchison [17]). Au-delà de ce qui précède se pose le problème d'adoption d'une stratégie efficace.

Dans la pratique, l'on observe que les banques centrales étaient favorables au ciblage monétaire au début des années 1970 et l'ont gardé majoritairement durant plus de vingt ans, avant d'opter, progressivement pour le ciblage d'inflation. Selon Brand [18] « l'opposition entre le ciblage monétaire et le ciblage d'inflation recoupe des divergences théoriques profondes sur le statut de la monnaie ». Promu par l'école monétariste et valorisé en Suisse et en Allemagne avant d'être appliqué ailleurs, le ciblage monétaire se préoccupe essentiellement de la quantité de monnaie en considérant les agrégats monétaires comme cible intermédiaire dans l'objectif d'atteindre la stabilité du niveau général des prix. Les tenanciers de cette école postulent qu'il existe une relation étroite entre la masse monétaire et l'inflation (la théorie quantitative de la monnaie). Cependant, avec le développement de la libéralisation financière, la vitesse de circulation de la monnaie change et rend le seul objectif intermédiaire de variation de la masse monétaire incomplet dans le mix nécessaire pour garantir la stabilité du niveau général des prix.

2.2.1.2 LE VIRAGE EN FAVEUR DU CIBLAGE D'INFLATION

Le ciblage d'inflation, pour sa part, naît dans les années 1990 au moment où les banques centrales s'inscrivent dans le cadre d'un engagement de long terme sur la stabilité des prix et d'un recours systématique à des « actions discrétionnaires », avec pour pilier principal la manipulation du taux d'intérêt directeur qui influe sur les autres taux d'intérêt. Il s'en suit une plus grande transparence et une responsabilité des banques centrales qui intègrent désormais la communication comme moyen susceptible d'ancrer les anticipations des divers agents.

La motivation de ce choix a intéressé non seulement les banquiers centraux, premiers concernés, mais aussi les économistes en général qui en ont étudié les raisons, le contexte et les caractéristiques. Pour Mishkin [19], Heenan, Peter et Roger [20] et Roger [21], le dispositif du ciblage d'inflation peut se résumer en quatre éléments que nous résumons dans la figure ci-après :

[3] C'est le taux auquel les banques commerciales ou de second rang viennent se refinancer auprès de la banque centrale.

Tableau 1. Dispositif du ciblage d'inflation

Mission première de la banque centrale : quête et maintien de la stabilité des prix. Autonomie opération : avérée.	**Nature de l'objectif d'inflation** : quantifiée.
Devoir de transparence : exigence faite à la banque centrale de rendre compte de la réalisation de l'objectif et de l'exécution de la stratégie arrêtée à son niveau.	**Type d'évaluation de l'inflation** : prospectif basé sur des informations pertinentes.

Source : Adaptation personnelle de Roger (2010, p. 46)

2.2.2 CONDITIONS DE SUCCÈS DU CIBLAGE MONÉTAIRE

Selon Mc Phail [22] et Ndjokou [23], trois conditions doivent être vérifiées pour qu'une banque centrale adopte une politique d'ancrage monétaire : (i) la stabilité des agrégats monétaires, (ii) leur contrôlabilité et (iii) leur contenu en information.

2.2.2.1 STABILITÉ DES AGRÉGATS MONÉTAIRES

L'appréhension de la stabilité de la relation entre les agrégats monétaires et la maîtrise de l'inflation, en tant qu'objectif final de la politique monétaire, diffère selon les auteurs. Pour certains, à l'instar de Coppin [24], Ajimi [25], Choudhry [26] ainsi que Wu et al. [27], l'analyse ad hoc passe par l'étude de la fonction de la demande de monnaie. D'autres estiment, en revanche, qu'il faudrait plutôt soit tabler sur la stabilité de la vitesse de monnaie (Bordes et Marimoutou [28]), soit sur sa stationnarité (Bordes et al. [29]). Atkinson et al. cités par Lajnaf [30] renseignent, pour leur part, que « cette stabilité a des conséquences d'importance majeure sur l'efficacité des agrégats monétaires en tant qu'objectifs intermédiaires de la politique monétaire ».

Sur le plan empirique, Treichel [31] a scruté la mise en œuvre de la politique monétaire en Tunisie grâce à l'analyse de la demande de monnaie. Pour lui, celle-ci est modélisée en fonction du taux d'intérêt, du taux d'inflation, du PIB réel et de variables saisonnières.

Par ailleurs, si l'on se réfère à Avouyi-Dovi et al. [32], le rythme de formation des prix intérieurs peut expliquer la demande de monnaie, en tout cas pour la zone Euro. Salin [33], quant à lui, nuance ce postulat en soulignant que c'est l'inflation anticipée qui peut déterminer la demande d'encaisses réelles.

C'est ici le lieu de noter qu'au regard de l'importance du taux de change dans la détermination de la fonction de demande de monnaie et du niveau général des prix, il sied de l'intégrer dans la fonction de demande de monnaie comme le suggèrent Hossain [34] ainsi que Dagher et Kovanen [35]. Kayembe wa Kayembe et Mutombo Mule Mule [36] ont également mené une étude sur l'estimation de la règle de type Taylor sur la base des données trimestrielles entre 2001 et 2012 et démontré qu'en sus des variables du modèle original de Taylor (l'écart de l'inflation par rapport à la cible et l'output gap), la fonction de réaction obtenue intègre la variable taux de change dans un contexte de dollarisation de l'économie en RDC.

2.2.2.2 CONTRÔLABILITÉ DES AGRÉGATS

La contrôlabilité de l'objectif intermédiaire par la banque centrale est une exigence du recours à la stratégie de ciblage monétaire. Lajnaf [37] reprend Lamberte à ce sujet : « les autorités monétaires doivent pouvoir contrôler les mouvements des agrégats en ajustant simplement les mouvements des instruments de la politique monétaire, car il serait inutile de cibler une variable sur laquelle la banque centrale n'a aucun contrôle ». Boughrara [38] fait remarquer que si l'agrégat monétaire est hors contrôle, la lisibilité des intentions des autorités monétaires sera difficile.

Selon Lajnaf [39], « dans le cas où la base monétaire est sous le contrôle de la banque centrale, la réalisation de l'objectif principal, à savoir la stabilité des prix, devient possible en commandant le multiplicateur monétaire. Par conséquent, une vérification empirique de la contrôlabilité des agrégats monétaires nécessite une étude basée sur la *cointégration* et le MCE [modèle à correction d'erreur] ». Pour Boughara [40], la durée de la relation (long terme) déterminera le caractère contrôlable (à long terme) de l'agrégat monétaire sera considéré contrôlable à long terme et il siéra, le cas échéant, d'élaborer un MCE.

2.2.2.3 CONTENU EN INFORMATION DES AGRÉGATS

Suivre une politique d'ancrage monétaire sous-entend retenir un agrégat monétaire comme une valeur de référence ; ce qui suppose une évaluation du contenu en information des agrégats monétaires. Plusieurs auteurs ont abordé cette question sous ce point de vue.

Tableau 2. Recension documentaire sur le contenu en information des agrégats

Auteurs (année)	Résultats des travaux
(Moyal et Massant [41])	Cette stratégie n'est efficace que si les variations du stock de monnaie détenu par le public possèdent de bonnes informations sur l'évolution future des prix.
Bordes et al. [42]	Le contenu en information d'une variable, par rapport à une autre, dépend de la possibilité de réduction de l'incertitude attachée à la seconde, grâce à l'observation de la première.
Friedman Benjamin et Kuttner [43]	La vérification du rôle de l'agrégat monétaire dans le processus de la politique monétaire s'est appesantie assez longtemps sur les fluctuations des prix et des revenus, mais aussi sur leurs capacités prévisionnelles, lesquelles dépendent notamment du contenu en information de l'agrégat monétaire pour préserver la stabilité des prix.

Source : Classification personnelle inspirée de Lajnaf (2014).

3 PRESENTATION DU CADRE DE PILOTAGE DE LA POLITIQUE MONETAIRE MENEE PAR LA BCC

Masangu Mulongo [44], préfaçant le livre intitulé « Politique monétaire de la Banque Centrale du Congo : Cadre de référence », affirme que l'ouvrage présente le mérite de répondre à trois questions fondamentales : « (i) Comment la Banque Centrale du Congo a-t-elle stabilisé le niveau général des prix ainsi que le Franc Congolais toutes ces dernières années ? (ii) Comment défi nit-elle sa politique monétaire et de change ? (iii) Comment la met-elle en œuvre avec autant d'efficacité ? ». Dans ce point, nous essayons de résumer les réponses apportées par la Banque Centrale du Congo à ses questions, en termes d'objectifs, de cadre analytique et d'instruments.

3.1 OBJECTIFS

La stratégie de la politique monétaire peut poursuivre l'un ou l'autre des six objectifs que sont la stabilité des prix, la croissance économique, le niveau d'emploi, la stabilité des taux d'intérêt, celle des marchés financiers et celle des taux de change. En ce qui concerne la Banque Centrale du Congo, l'objectif principal que poursuit son action, conformément à la Loi, est d'obtenir et de maintenir la stabilité du niveau général des prix. Afin d'y arriver, la Banque Centrale a défini des objectifs intermédiaire ainsi qu'opératoire.

3.1.1 OBJECTIF FINAL DE LA POLITIQUE MONÉTAIRE

Tel que mentionné plus haut, la stabilité du niveau général des prix est l'objectif principal poursuivi par la politique monétaire de la Banque Centrale du Congo. Ce choix opéré par le Législateur procède certainement de la nécessité de lutter contre la mémoire collective inflationniste en République Démocratique du Congo, intégrée dans les anticipations des agents économiques au début des années 1990, avec des pics de taux d'inflation dépassant de loin le millier.

En effet, au regard des désavantages occasionnés par une accélération effrénée du rythme de formation des prix intérieurs, il avait été jugé utile d'attribuer à la Banque Centrale du Congo, via la Loi n°005/2002 du 07 mai 2002 relative à la constitution, à l'organisation et au fonctionnement de la Banque Centrale du Congo, la mission fondamentale de garantir la stabilité monétaire.

3.1.2 OBJECTIF INTERMÉDIAIRE

« Une cible intermédiaire est un indicateur économique lié à l'objectif ultime de la politique monétaire. Elle est un chaînon du mécanisme de transmission entre les instruments et l'objectif final. Pour être choisie comme cible intermédiaire, une variable doit être liée de façon étroite et stable tant à l'instrument de politique économique qu'à l'objectif final » (BCC [45]).

Dans le cadre de la mise œuvre de sa politique monétaire, la Banque Centrale du Congo considère la masse monétaire au sens strict notée M1 comme objectif intermédiaire. Il s'agit de l'ensemble de la monnaie en circulation hors système bancaire et des dépôts à vue en monnaie nationale logées dans les banques commerciales. Ce choix prend en compte le fait que : (i) les fluctuations de la monnaie au sens strict ont une corrélation avec les variations de l'indice des prix à la consommation sur le long terme ; (ii) l'économie congolaise est une économie d'endettement avec un financement bancaire dominant ; (iii) la substitution entre la monnaie et les titres est très faible ; (iv) les informations statistiques sur cet agrégat sont disponibles ; (v) l'économie du pays est fortement « *dollarisée* ».

3.1.3 OBJECTIF OPÉRATOIRE

A ce niveau, l'action de la BCC porte sur la base monétaire au sens strict (c'est-à-dire sans les devises). Elle comprend tous les billets en circulation hors Institut d'émission et l'ensemble des dépôts en monnaie nationale en les livres de la Banque Centrale. Il est à noter que du fait de la caractéristique d'économie d'endettement, la RDC voit le multiplicateur monétaire garder une relative stabilité et la régulation de la base monétaire par la Banque Centrale, via ses instruments, se révèle comme un moyen efficace de régulation monétaire ou de contrôle de l'offre de monnaie globale et de ses fluctuations.

Pour ce faire, la BCC compte sur : (i) une programmation monétaire annuelle (avec des déclinaisons mensuelles si possible) des cibles quantitatives des variations de la base monétaire ainsi que du stock monétaire et (ii) des prévisions de la liquidité dont les résultats en termes d'écarts éventuels par rapport à la programmation monétaire guident l'utilisation des instruments de politique monétaire. C'est là tout l'intérêt des analyses faites sur la base des indicateurs pertinents construits en partant des statistiques fiables.

3.2 CADRE ANALYTIQUE DE LA POLITIQUE MONÉTAIRE

La Banque Centrale du Congo ne prend pas ses décisions de manière intuitive : elle oriente sa politique monétaire en recourant à un cadre d'analyse cohérent et structuré. Des analyses[4] sur la conjoncture économique et financière sur les plans national et international fondent sa position.

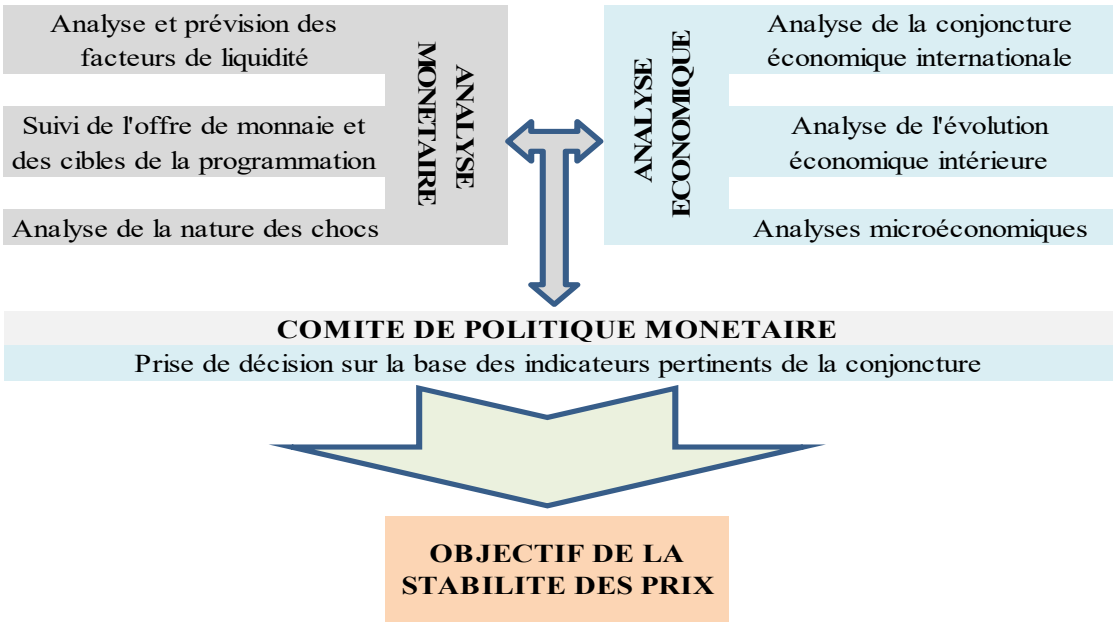


Fig. 2. Schéma simplifié du cadre analytique

Source : Schéma personnel inspiré de Kayembe wa Kayembe [46]

3.3 INSTRUMENTS

Le cadre opérationnel de la politique monétaire de la Banque Centrale du Congo est l'ensemble des modalités et instruments qu'elle utilise dans la quête de ses objectifs. S'agissant particulièrement des instruments ou variables sous

[4] La prévision de la liquidité est l'un des axes majeurs de l'analyse proactive de la politique monétaire présentée dans l'encadré suivant.

contrôle, la BCC recourt (i) au taux d'intérêt ; (ii) au coefficient de la réserve obligatoire et (iii) aux appels d'offres de bons BCC, anciennement appelés billets de trésorerie (BTR)[5].

Dans un exposé de 2014 à l'occasion duquel la Banque Centrale du Congo présentait son cadre de référence de la politique monétaire en RDC, le Directeur Général en charge de la Politique Monétaire et des Opérations Bancaires[6] avait simplifié comme suit le schéma de transmission des impulsions monétaires.

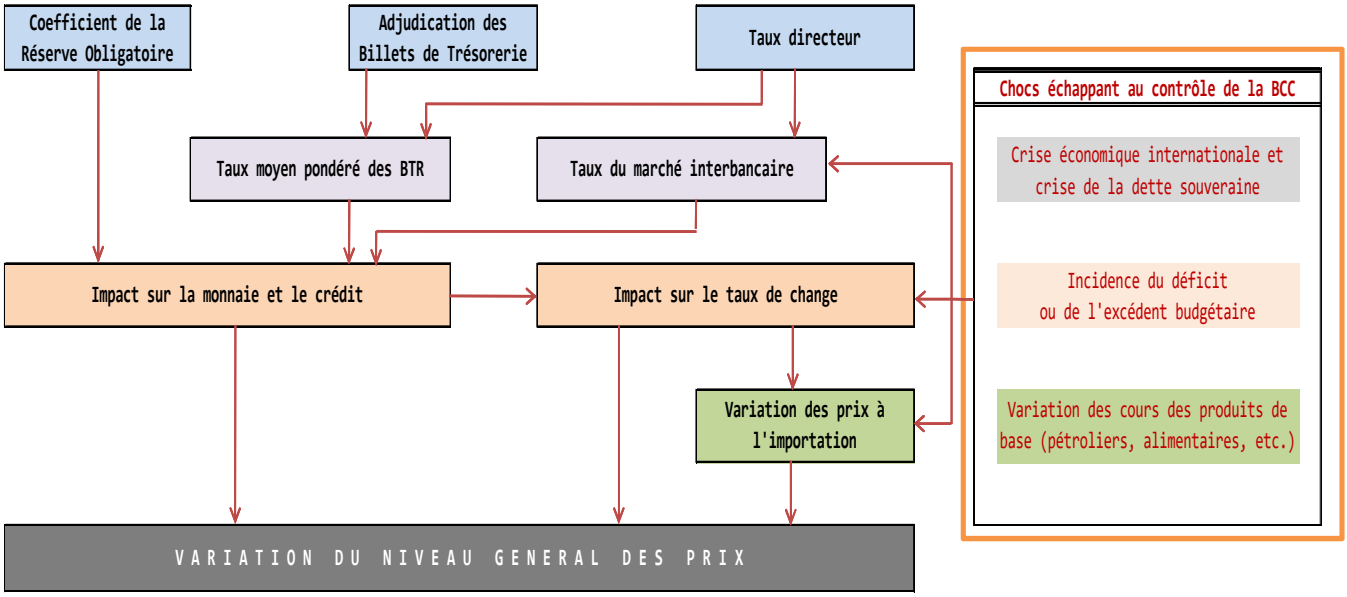


Fig. 3. Transmission de la politique monétaire : schéma simplifié

Source : Kayembe wa Kayembe [47]

4 METHODOLOGIE

4.1 MÉTHODOLOGIE GÉNÉRALE

Le concept méthodologie (du grec : *metà* : après, qui suit ; *odos* : chemin, voie, moyen ; *logos* : étude) renvoie à l'étude d'une démarche. Celle-ci devient (méthode) scientifique lorsqu'elle intègre (l'ensemble) des règles qui prévalent dans le processus de production des connaissances. C'est donc l'ensemble de moyens et de démarches auxquels un chercheur a recours pour parvenir à des résultats probants dans une étude.

Dans le cadre de notre étude, nous avons reposé notre cheminement sur trois méthodes principales :

(i) La méthode documentaire en consultant des ouvrages et divers documents imprimés ou électroniques disponibles sur la toile (internet) relatifs à notre sujet ;

(ii) La méthode quantitative et transversale grâce à laquelle nous avons collecté des données chiffrées disponibles afin de mettre en exergue une corrélation entre les différentes variables. L'économétrie aura été un outil déterminant pour la rédaction du chapitre-clé du travail ;

(iii) La méthode appliquée en orientant la recherche vers des recommandations pratiques en vue d'améliorer une situation de départ.

[5] A ceci s'ajoutent les interventions sur le marché des changes.

[6] La Direction Générale de la Politique Monétaire et des Opérations Bancaires a été mise en place en 2009 dans le cadre de la restructuration de la Banque Centrale du Congo appelée à se recentrer sur ses missions principales. Cette Direction Générale est actuellement composée des Directions (i) des Analyses Economiques, (ii) de la Recherche et des Statistiques, (iii) des Opérations Bancaires et des Marchés, (iv) de la Trésorerie, (v) des Systèmes de Paiement et supervise également la Direction de la Surveillance des Intermédiaires Financiers.

4.2 MÉTHODOLOGIE SPÉCIFIQUE

4.2.1 STABILITÉ DE LA FONCTION DE LA DEMANDE DE MONNAIE

A la lumière des travaux de Lajnaf [48], nous avons analysé la demande de monnaie mesurée par le rapport agrégat de monnaie M2 et le taux d'inflation (encaisses réelles). Il sied de mentionner que nous aurons retenu l'indice d'activité économique comme une variable d'échelle dans la fonction de demande de monnaie et le taux d'intérêt créditeur en monnaie nationale comme un coût d'opportunité. En outre, nous avons introduit le taux de change (fin période) noté TCHF en tant que variable explicative de la demande de monnaie en RDC étant donné que l'économie du pays est ouverte et fortement *dollarisée*. L'introduction de cette variable a été nécessaire pour mesurer le coût d'opportunité de la détention de la monnaie nationale par rapport à la monnaie étrangère. Par ailleurs, pour les mêmes raisons que Treichel [49], nous avons trouvé utile de refléter le motif de réserve de valeur des encaisses monétaires à travers le taux d'inflation.

4.2.2 CONTRÔLABILITÉ DES AGRÉGATS MONÉTAIRES PAR LA BCC

En nous inspirant notamment des recherches de Boughrara ([50] et [51]) et de Lajnaf [52], nous avons calculé les coefficients de corrélation entre l'agrégat monétaire M2 (MPRO) et la base monétaire au sens large (BMSL) d'une part, et entre MPRO et le taux d'intérêt (TCMN) d'autre part, afin de vérifier la relation entre ces variables. Notons qu'en général, le coefficient de corrélation est compris entre -1 et 1. Plus il s'éloigne de 0, plus la corrélation est meilleure.

Par ailleurs, selon les études de Boughrara faites en 2002 et 2003 et auxquelles se réfère Lajnaf [53], il est indispensable de tenir compte de la non stationnarité des variables lorsque l'on aborde la question de la contrôlabilité en recourant à la théorie de cointégration et à la modélisation à correction d'erreurs. Par voie de conséquence, dans la mesure où il existe une *cointégration* entre l'agrégat monétaire retenu et la base monétaire, une relation de long terme doit exister et l'agrégat intermédiaire sera considéré contrôlable à long terme. La dynamique à court terme peut être étudiée par l'estimation d'un MCE.

4.2.3 CONTENU EN INFORMATION DES AGRÉGATS MONÉTAIRES

Le contenu en information d'un agrégat monétaire est généralement analysé en étudiant son pouvoir de prévision de l'activité économique et des prix. De ce fait, nous considérons le vecteur Xt constitué par les variables suivantes : l'inflation (TINF), mesurée dans cette étude par le taux d'inflation fin période, le niveau de l'activité économique (LIECO) mesuré par le logarithme de l'indice d'activité économique, le taux d'intérêt (TCMN) mesuré par le taux créditeur pour le dépôt en monnaie nationale et l'agrégat monétaire (MPRO) mesuré par le logarithme de l'agrégat monétaire M2 avec provision. En nous référant à Bordes et Marimoutou cité par Lajnaf [54], notre procédure économétrique consiste à tester l'existence d'une ou de plusieurs relations de cointégration entre ces variables. Dans le cas où l'hypothèse précédente ne peut être rejetée, nous recourons à un VAR représentant une description des ajustements de court terme des différentes variables.

Le recours à un modèle VAR permet, dans un premier temps, d'envisager l'ensemble des liens de causalité entre les différentes variables et les agrégats monétaires. Dans un second temps, d'après Moyal et Massant cités Lajnaf [55], cette modélisation permet de bien analyser le contenu en information des agrégats monétaires, et ce à travers la décomposition de la variance de l'erreur de prévision. Plus précisément, le contenu en information de l'agrégat de monnaie est mesuré par les pourcentages des variances de l'inflation et de l'activité économique qui peuvent être imputés à sa volatilité. Signalons que nous commencerons l'étude du contenu en information des agrégats monétaires par chercher des relations de *cointégration*.

5 RESULTATS

5.1 VÉRIFICATION DE LA PERTINENCE DU CIBLAGE MONÉTAIRE EN CONTEXTE CONGOLAIS

Afin de mener notre vérification économétrique au sujet des conditions de stabilité des agrégats monétaires, de leur contrôlabilité et de leur contenu en information en RDC, nous nous référons essentiellement, comme annoncé plus haut, à Mc Phail [56], Ndjokou [57]et Lajnaf [58]

5.1.1 SOURCE DES DONNÉES ET ÉVOLUTION DES VARIABLES

Les données utilisées pour notre étude ont été puisées des différents rapports annuels de la Banque Centrale du Congo et sont présentées en fréquence mensuelle. Elles concernent principalement : la masse monétaire (MPRO) ; la base monétaire au

sens large (BMSL) ; le taux d'inflation fin période (TINF) ; le taux de change fin période (TCHF) ; le taux directeur (TDIR) ; le taux du crédit en monnaie nationale (TCMN).

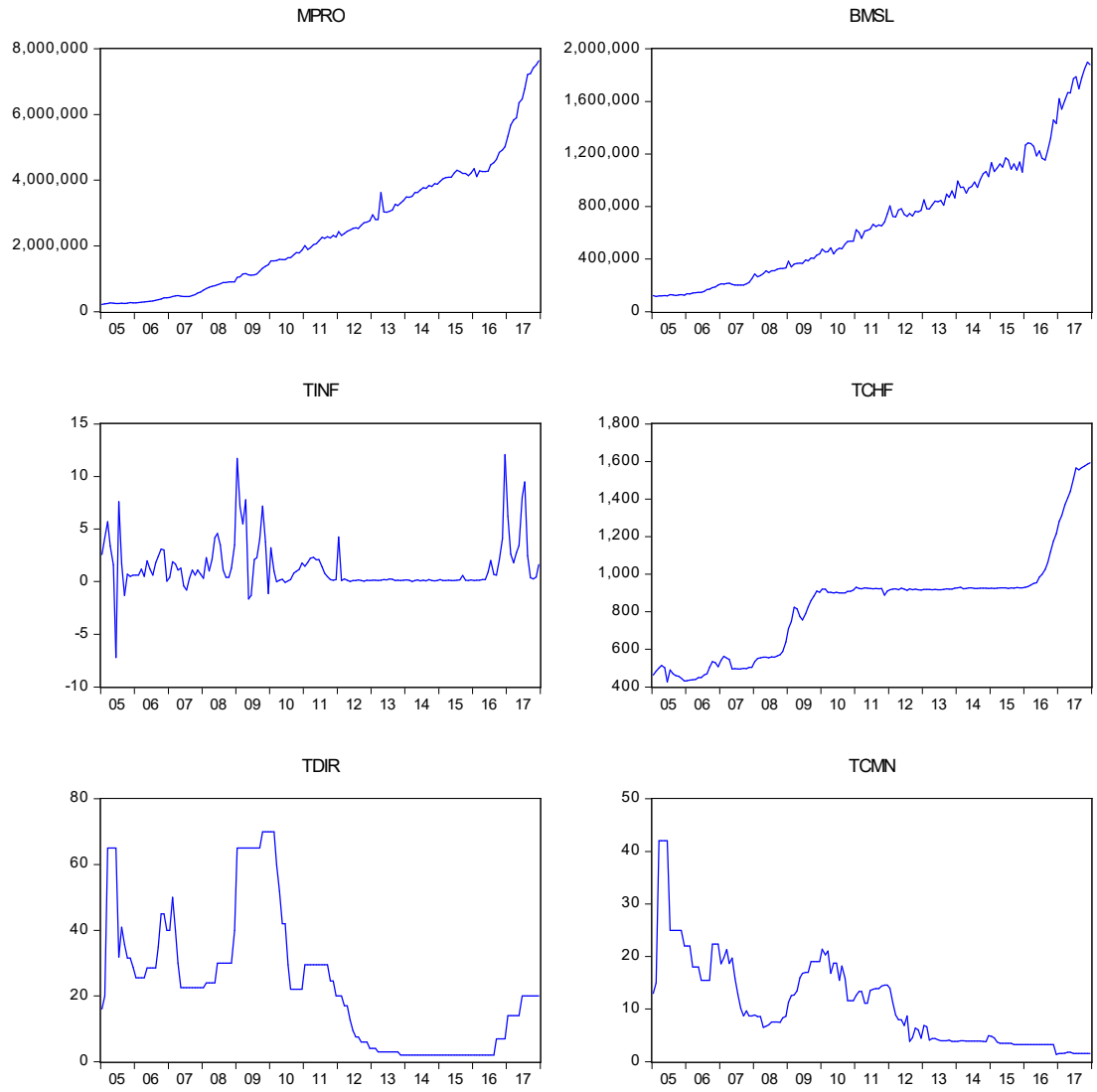
Le tableau 3 et le graphique 1 présentent les principales statistiques descriptives. Il en ressort globalement que la masse et la base monétaires ont gardé une tendance haussière assez régulière sur toute la période, sauf la phase de relative stabilisation observée entre 2015 et 2016, suivie d'une pente plus aigüe à partir de 2017. Pour sa part, le taux d'inflation a évolué en dents de scie entre un creux de -7,2 % et un pic de 12,0 % quoi que les données positives soient largement plus nombreuses que les négatives. Il sied d'indiquer que la sous-période 2012-2015 se distingue par une stabilité particulière du rythme de formation des prix intérieurs à des niveaux très bas. Cette stabilité est plus longue en ce qui concerne le taux de change avec un plateau qui s'affiche entre 2010 et 2015.

Quant à eux, les courbes du taux directeur ainsi que du taux de crédit en monnaie nationale dessinent quasiment la même tendance, quoi que l'ampleur des variations puisse être différente comme en 2009 et en 2010. Par ailleurs, un décrochage s'observe en 2017 avec une augmentation du taux de référence et une réduction du taux de crédit en monnaie nationale.

Tableau 3. Statistiques descriptives

	MPRO	BMSL	TINF	TCHF	TDIR	TCMN
Mean	2427036.	693129.3	1.386667	835.2750	23.28231	10.80206
Median	2197013.	637800.5	0.500000	916.9078	22.00000	8.615000
Maximum	7633024.	1898250.	12.07000	1592.193	70.00000	42.00000
Minimum	222226.5	115668.4	-7.200000	425.3075	2.000000	1.390000
Std. Dev.	1874241.	469613.9	2.352584	273.0049	20.33951	8.495600
Skewness	0.763627	0.690968	1.806232	0.584260	0.883562	1.378504
Kurtosis	2.942893	2.688248	9.229473	3.616015	2.917642	5.512590
Jarque-Bera	15.18247	13.04510	337.0656	11.34193	20.34181	90.44228
Probability	0.000505	0.001470	0.000000	0.003445	0.000038	0.000000
Sum	3.79E+08	1.08E+08	216.3200	130302.9	3632.040	1685.121
Sum Sq. Dev.	5.44E+14	3.42E+13	857.8711	11552408	64122.83	11187.16
Observations	156	156	156	156	156	156

Source : Calculs des auteurs.



Graphique 1. Evolution des variables

Source : Calculs des auteurs sur EViews 7 sur la base des données de la BCC.

5.1.2 EVALUATION DE LA STABILITÉ DE LA FONCTION DE DEMANDE DE MONNAIE

Voici ci-dessous, la spécification de la fonction de demande de monnaie en RDC :

$$\textbf{Log } (m\text{-}p)_t = a_0 + a_1 \log(IECO)_t + a_2 TINF_t + a_3 \log(TCHF)_t + a_4 TCMN_t + u_t$$

Avec :

(m-p) :	encaisses réelles ;	TINF :	taux d'inflation ;
IECO :	indice d'activité économique ;	TCHF :	taux de change fin période ;
TCMN :	taux créditeur en monnaie nationale		

Afin de nous conformer à la démarche économétrique, nous commençons par tester l'existence d'une relation de *cointégration* entre la demande de monnaie au sens de M2, l'indice d'activité économique, le taux d'intérêt, le taux d'inflation et le taux créditeur en monnaie nationale. Les tests AIC (Akaike Information Criteria) et SC (Schwarz information Criterion) montrent un seul retard. Le modèle estimé avec l'agrégat monétaire M2 signale la présence de trois relations de *cointégration* suivant les tests λ – max. Toutes les variables ont présenté une stationnarité en différence première.

Nous recourons ensuite à une estimation d'un modèle VCE dont les résultats sont présentés dans le tableau 4.

Tableau 4. Résultats des estimations

Encaisses monétaires (variable dépendante)				
Variables indépendantes	**Court terme**		**Long terme**	
	Coefficient	**T-stat.**	**Coefficient**	**T-stat.**
Indice d'Activité Economique (IECO)	0.217156	0.21766	0.276083	0.57480
Taux créditeur (TCMN)	0.083743	1.42064	0.015125	0.94617
Taux d'inflation (TINF)	0.307768	0.06932	1.561085	27.0509
Taux de change (TCHF)	18.24015	2.53247	-2.801673	-6.14139
	Coefficient		**T-stat.**	
Vitesse d'ajustement	-0.069618		-3.793640	
Résultat des tests diagnostiques				
Test statistiques	**Valeur de la statistiquebilité**			
Coefficient de détermination	0.325435			
Coefficient de détermination corrigé	0.297901			
F-Statistique	11.81968			

Source : Calculs personnels sur EViews 7

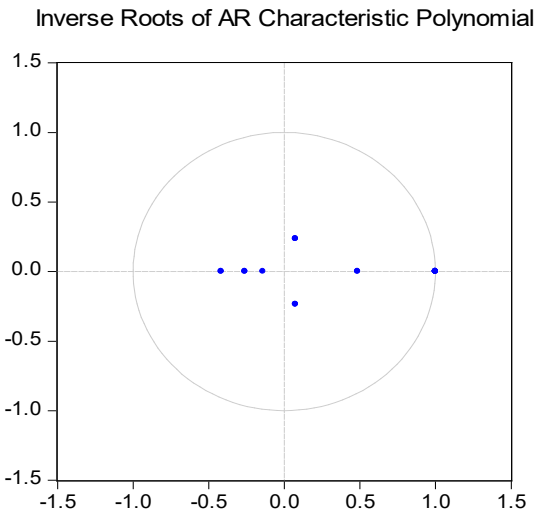
L'analyse du tableau 4 montre que l'indice d'activité économique « IECO » (proxy du PIB réel) influence positivement la demande à court (0,217) et à long termes (0,276). Mais ces coefficients[7] ne sont pas statistiquement significatifs.

S'agissant du taux créditeur en monnaie nationale, son coefficient est positif et non significatif à court et à long termes. En ce qui concerne le taux d'inflation, son signe est positif, (ce qui est contraire à la théorie économique) mais son coefficient est non significatif à court terme et significatif à long terme. Enfin, le taux de change est statistiquement significatif à court et long termes avec un coefficient important de l'ordre de 18,24 à court terme mais économiquement non significatif à long terme (-2,80). Ce dernier montre que l'augmentation du taux de change de 1,0 % entrainerait la diminution de la demande de monnaie de 2,80 %.

La vitesse d'ajustement ou la force de rappel est statistiquement significative avec un signe négatif. Cela nous indique que la demande de monnaie converge à long terme vers le point d'équilibre avec une vitesse de convergence de 0,07.

Une étape importante de l'analyse de la fonction de la demande de monnaie consiste à analyser la stabilité de ses coefficients. Cette dernière est indispensable pour toute modélisation économétrique. Dans le cas des données chronologiques, les tests de stabilité appelés aussi tests de changement structurel essayent de tester la stabilité des coefficients estimés de l'équation tout en indiquant l'existence d'un changement structurel dans la relation. Afin d'étudier la stabilité du modèle estimé pour la RDC au cours du temps, nous avons vérifié les racines caractéristiques du polynôme (AR Roots).

[7] Le coefficient ad hoc mesure la variation de la demande de monnaie suscitée par l'accroissement d'un pourcent de l'IECO.



Graphique 2. Racines du polynôme des retards associé au VCE

Source : Calculs personnels sur EViews 7

Au regard des résultats, il est constaté que les racines caractéristiques du polynôme des retards associé au Vecteur à Correction d'Erreur (VCE) estimé sont à l'intérieur du cercle ; ce qui confirme la stabilité du VCE estimé.

5.1.3 EVALUATION DE LA CONTRÔLABILITÉ DES AGRÉGATS MONÉTAIRES PAR LA BCC

Durant la période de l'étude qui s'étale de janvier 2005 à décembre 2017, les résultats montrent qu'il existe une forte corrélation entre la base monétaire et la masse monétaire. Le signe positif du coefficient (0,994) confirme la prédiction théorique de la relation entre l'agrégat monétaire et la monnaie de base. Nous percevons également la corrélation entre l'agrégat monétaire et le taux d'intérêt considéré comme le principal instrument de la politique monétaire. Le coefficient de corrélation entre ces deux variables (-0,58) montre une corrélation, qui n'est pas très forte. En sus, le signe négatif du coefficient corrobore la théorie et la relation inverse entre les taux d'intérêt et la masse monétaire puisque l'augmentation du taux d'intérêt est associée à une politique monétaire restrictive.

Le résultat de l'estimation du modèle à correction d'erreur est renseigné dans l'équation ci-dessous :

$$\mathbf{DLMPRO_t = 0{,}017470 + 0{,}306438DLBMSL_t - 0{,}146941U_t}$$

(0,003107) (0,058333) (0,037439)

[5,622044] [5,253279] [-3,924783]

N.B. : Les valeurs entre parenthèses représentent les écart-types des variables et celles entre crochets, les t-statistiques.

De l'analyse de cette équation, il ressort que la base monétaire au sens large explique significativement l'agrégat M2 avec provisions. Ces résultats confirment l'existence d'une relation positive entre les deux variables. Plus précisément, la variation de la monnaie de base d'une unité impliquerait une variation de l'agrégat monétaire M2 de 0,31. Bien que le coefficient de la base monétaire soit faible, il sied de signaler qu'en opérant sur la base monétaire (objectif opératoire), l'autorité monétaire agit indirectement sur l'agrégat monétaire M2 (objectif intermédiaire). Donc, l'agrégat monétaire est réputé contrôlable.

Le terme **Ut** désigne la force de rappel ou le terme d'ajustement. Dans le cas d'espèce, son coefficient est statistiquement significatif avec un signe négatif. Cela nous indique que l'agrégat monétaire converge, à long terme, vers le point d'équilibre avec une vitesse d'ajustement de 0,14. Ceci signifie que tout choc sur l'agrégat M2 se corrige à 14,0 % par l'effet de « feed back ». Autrement dit, l'on arrive à ajuster ou résorber 14,0 % du déséquilibre entre le niveau désiré et effectif de l'agrégat M2. La vitesse d'ajustement moyen est de six mois, trois semaines et six jours.

5.1.4 EVALUATION DU CONTENU EN INFORMATION DES AGRÉGATS MONÉTAIRES EN RDC

Durant la période de l'étude qui s'étale de janvier 2005 à décembre 2017, les tests de λ - max montrent l'existence de trois relations de *cointégration*. Nous recourons, par conséquent, à l'estimation d'un vecteur à correction d'erreur. Toutefois, il est nécessaire d'envisager, au préalable, l'ensemble des liens de causalité entre les variables du système qui ont tous présenté une stationnarité en différence première.

Le résultat de test de causalité au sens de Granger se présente dans le tableau suivant :

Tableau 5. Résultat du test de causalité

Null Hypothesis:	Obs	F-Statistic	Prob.
DLIECO does not Granger Cause DTINF	154	0.32214	0.5712
DTINF does not Granger Cause DLIECO		0.50091	0.4802
DTCMN does not Granger Cause DTINF	154	0.09941	0.7530
DTINF does not Granger Cause DTCMN		6.17589	0.0140
DLMPRO does not Granger Cause DTINF	154	1.68222	0.1966
DTINF does not Granger Cause DLMPRO		3.37036	0.0683
DTCMN does not Granger Cause DLIECO	154	0.48219	0.4885
DLIECO does not Granger Cause DTCMN		0.13744	0.7114
DLMPRO does not Granger Cause DLIECO	154	0.10484	0.7465
DLIECO does not Granger Cause DLMPRO		0.00296	0.9567
DLMPRO does not Granger Cause DTCMN	154	5.72553	0.0179
DTCMN does not Granger Cause DLMPRO		0.24851	0.6188

Source : Calculs personnels sur EViews 7

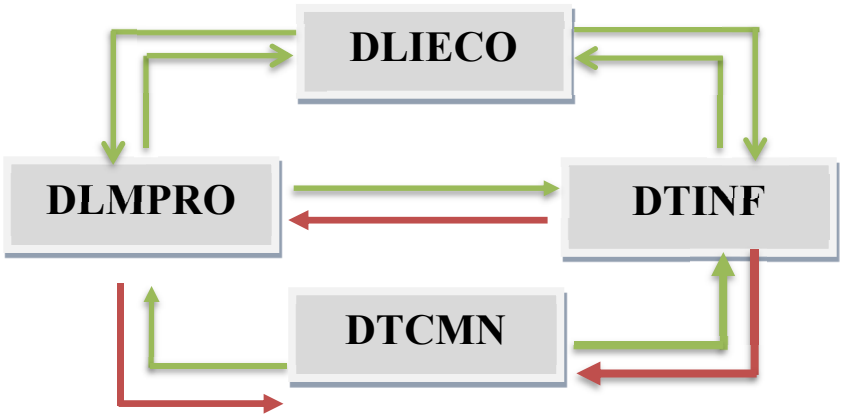


Fig. 4. Représentation schématique des résultats du test de causalité

Légende : Absence de causalité ; Présence de causalité

Source : Représentation personnelle, sur la base des estimations économétriques

Il découle de la lecture du tableau 5 et de la figure 2 trois relations de causalité unidirectionnelle entre les quatre variables sous-étude :

- Le taux d'inflation a une influence significative sur le taux d'intérêt créditeur au seuil de 5,0 % ;
- Il présente aussi un effet significatif sur l'agrégat monétaire (masse monétaire avec provision) mais au seuil de 10,0 % ;

- L'agrégat monétaire m2 quant à lui, explique significativement le taux d'intérêt créditeur en monnaie nationale mais aucun effet de feedback ne semble intervenir au seuil de 5,0 %.

L'analyse du contenu en information de l'agrégat monétaire M2 en RDC est complétée par une décomposition de la variance des erreurs de prévision telle que présentée dans le tableau 6 :

- La décomposition de la variance de l'agrégat monétaire révèle que l'effet d'un choc sur ses propres innovations est très déterminant pour lui. En effet, plus de 89,0 % de la variance de l'erreur de prévision de m2 est expliquée par ses propres innovations pour toute la période étudiée. Les résultats montrent que la variance de l'agrégat monétaire est expliquée par moins de 0,051 % et de 0,0045 % respectivement par un choc sur le taux d'intérêt créditeur en monnaie nationale et un autre sur l'indice d'activité économique pour toute la période de l'étude et 10,0 % sont expliqués par le choc du taux d'inflation ;
- La décomposition de la variance de l'indice d'activité économique renseigne qu'à court terme, sur un horizon d'un mois, plus de 99,92 % de l'erreur de prévision de l'indice d'activité économique est expliquée par ses propres innovations. À long terme, les pourcentages sont supérieurs à 95,0 %. Un choc sur le taux d'inflation explique, pour moins de 3,9 %, les fluctuations de l'indice d'activité économique réel à long terme et n'y contribue pas à les expliquer à court terme ;
- Concernant la décomposition de la variance de l'erreur de prévision du taux d'inflation, un choc sur l'agrégat monétaire explique la variance de l'inflation à 11,0 %. Un choc sur le taux d'intérêt explique de 4,0 % de la variance du niveau des prix et 10,0 % de variations de la variance de l'erreur de l'inflation sont expliqués par l'indice d'activité économique. ;
- Enfin, la variance de l'erreur de prévision du taux d'intérêt est expliquée de plus de 86,0 % par ses propres innovations. Elle est expliquée à 7,0 % par un choc sur le taux d'inflation, les chocs sur l'indice d'activité économique n'arrivent à expliquer que moins 1,0 % de la variance de l'erreur de prévision du taux d'intérêt sur un horizon d'un trimestre. L'agrégat monétaire contribue à expliquer les fluctuations du taux d'intérêt à 6,1 %.

Tableau 6. Décomposition de la variance

Variance Decomposition of LMPRO:					
Période	S.E.	LMPRO	LIECO	TINF	TCMN
1	0.038098	100.0000	0.000000	0.000000	0.000000
2	0.050745	95.25660	0.025977	4.712685	0.004734
3	0.063645	92.17175	0.038831	7.785307	0.004114
4	0.074558	89.95914	0.048777	9.987202	0.004878
5	0.084342	88.54810	0.054802	11.39178	0.005318
6	0.093152	87.57311	0.059029	12.36217	0.005691
7	0.101228	86.87917	0.062006	13.05287	0.005960
8	0.108714	86.36248	0.064229	13.56712	0.006166
9	0.115720	85.96506	0.065936	13.96268	0.006324
10	0.122327	85.65036	0.067288	14.27590	0.006451
Variance Decomposition of LIECO:					
Période	S.E.	LMPRO	LIECO	TINF	TCMN
1	0.154322	0.077523	99.92248	0.000000	0.000000
2	0.183370	0.132762	97.81924	1.550469	0.497532
3	0.219033	0.157038	96.77026	2.547737	0.524961
4	0.246451	0.138500	95.73251	3.536243	0.592745
5	0.272333	0.146301	95.05066	4.185473	0.617571
6	0.295608	0.147078	94.52307	4.690124	0.639731
7	0.317325	0.150380	94.13326	5.062212	0.654152
8	0.337607	0.152357	93.82815	5.353779	0.665710
9	0.356755	0.154250	93.58659	5.584508	0.674648
10	0.374922	0.155721	93.38998	5.772353	0.681950
Variance Decomposition of TINF :					
Période	S.E.	LMPRO	LIECO	TINF	TCMN
1	2.155824	9.841940	2.920938	87.23712	0.000000
2	2.433640	11.32132	3.735502	84.25440	0.688774
3	2.540570	11.54080	5.609819	81.50061	1.348770
4	2.605677	11.56330	7.305601	79.22853	1.902574
5	2.660775	11.51505	9.021513	77.05079	2.412646
6	2.711204	11.44639	10.61854	75.05341	2.881666
7	2.759772	11.37427	12.12684	73.18052	3.318369
8	2.807029	11.30343	13.53672	71.43408	3.725758
9	2.853371	11.23605	14.85909	69.79785	4.107009
10	2.898906	11.17235	16.09953	68.26360	4.464516
Variance Decomposition of TCMN:					
Période	S.E.	LMPRO	LIECO	TINF	TCMN
1	2.837938	0.614418	0.262034	0.454788	98.66876
2	4.095021	3.387416	0.228988	1.977819	94.40578
3	5.110373	4.558867	0.263009	4.153875	91.02425
4	5.984567	5.371505	0.275286	5.733215	88.61999
5	6.756274	5.873282	0.286188	6.833873	87.00666
6	7.452322	6.219876	0.292895	7.603236	85.88399
7	8.089996	6.465960	0.297956	8.160696	85.07539
8	8.681458	6.649629	0.301655	8.578119	84.47060
9	9.235291	6.791101	0.304536	8.900808	84.00356
10	9.757808	6.903346	0.306813	9.157024	83.63282

Source : Elaboration personnelle sur EViews7

L'analyse du contenu en information de l'agrégat monétaire choisi nous révèle que le choix de M2 comme indicateur-clé dans la conduite de la politique monétaire de la RDC ne semble pas être bien justifié puisque son évolution n'explique que moins de 11,0 % de la variance des erreurs de prévisions de l'inflation et de l'indice d'activité économique.

6 DISCUSSION

Notre vérification empirique a eu pour objectif global d'analyser la pertinence du ciblage monétaire dans le contexte économique et monétaire congolais. De manière spécifique, il était question de s'assurer que les trois conditions nécessaires à l'application du ciblage monétaire, telles que suggérées par Lajnaf [59] et préalablement mentionnées par Mc Phail [60], Ndjokou [61], Boughrara ([61], [62]) ainsi que Moyal, Massant, Bordes et Marimoutou, tous cités par Lajnaf [63], sont réunies pour le cas de la RDC, à savoir : la stabilité de la fonction de la demande de monnaie, la contrôlabilité des agrégats et leur contenu en information.

En ce qui concerne la stabilité de la fonction de la demande de monnaie, les résultats obtenus confirment la stabilité du Vecteur à Correction d'Erreur (VCE) estimé. En effet, les racines caractéristiques du polynôme (AR Roots) des retards associé au VCE sont à l'intérieur du cercle défini.

S'agissant de la contrôlabilité des agrégats, le résultat de l'estimation du modèle à correction d'erreur a débouché sur une équation de l'analyse de laquelle il ressort que la base monétaire au sens large explique significativement l'agrégat M2 avec provisions, confirmant ainsi l'existence d'une relation positive entre les deux variables. Plus précisément, la variation de la monnaie de base d'une unité impliquerait une variation de l'agrégat monétaire M2 de 0,31. Bien que le coefficient de la base monétaire soit faible, nous avons mentionné qu'en opérant sur la base monétaire (objectif opératoire), l'autorité monétaire agit indirectement sur l'agrégat monétaire M2 (objectif intermédiaire). D'où la conclusion selon laquelle l'agrégat monétaire est réputé contrôlable.

Quant au contenu en information des agrégats, nous avons analysé leur pouvoir de prévision de l'activité économique et des prix en considérant un vecteur Xt constitué par quatre variables (TINF, LIECO, TCMN et MPRO) et avons testé d'une ou de plusieurs relations de cointégration entre elles. Sans revenir sur les autres détails disponibles supra, il s'avère que l'analyse nous révèle que le choix de M2 comme indicateur-clé dans la conduite de la politique monétaire de la RDC ne semble pas être bien justifié puisque son évolution n'explique que moins de 11,0 % de la variance des erreurs de prévisions de l'inflation et de l'indice d'activité économique.

En définitive, sur les trois conditions préconisées dans la théorie économique et monétaire pour un recours efficace au ciblage monétaire par une banque centrale, seules les deux premières liées à la stabilité de la demande de monnaie et à la contrôlabilité des agrégats se trouvent réunies pour le cas congolais, si l'on considère les données exploitées dans le cadre de cette étude. Le préalable de contenu en information n'est pas rencontré. Aussi, devrait-on rester formel en se référant à Moyal et Massant [64] pour qui cette stratégie n'est efficace que si les variations du stock de monnaie détenu par le public possèdent de bonnes informations sur l'évolution future des prix. Bordes et al. [65] ne soulignaient-ils pas, il y a déjà plus de trente ans, que le contenu en information d'une variable, par rapport à une autre, dépend de la possibilité de réduction de l'incertitude attachée à la seconde, grâce à l'observation de la première ?

Si les politiques ont pour habitude de justifier leurs actions en ne mettant en exergue que le côté « réussi » et n'utilisent la « science » que lorsque les résultats auxquels elle aboutit sont en harmonie avec leurs « positions », nous osons lancer le débat sur la pertinence du choix du ciblage monétaire en RDC en affirmant que le biais introduit avec son échec face au test du contenu en information des agrégats le disqualifie et ce, malgré un succès dans les domaines de la stabilité de la demande de monnaie et de la contrôlabilité des instruments-clés comme mentionné ci-dessus. Le débat serait encore plus riche s'il intégrait les sous-questions relatives à la dollarisation de l'économie congolaise, aux mécanismes de transmission de la politique monétaire en RDC, etc. et si les études variaient le nombre, la fréquence et le type d'observations. C'est ici le lieu de souligner que le PIB trimestriel serait un outil de taille pour faciliter ce genre de travaux et donner des résultats plus convaincants.

7 CONCLUSION

Notre étude s'est voulue être une analyse du mode de mise en œuvre la politique monétaire de la Banque Centrale du Congo de 2005 à 2017, à travers, principalement, le choix du ciblage monétaire comme stratégie adoptée par l'Autorité compétente afin de mieux atteindre son objectif-clé qui est la stabilité (du niveau général) des prix. De façon plus précise, nous nous sommes donné l'ambition de vérifier si le choix de ce type de ciblage demeurait efficace et adapté à l'économie congolaise.

Pour y arriver, après une introduction qui a posé notre problématique et précisé nos hypothèses, nous avons, dans la première section consacrée au cadre conceptuel et à la revue de la littérature, défini les concepts de base avant de les circonscrire dans le débat théorique, tout en montrant leur place au milieu des travaux empiriques. Il en ressort globalement que, depuis un peu plus d'une vingtaine d'années, la tendance au recours au ciblage d'inflation se généralise, les banques centrales abandonnant de plus en plus le ciblage des agrégats monétaires au regard des évolutions des économies des pays

considérés. Néanmoins, quelques banques centrales, à l'instar de celle de la RDC, continuent d'appliquer l'ancrage monétaire sur la base de la théorie quantitative de la monnaie.

Dans la perspective de vérifier la pertinence du ciblage monétaire en RDC au dernier chapitre, nous avons, dans la deuxième section, présenté la méthodologie générale et spécifique, la seconde étant essentiellement inspirée des travaux de Lajnaf [66] qui a démontré la faillite du ciblage monétaire en Tunisie.

Ceci nous a conduits à présenter, en deux temps, les résultats de notre étude : d'abord le cadre de pilotage de la politique monétaire menée par la BCC et ensuite la vérification empirique des conditions nécessaires pour l'adoption ou le maintien du ciblage intermédiaire en RDC. L'examen du cadre de référence de la politique monétaire de la BCC révèle que l'équation quantitative de la monnaie demeure au cœur de son action. En effet, en agissant essentiellement sur un agrégat monétaire, la Banque Centrale considère que, généralement, l'inflation est la conséquence de l'excès de la variation positive de la masse monétaire sur celle de la production. Restait à savoir si, malgré une certaine « maîtrise » qui s'observe depuis bientôt 20 ans, avec les meilleurs scores notés entre 2012 et 2015 dans un contexte de renforcement de la coordination des politiques économiques, le ciblage monétaire demeurait adapté.

Le point culminant de notre travail a été l'approfondissement économétrique de l'analyse dont les résultats obtenus confirment, en partie, notre hypothèse de départ selon laquelle le ciblage monétaire était pertinent dans le contexte congolais, étant donné qu'il a été prouvé que la fonction de demande de monnaie était stable et que les agrégats étaient contrôlables. Cependant, la condition liée au contenu en information des agrégats n'est pas remplie pour la période sous revue alors que Friedman Benjamin et Kuttner [67] affirment que le rôle de l'agrégat monétaire dans le processus de la politique monétaire repose principalement sur le fait que les fluctuations des prix et des revenus, mais aussi sur leurs capacités prévisionnelles dépendent notamment du contenu en information dudit agrégat pour préserver la stabilité des prix.

Avec cette remarque, et malgré un 2/3 qu'un évaluateur non avisé risquerait de donner, nous pensons que le ciblage monétaire que plusieurs banques centrales dans le monde ont abandonné depuis des décennies n'est pas/plus adapté à l'économie congolaise, du moins pour la délimitation temporelle de notre travail. Pour nous, toutes les trois conditions vérifiées récemment par Lajnaf [68] pour le cas tunisien devraient être réunies. Si l'une d'entre elles fait défaut, il y a lieu de s'interroger et c'est là l'un des intérêts de notre recherche : susciter le débat afin de parvenir à une meilleure stratégie.

Sur ce dernier point précis, rappelons, avec Kabungu et Mpanzu Balwenga (2018)[8] que, « dans la littérature économique, l'évaluation de l'efficacité de la politique monétaire ne se réduit pas à l'observation de l'évolution du niveau général des prix car celle-ci peut avoir d'autres causes que les interventions de la banque centrale ». Il convient donc de s'interroger sur les canaux par lesquels la politique monétaire est supposée agir sur l'évolution des prix et sur les autres variables de l'économie réelle (production, consommation, investissement...). « De la connaissance de ces canaux dépendent le choix du régime de politique monétaire approprié, la détermination des objectifs ou cibles pertinents à poursuivre ainsi que les instruments à privilégier ».

Relancer les échanges sur le choix du régime monétaire compatible avec les mécanismes de transmission mis en évidence vaut donc tout son pesant d'or : alors que le régime en vigueur de la politique monétaire de la BCC reste officiellement le ciblage monétaire, certains travaux, dont notamment celui relatif à la règle de Taylor pour le cas de la BCC, ont identifié le taux de change comme la variable la plus déterminante de l'évolution de l'inflation à court terme. En outre, le débat sur la pertinence du choix du ciblage monétaire s'impose dans la mesure où la relation entre les agrégats monétaires et l'objectif final n'est pas stable en tout temps. Par ailleurs, dans la pratique, il est souvent relevé que la BCC évolue en réalité dans un régime de politique monétaire hybride, qui allie à la fois le ciblage monétaire, le ciblage du taux de change (intervention sur le marché des changes) et un semblant de ciblage d'inflation (la cible de base monétaire n'est pas toujours observée comme levier opérationnel dans la conduite de la politique monétaire). D'où la nécessité d'introduire une flexibilité dans la définition du régime monétaire.

[8] Communication personnelle [échange collectif], novembre 2018.

REFERENCES

[1], [8], [11] Kabungu, B. B. (2018). *Gouvernance de la Banque Centrale du Congo et performances économiques : enjeux et perspectives d'une indépendance de gestion*. Projet de recherche doctorale. Paris : Horizons University

[2], [3] Layouni, A. (2007). *Les mesures intermédiaires de la politique monétaire : rôle et implications*. Thèse de doctorat. Ecole Doctorale d'Economie et de Gestion. Lyon : Université Lumière Lyon 2, p. 37

[4] Svensson, L. E. O. (1998). Inflation Targeting as a Monetary Policy Rule. *NBER Working Paper Series*, N°6790

[5], [22], [56], [60] Mc Phail, K. (1999, Novembre). L'utilité de la monnaie au sens large pour la conduite de la politique monétaire. *Communication présentée au colloque de La monnaie, la politique monétaire et les mécanismes de transmission*. Banque du Canada

[6], [23], [57] Ndjokou, M. M. (2011). Monetary aggregates and price stability in the BEAC zone. *International Journal of Economics and Finance*, 3 (1),116-123

[7], [30], [37], [39], [48], [52], [53], [54], [55], [58], [59], [63], [66], [68] Lajnaf, R. (2014). La ''faillite'' du ciblage monétaire en Tunisie ?. *La Revue Gestion et Organisation*. (6), 84-92

[9], [12] Mishkin, F. (2007). *Monnaie, banque et marchés financiers* (8ème éd.). Paris : Nouveaux Horizons

[10] Larchevêque, F. et Testenoire, J-P. (2005), Les enjeux de l'indépendance des banques centrales. *Economie et Management*. N°114, 36-47

[13] Bordes, C. (2007). *La Politique Monétaire*. Paris : La Découverte

[14] Plihon, D. (2004). *La monnaie et ses mécanismes*. Paris : La Découverte (4ème éd.)

[15] Betbèze, J-P. (2016). *Les 100 mots de l'économie*. Paris : PUF, p. 67

[16] Lange, J. (1970). Essai sur l'efficacité de la politique monétaire. *Revue économique*. 21(6), p. 973

[17] Cateau, G. & Murchison, S. (2010). L'efficacité des règles de politique monétaire en présence d'incertitude. *Revue de la Banque du Canada*. Printemps 2010, p. 27

[18] Brand, T. (2008). Ciblage monétaire et ciblage d'inflation. *Regards croisés sur l'économie* 1(3), p. 231

[19] Mishkin, F. (2004). Can Inflation Targeting Work in Emerging Market Countries? *NBER Working Paper* 10646. Cambridge, Massachusetts : National Bureau of Economic Research

[20] Heenan, G., Peter, M. and Roger, S. (2006). Implementing Inflation Targeting: Institutional Arrangements, Target Design, and Communication. *IMF Working Paper* 06/278. Washington DC: International Monetary Fund

[21] Roger, S. (2010). Ciblage d'inflation : 20 ans déjà. *Finances et Développement*. FMI, 46-49

[24] Coppin, A. (1991). The role for openness in the demand for money: evidence from Barbados. *North American Review of Economics and Finance*, 2 (2), 167-172

[25] Ajimi, A. (1995). Applicabilité d'une politique d'inspiration monétariste au contexte tunisien. *Revue Tunisienne d'Economie et de Gestion*, 5 (14), 1329.

[26] Choudhry, T. (2002). Financial innovations and demand for united states M1 and M2 components. *International Economic Journal*, 16 (1), 73-93

[27] Wu C.S., Lin J.L., Tiao G.C. & Cho D.D. (2005). Is money demand in Taiwan stable?. *Economic Modelling* 22 (2), 327-346.

[28] Bordes, C., et Marimoutou, V. (2000). Les propriétés des agrégats monétaires stabilité et contenu en information – analyse du cas français (1978-1998) et enseignements pour la zone euro. In J. L. Gaffard, et M. Glais (dir.), *Monnaie, Croissance et Marchés – Essais en l'honneur de Jacques Le Bourva* (117-166). Paris : Economica

[29] Bordes, C., Clerc, L., & Marimoutou, V. (2007). Is there a structural break in equilibrium velocity in the euro area?. *Notes d'études et de Recherche* (Banque de France). n°165, 1-34)

[31], [49] Treichel, V. (1997). *Broad money demand and monetary policy in Tunisia*, International Monetary Fund, paper n°97/22

[32] Avouyi-Dovi, S., Diop, A., Fonteny, E. C., Gervais, E., Jacquinot, P., Mésonnier, J. S., et Sahuc, J. G. (2003). Estimation d'une fonction de demande de monnaie pour la zone euro : une synthèse des résultats. *Bulletin de la Banque de France*. 11, 47-72

[33] Salin, P. (1991). *Macroéconomie*. Paris : Presses Universitaires de France

[34] Hossain, A. A. (2010). Monetary targeting for price stability in Bangladesh: how stable is its money demand function and the linkage between money supply growth and inflation?. *Journal of Asian Economics*, 21 (6), 564-578.

[35] Dagher, J. & Kovanen, A. (2011).On the stability of money demand in Ghana: A bound testing approach, *International Monetary Funds*, paper n°11/273

[36] Kayembe wa Kayembe, J.-L. & Mutombo Mule Mule, G. (2013). Estimation de la règle de Taylor et mécanisme d'ajustement du taux d'intérêt directeur par la Banque Centrale du Congo. *Cahiers économiques et sociaux*. 30 (3-4), 6-53

[38], [50], [61] Boughrara, A. (2002, Octobre). The monetary policy of the central bank of Tunisia: an assessment. *Communication présentée à la 9ème conférence de The Economic Research Forum* (ERF). Emirats Arabes Unis, Sharjah.

[40], [51], [62] Boughrara, A. (2003, Juin). On the conduct of monetary policy in Tunisia: strengths, weakenesses and operational guidelines. *Communication présentée au colloque du Financial Instability and Regulation in Europe*. Royaume Uni, Birmingham

[41], [64] Moyal, S. L., et Massant, P. R. (2000). Les agrégats monétaires ont-ils toujours un rôle à jouer dans la conduite de la politique monétaire ? L'apport des indices monétaires de Divisia. *Economie Appliquée* (2), p. 91

[42], [65] Bordes, C., Mac Donald, G., et Driscoll, M. (1985). Le contenu en information des agrégats monétaires français. *Revue Economique*, 36 (6), 1169-1206.

[43], [67] Friedman Benjamin, M., & Kuttner, K. N. (1992). Money, income, prices and interest rates. *The American Economic Review*, 82 (3), 472-492

[44] Masangu Molongo, J.-C. (2013). Préface du cadre de référence de la politique monétaire de la Banque Centrale du Congo. In BCC, *Politique monétaire de la Banque Centrale du Congo : Cadre de référence* (pp. 3-6). Kinshasa : BCC, p. 5

[45] BCC (2013). *Politique monétaire de la Banque Centrale du Congo : Cadre de référence*. Kinshasa : Auteur, p. 72

[46], [47] Kayembe wa Kayembe, J.-L. (2013). Mise en œuvre de la politique monétaire par la BCC : Cadre de référence et application en 2013. *Présentation à l'UPC*. Kinshasa : BCC, p. 8

ANNEXE : DÉMARCHE ÉCONOMÉTRIQUE

1. Vérification de la stabilité de la demande de monnaie

1.1. Test de stationnarité (ADF)

1.1.1. Encaisses réelles

Null Hypothesis: ENCR has a unit root
Exogenous: Constant
Lag Length: 5 (Automatic - based on SIC, maxlag=13)

		t-Statistic	Prob.*
Augmented Dickey-Fuller test statistic		-2.167555	0.2191
Test critical values:	1% level	-3.474265	
	5% level	-2.880722	
	10% level	-2.577077	

*MacKinnon (1996) one-sided p-values.

Null Hypothesis: D(ENCR) has a unit root
Exogenous: Constant
Lag Length: 4 (Automatic - based on SIC, maxlag=13)

		t-Statistic	Prob.*
Augmented Dickey-Fuller test statistic		-11.55531	0.0000
Test critical values:	1% level	-3.474265	
	5% level	-2.880722	
	10% level	-2.577077	

*MacKinnon (1996) one-sided p-values.

1.1.2. Indice d'activité économique

Null Hypothesis: LIECO has a unit root
Exogenous: Constant
Lag Length: 1 (Automatic - based on SIC, maxlag=13)

		t-Statistic	Prob.*
Augmented Dickey-Fuller test statistic		-2.119872	0.2373
Test critical values:	1% level	-3.473096	
	5% level	-2.880211	
	10% level	-2.576805	

*MacKinnon (1996) one-sided p-values.

Null Hypothesis: D(LIECO) has a unit root
Exogenous: Constant
Lag Length: 0 (Automatic - based on SIC, maxlag=13)

		t-Statistic	Prob.*
Augmented Dickey-Fuller test statistic		-18.17358	0.0000
Test critical values:	1% level	-3.473096	

	5% level	-2.880211
	10% level	-2.576805

*MacKinnon (1996) one-sided p-values.

1.1.3. Taux d'intérêt créditeur en monnaie nationale

Null Hypothesis: TCMN has a unit root
Exogenous: Constant
Lag Length: 0 (Automatic - based on SIC, maxlag=13)

		t-Statistic	Prob.*
Augmented Dickey-Fuller test statistic		-2.043316	0.2682
Test critical values:	1% level	-3.472813	
	5% level	-2.880088	
	10% level	-2.576739	

*MacKinnon (1996) one-sided p-values.

Null Hypothesis: TCMN has a unit root
Exogenous: Constant, Linear Trend
Lag Length: 0 (Automatic - based on SIC, maxlag=13)

		t-Statistic	Prob.*
Augmented Dickey-Fuller test statistic		-3.959271	0.0120
Test critical values:	1% level	-4.018349	
	5% level	-3.439075	
	10% level	-3.143887	

*MacKinnon (1996) one-sided p-values.

Null Hypothesis: D(TCMN) has a unit root
Exogenous: Constant
Lag Length: 0 (Automatic - based on SIC, maxlag=13)

		t-Statistic	Prob.*
Augmented Dickey-Fuller test statistic		-11.94768	0.0000
Test critical values:	1% level	-3.473096	
	5% level	-2.880211	
	10% level	-2.576805	

*MacKinnon (1996) one-sided p-values.

1.1.4. Taux d'inflation

Null Hypothesis: TINF has a unit root
Exogenous: Constant
Lag Length: 5 (Automatic - based on SIC, maxlag=13)

		t-Statistic	Prob.*
Augmented Dickey-Fuller test statistic		-2.830507	0.0564
Test critical values:	1% level	-3.474265	

	5% level	-2.880722
	10% level	-2.577077

*MacKinnon (1996) one-sided p-values.

Null Hypothesis: D(TINF) has a unit root
Exogenous: Constant
Lag Length: 4 (Automatic - based on SIC, maxlag=13)

		t-Statistic	Prob.*
Augmented Dickey-Fuller test statistic		-11.50320	0.0000
Test critical values:	1% level	-3.474265	
	5% level	-2.880722	
	10% level	-2.577077	

*MacKinnon (1996) one-sided p-values.

1.1.5. Taux de change

Null Hypothesis: TCHF has a unit root
Exogenous: Constant
Lag Length: 1 (Automatic - based on SIC, maxlag=13)

		t-Statistic	Prob.*
Augmented Dickey-Fuller test statistic		1.458248	0.9992
Test critical values:	1% level	-3.473096	
	5% level	-2.880211	
	10% level	-2.576805	

*MacKinnon (1996) one-sided p-values.

Null Hypothesis: D(TCHF) has a unit root
Exogenous: Constant
Lag Length: 0 (Automatic - based on SIC, maxlag=13)

		t-Statistic	Prob.*
Augmented Dickey-Fuller test statistic		-8.183258	0.0000
Test critical values:	1% level	-3.473096	
	5% level	-2.880211	
	10% level	-2.576805	

*MacKinnon (1996) one-sided p-values.

1.2. Décalage optimal

VAR Lag Order Selection Criteria
Endogenous variables: ENCR LIECO TCMN TINF LTCHF
Exogenous variables: C
Date: 12/03/18 Time: 20:01
Sample: 2005M01 2017M12
Included observations: 152

Lag	LogL	LR	FPE	AIC	SC	HQ
0	-790.1468	NA	0.024067	10.46246	10.56193	10.50287
1	122.4762	1753.197	2.04e-07	-1.216791	-0.619973*	-0.974343
2	163.7315	76.53946*	1.65e-07*	-1.430677*	-0.336510	-0.986188*
3	175.8681	21.71819	1.96e-07	-1.261422	0.330094	-0.614893
4	196.0487	34.78497	2.10e-07	-1.198009	0.890856	-0.349440

* indicates lag order selected by the criterion
LR: sequential modified LR test statistic (each test at 5% level)
FPE: Final prediction error
AIC: Akaike information criterion
SC: Schwarz information criterion
HQ: Hannan-Quinn information criterion

1.3. Test de cointégration de Johansen

Date: 12/04/18 Time: 19:32
Sample (adjusted): 2005M03 2017M12
Included observations: 154 after adjustments
Trend assumption: Linear deterministic trend
Series: ENCR LIECO TCMN TINF LTCHF
Lags interval (in first differences): 1 to 1

Unrestricted Cointegration Rank Test (Trace)

Hypothesized No. of CE(s)	Eigenvalue	Trace Statistic	0.05 Critical Value	Prob.**
None *	0.385086	156.5206	69.81889	0.0000
At most 1 *	0.265103	81.63460	47.85613	0.0000
At most 2 *	0.156807	34.19881	29.79707	0.0146
At most 3	0.047513	7.932705	15.49471	0.4726
At most 4	0.002828	0.436141	3.841466	0.5090

Trace test indicates 3 cointegrating eqn(s) at the 0.05 level
* denotes rejection of the hypothesis at the 0.05 level
**MacKinnon-Haug-Michelis (1999) p-values

Unrestricted Cointegration Rank Test (Maximum Eigenvalue)

Hypothesized No. of CE(s)	Eigenvalue	Max-Eigen Statistic	0.05 Critical Value	Prob.**
None *	0.385086	74.88603	33.87687	0.0000
At most 1 *	0.265103	47.43579	27.58434	0.0000
At most 2 *	0.156807	26.26610	21.13162	0.0087
At most 3	0.047513	7.496565	14.26460	0.4322
At most 4	0.002828	0.436141	3.841466	0.5090

Max-eigenvalue test indicates 3 cointegrating eqn(s) at the 0.05 level
* denotes rejection of the hypothesis at the 0.05 level
**MacKinnon-Haug-Michelis (1999) p-values

1.4. Estimation de la relation de long terme et de court terme (VECM)

Vector Error Correction Estimates
Date: 12/04/18 Time: 19:39
Sample (adjusted): 2005M03 2017M12
Included observations: 154 after adjustments
Standard errors in ( ) & t-statistics in [ ]

Cointegrating Eq:	CointEq1
ENCR(-1)	1.000000
LIECO(-1)	0.276083 (0.48031) [0.57480]
TCMN(-1)	0.015125 (0.01599) [0.94617]
TINF(-1)	1.561085 (0.05771) [27.0509]
LTCHF(-1)	-2.801673 (0.45620) [-6.14139]
C	2.067294

Error Correction:	D(ENCR)	D(LIECO)	D(TCMN)	D(TINF)
CointEq1	-0.069618 (0.018351) [-3.793640]	-0.009191 (0.01449) [-0.63440]	-0.012721 (0.25440) [-0.05000]	-1.365399 (0.19009) [-7.18289]
D(ENCR(-1))	-0.308799 (4.43209) [-0.06967]	0.278000 (0.33906) [0.81992]	5.431939 (5.95352) [0.91239]	0.039692 (4.44850) [0.00892]
D(LIECO(-1))	-0.217156 (0.99770) [-0.21766]	-0.377674 (0.07632) [-4.94830]	0.116080 (1.34018) [0.08662]	0.222936 (1.00139) [0.22263]
D(TCMN(-1))	-0.083743 (0.05895) [-1.42064]	0.002813 (0.00451) [0.62379]	0.048121 (0.07918) [0.60773]	0.084754 (0.05917) [1.43250]
D(TINF(-1))	-0.307768 (4.43952) [-0.06932]	0.281116 (0.33962) [0.82773]	5.401113 (5.96350) [0.90569]	0.037632 (4.45596) [0.00845]
D(LTCHF(-1))	-18.24015 (7.20251) [-2.53247]	-0.627384 (0.55099) [-1.13864]	38.51947 (9.67495) [3.98136]	18.80197 (7.22917) [2.60085]
C	0.186856	0.005785	-0.516695	-0.162764

	(0.19708) [0.94810]	(0.01508) [0.38371]	(0.26474) [-1.95171]	(0.19781) [-0.82281]
R-squared	0.325435	0.157440	0.170659	0.323142
Adj. R-squared	0.297901	0.123050	0.136808	0.295515
Sum sq. resids	612.6060	3.585159	1105.381	617.1501
S.E. equation	2.041418	0.156169	2.742188	2.048975
F-statistic	11.81968	4.578058	5.041524	11.69667
Log likelihood	-324.8358	71.01500	-370.2830	-325.4048
Akaike AIC	4.309556	-0.831364	4.899779	4.316946
Schwarz SC	4.447599	-0.693320	5.037822	4.454989
Mean dependent	0.039153	0.004910	-0.087338	-0.016753
S.D. dependent	2.436312	0.166766	2.951506	2.441187

Determinant resid covariance (dof adj.)	4.75E-07
Determinant resid covariance	3.76E-07
Log likelihood	46.47995
Akaike information criterion	-0.084155
Schwarz criterion	0.704664

1.5. Test de stabilité du modèle : Inverse Roots of AR Characteristic Polynimial (cf. texte)

1.6. Test de Ljung-Box

Roots of Characteristic Polynomial
Endogenous variables: ENCR LIECO TCMN TINF LTCHF
Exogenous variables:
Lag specification: 1 1
Date: 12/06/18 Time: 19:21

Root	Modulus
1.000000	1.000000
1.000000	1.000000
1.000000 - 9.93e-16i	1.000000
1.000000 + 9.93e-16i	1.000000
0.486014	0.486014
-0.416164	0.416164
-0.258973	0.258973
0.075484 - 0.236699i	0.248443
0.075484 + 0.236699i	0.248443
-0.140288	0.140288

VEC specification imposes 4 unit root(s).

Date: 12/04/18 Time: 19:51
Sample: 2005M01 2017M12
Included observations: 154

Autocorrelation	Partial Correlation		AC	PAC	Q-Stat	Prob
.|. |	.|. |	1	-0.017	-0.017	0.0437	0.834
.|. |	.|. |	2	-0.006	-0.006	0.0488	0.976
.|. |	.|. |	3	0.000	0.000	0.0488	0.997
*|. |	*|. |	4	-0.076	-0.076	0.9832	0.912
.|. |	.|. |	5	-0.047	-0.050	1.3442	0.930
.|* |	.|* |	6	0.198	0.197	7.7099	0.260
.|* |	.|* |	7	0.176	0.191	12.799	0.077

.|. |	.|. |	8	0.034	0.041	12.987	0.112
.|. |	.|. |	9	0.057	0.054	13.532	0.140
.|. |	.|. |	10	0.000	0.034	13.532	0.195
*|. |	*|. |	11	-0.116	-0.076	15.812	0.148
.|. |	.|. |	12	-0.015	-0.047	15.849	0.198
.|. |	*|. |	13	-0.024	-0.098	15.950	0.252
.|. |	.|. |	14	0.008	-0.045	15.962	0.316
.|. |	*|. |	15	-0.012	-0.070	15.986	0.383
.|. |	.|. |	16	0.005	-0.043	15.991	0.454
.|. |	.|. |	17	-0.040	-0.026	16.271	0.505
.|. |	.|. |	18	-0.023	0.014	16.362	0.567
.|. |	.|. |	19	-0.024	0.015	16.462	0.626
.|. |	.|. |	20	-0.006	0.038	16.468	0.687
.|. |	.|. |	21	-0.015	0.021	16.509	0.740
.|. |	.|. |	22	-0.008	0.016	16.520	0.789
.|. |	.|. |	23	0.003	0.025	16.522	0.832
.|. |	.|. |	24	-0.055	-0.050	17.073	0.846
.|. |	.|. |	25	-0.052	-0.063	17.568	0.860
.|. |	.|. |	26	0.033	0.014	17.772	0.884
.|. |	.|. |	27	0.019	0.014	17.838	0.908
.|. |	.|. |	28	0.030	0.020	18.013	0.926
.|. |	.|. |	29	0.022	0.010	18.106	0.942
.|. |	.|. |	30	0.005	0.026	18.111	0.957
.|. |	.|. |	31	-0.026	0.026	18.246	0.966
.|. |	.|. |	32	-0.059	-0.051	18.932	0.967
.|. |	.|. |	33	0.016	0.001	18.983	0.976
.|. |	.|. |	34	0.009	-0.004	19.000	0.982
.|. |	.|. |	35	0.023	-0.011	19.107	0.987
.|. |	.|. |	36	0.041	0.001	**19.454**	**0.989**

Date: 12/04/18 Time: 19:53
Sample: 2005M01 2017M12
Included observations: 154

Autocorrelation	Partial Correlation		AC	PAC	Q-Stat	Prob
.|. |	.|. |	1	-0.058	-0.058	0.5277	0.468
.|. |	.|. |	2	-0.043	-0.046	0.8145	0.665
.|. |	.|. |	3	0.067	0.062	1.5224	0.677
**|. |	**|. |	4	-0.251	-0.248	11.641	0.020
*|. |	*|. |	5	-0.081	-0.108	12.708	0.026
.|. |	.|. |	6	0.047	0.010	13.065	0.042
.|. |	.|* |	7	0.073	0.104	13.924	0.053
.|. |	.|. |	8	0.055	0.018	14.424	0.071
*|. |	*|. |	9	-0.089	-0.141	15.732	0.073
.|. |	.|. |	10	0.067	0.056	16.472	0.087
.|. |	.|* |	11	0.029	0.087	16.611	0.120
.|. |	.|. |	12	-0.053	0.006	17.086	0.146
.|. |	.|. |	13	0.042	-0.030	17.386	0.182
.|. |	.|. |	14	-0.028	-0.041	17.518	0.230
*|. |	*|. |	15	-0.126	-0.089	20.244	0.163
.|. |	.|. |	16	0.029	0.030	20.395	0.203
.|. |	.|. |	17	-0.032	-0.044	20.580	0.246
.|. |	.|. |	18	0.006	-0.025	20.587	0.301
.|* |	.|* |	19	0.141	0.099	24.122	0.192

.|. |	.|. |	20	-0.017	0.002	24.173	0.235
.|. |	.|. |	21	0.001	-0.005	24.174	0.285
*|. |	*|. |	22	-0.083	-0.101	25.438	0.277
.|. |	.|. |	23	-0.007	0.052	25.446	0.328
.|. |	.|. |	24	0.030	0.047	25.611	0.373
.|. |	.|. |	25	-0.012	0.012	25.638	0.427
.|. |	.|. |	26	0.060	-0.018	26.316	0.446
.|. |	.|. |	27	-0.023	-0.048	26.420	0.495
.|. |	.|. |	28	-0.057	0.005	27.040	0.516
.|. |	.|. |	29	-0.040	-0.057	27.347	0.553
.|. |	*|. |	30	-0.045	-0.068	27.741	0.584
.|. |	.|. |	31	0.054	0.023	28.307	0.605
.|. |	.|. |	32	0.022	0.023	28.405	0.649
.|. |	.|. |	33	-0.022	-0.033	28.504	0.691
.|. |	.|. |	34	0.013	-0.020	28.541	0.732
*|. |	*|. |	35	-0.076	-0.070	29.699	0.722
.|. |	.|. |	36	-0.007	0.028	**29.709**	**0.761**

Date: 12/04/18 Time: 19:54
Sample: 2005M01 2017M12
Included observations: 154

Autocorrelation	Partial Correlation		AC	PAC	Q-Stat	Prob
.|. |	.|. |	1	-0.017	-0.017	0.0477	0.827
.|. |	.|. |	2	-0.007	-0.007	0.0547	0.973
.|. |	.|. |	3	0.000	-0.000	0.0547	0.997
*|. |	*|. |	4	-0.076	-0.076	0.9837	0.912
.|. |	.|. |	5	-0.048	-0.051	1.3629	0.928
.|* |	.|* |	6	0.198	0.197	7.7378	0.258
.|* |	.|* |	7	0.174	0.189	12.708	0.080
.|. |	.|. |	8	0.035	0.043	12.912	0.115
.|. |	.|. |	9	0.059	0.056	13.488	0.142
.|. |	.|. |	10	-0.001	0.032	13.488	0.198
*|. |	*|. |	11	-0.117	-0.076	15.784	0.149
.|. |	.|. |	12	-0.012	-0.043	15.809	0.200
.|. |	*|. |	13	-0.025	-0.097	15.914	0.254
.|. |	.|. |	14	0.008	-0.046	15.924	0.318
.|. |	*|. |	15	-0.009	-0.067	15.937	0.386
.|. |	.|. |	16	0.004	-0.044	15.939	0.457
.|. |	.|. |	17	-0.041	-0.026	16.228	0.508
.|. |	.|. |	18	-0.021	0.015	16.303	0.571
.|. |	.|. |	19	-0.025	0.013	16.413	0.630
.|. |	.|. |	20	-0.006	0.039	16.418	0.690
.|. |	.|. |	21	-0.013	0.022	16.447	0.744
.|. |	.|. |	22	-0.008	0.015	16.459	0.792
.|. |	.|. |	23	0.003	0.027	16.461	0.835
.|. |	.|. |	24	-0.052	-0.048	16.969	0.850
.|. |	.|. |	25	-0.053	-0.063	17.485	0.863
.|. |	.|. |	26	0.032	0.014	17.680	0.887
.|. |	.|. |	27	0.019	0.013	17.747	0.911
.|. |	.|. |	28	0.031	0.020	17.927	0.928
.|. |	.|. |	29	0.022	0.010	18.020	0.944
.|. |	.|. |	30	0.006	0.025	18.027	0.958
.|. |	.|. |	31	-0.028	0.024	18.176	0.967
.|. |	.|. |	32	-0.059	-0.051	18.855	0.968
.|. |	.|. |	33	0.014	-0.000	18.895	0.977

.|. |	.|. |	34	0.009	-0.004	18.911	0.983
.|. |	.|. |	35	0.023	-0.011	19.016	0.987
.|. |	.|. |	36	0.043	0.004	**19.396**	**0.989**

Date: 12/04/18 Time: 19:54
Sample: 2005M01 2017M12
Included observations: 154

Autocorrelation	Partial Correlation		AC	PAC	Q-Stat	Prob
.|. |	.|. |	1	-0.003	-0.003	0.0014	0.970
.|. |	.|. |	2	0.067	0.067	0.7083	0.702
.|. |	.|. |	3	0.003	0.004	0.7099	0.871
.|. |	.|. |	4	0.031	0.027	0.8642	0.930
.|. |	.|. |	5	0.029	0.029	1.0045	0.962
.|* |	.|* |	6	0.114	0.111	3.1106	0.795
.|. |	.|. |	7	0.018	0.015	3.1613	0.870
.|. |	.|. |	8	0.010	-0.005	3.1794	0.923
.|. |	.|. |	9	0.007	0.003	3.1871	0.956
.|. |	.|. |	10	0.004	-0.003	3.1901	0.977
.|. |	.|. |	11	0.022	0.014	3.2696	0.987
.|* |	.|. |	12	0.078	0.066	4.3089	0.977
.|. |	.|. |	13	-0.057	-0.064	4.8710	0.978
.|. |	.|. |	14	0.032	0.021	5.0413	0.985
.|. |	.|. |	15	-0.041	-0.037	5.3368	0.989
*|. |	*|. |	16	-0.102	-0.114	7.1632	0.970
.|. |	.|. |	17	-0.060	-0.064	7.7954	0.971
.|* |	.|* |	18	0.171	0.177	12.973	0.793
.|. |	.|. |	19	-0.060	-0.042	13.613	0.806
*|. |	*|. |	20	-0.129	-0.162	16.592	0.679
.|. |	.|. |	21	-0.010	0.016	16.609	0.735
*|. |	*|. |	22	-0.128	-0.092	19.593	0.608
.|* |	.|* |	23	0.172	0.193	25.015	0.350
.|. |	.|. |	24	0.032	0.026	25.205	0.395
.|. |	.|. |	25	0.009	-0.002	25.220	0.450
.|. |	.|. |	26	-0.028	-0.006	25.367	0.498
.|. |	.|. |	27	-0.058	-0.052	25.997	0.519
.|. |	.|. |	28	-0.032	-0.004	26.196	0.562
.|. |	.|. |	29	0.021	-0.010	26.283	0.610
.|* |	.|* |	30	0.124	0.118	29.239	0.505
*|. |	.|. |	31	-0.072	-0.057	30.243	0.505
*|. |	*|. |	32	-0.102	-0.158	32.308	0.452
.|. |	.|. |	33	-0.016	-0.012	32.359	0.499
.|. |	.|* |	34	0.012	0.096	32.386	0.547
.|. |	.|. |	35	-0.008	-0.036	32.400	0.594
.|. |	.|. |	36	0.033	-0.037	**32.624**	**0.630**

2. Vérification de la contrôlabilité des agrégats monétaires

2.1. Test de causalité

Pairwise Granger Causality Tests
Date: 12/04/18 Time: 20:23
Sample: 2005M01 2017M12
Lags: 1

Null Hypothesis:	Obs	F-Statistic	Prob.
DLBMSL does not Granger Cause DLMPRO	154	0.00053	0.9816
DLMPRO does not Granger Cause DLBMSL		1.94078	0.1656
DTDIR does not Granger Cause DLMPRO	154	3.53635	0.0620
DLMPRO does not Granger Cause DTDIR		2.75279	0.0992
DTDIR does not Granger Cause DLBMSL	154	0.00606	0.9381
DLBMSL does not Granger Cause DTDIR		0.01408	0.9057

2.2. Test de corrélation

	MPRO	BMSL
MPRO	1	0.9942475306625429
BMSL	0.9942475306625429	1

	MPRO	TDIR
MPRO	1	-0.5793949624172484
TDIR	-0.5793949624172484	1

	BMSL	TDIR
BMSL	1	-0.5815166436876911
TDIR	-0.5815166436876911	1

Date: 12/06/18 Time: 16:40
Sample (adjusted): 2005M03 2017M12
Included observations: 154 after adjustments
Trend assumption: Linear deterministic trend
Series: LMPRO LBMSL
Lags interval (in first differences): 1 to 1

Unrestricted Cointegration Rank Test (Trace)

Hypothesized No. of CE(s)	Eigenvalue	Trace Statistic	0.05 Critical Value	Prob.**
None *	0.093217	17.62776	15.49471	0.0235
At most 1	0.016476	2.558509	3.841466	0.1097

Trace test indicates 1 cointegrating eqn(s) at the 0.05 level
* denotes rejection of the hypothesis at the 0.05 level
**MacKinnon-Haug-Michelis (1999) p-values

Unrestricted Cointegration Rank Test (Maximum Eigenvalue)

Hypothesized No. of CE(s)	Eigenvalue	Max-Eigen Statistic	0.05 Critical Value	Prob.**
None *	0.093217	15.06925	14.26460	0.0372
At most 1	0.016476	2.558509	3.841466	0.1097

Max-eigenvalue test indicates 1 cointegrating eqn(s) at the 0.05 level
* denotes rejection of the hypothesis at the 0.05 level
**MacKinnon-Haug-Michelis (1999) p-values

Dependent Variable: LMPRO
Method: Least Squares

Date: 12/06/18 Time: 16:43
Sample: 2005M01 2017M12
Included observations: 156

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C	-2.287698	0.109193	-20.95099	0.0000
LBMSL	1.259012	0.008274	152.1595	0.0000

R-squared	0.993392	Mean dependent var	14.29654
Adjusted R-squared	0.993349	S.D. dependent var	1.012682
S.E. of regression	0.082585	Akaike info criterion	-2.137244
Sum squared resid	1.050319	Schwarz criterion	-2.098143
Log likelihood	168.7050	Hannan-Quinn criter.	-2.121363
F-statistic	23152.50	Durbin-Watson stat	0.641581
Prob(F-statistic)	0.000000		

Null Hypothesis: U has a unit root
Exogenous: Constant
Lag Length: 1 (Automatic - based on SIC, maxlag=13)

		t-Statistic	Prob.*
Augmented Dickey-Fuller test statistic		-3.713425	0.0048
Test critical values:	1% level	-3.473096	
	5% level	-2.880211	
	10% level	-2.576805	

*MacKinnon (1996) one-sided p-values.

Dependent Variable: DLMPRO
Method: Least Squares
Date: 12/06/18 Time: 16:45
Sample (adjusted): 2005M02 2017M12
Included observations: 155 after adjustments

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C	0.017470	0.003107	5.622044	0.0000
DLBMSL	0.306438	0.058333	5.253279	0.0000
U(-1)	-0.146941	0.037439	-3.924783	0.0001

R-squared	0.181100	Mean dependent var	0.022816
Adjusted R-squared	0.170325	S.D. dependent var	0.040104
S.E. of regression	0.036529	Akaike info criterion	-3.762247
Sum squared resid	0.202826	Schwarz criterion	-3.703342
Log likelihood	294.5741	Hannan-Quinn criter.	-3.738321
F-statistic	16.80738	Durbin-Watson stat	2.206795
Prob(F-statistic)	0.000000		

3. Vérification du contenu en information des agrégats monétaires

3.1. Test de causalité

Pairwise Granger Causality Tests
Date: 12/04/18 Time: 20:52

Sample: 2005M01 2017M12
Lags: 1

Null Hypothesis:	Obs	F-Statistic	Prob.
DLIECO does not Granger Cause DTINF	154	0.32214	0.5712
DTINF does not Granger Cause DLIECO		0.50091	0.4802
DTCMN does not Granger Cause DTINF	154	0.09941	0.7530
DTINF does not Granger Cause DTCMN		6.17589	0.0140
DLMPRO does not Granger Cause DTINF	154	1.68222	0.1966
DTINF does not Granger Cause DLMPRO		3.37036	0.0683
DTCMN does not Granger Cause DLIECO	154	0.48219	0.4885
DLIECO does not Granger Cause DTCMN		0.13744	0.7114
DLMPRO does not Granger Cause DLIECO	154	0.10484	0.7465
DLIECO does not Granger Cause DLMPRO		0.00296	0.9567
DLMPRO does not Granger Cause DTCMN	154	5.72553	0.0179
DTCMN does not Granger Cause DLMPRO		0.24851	0.6188

3.2. Coefficients du vecteur à correction d'erreur

Vector Error Correction Estimates
Date: 12/05/18 Time: 09:25
Sample (adjusted): 2005M03 2017M12
Included observations: 154 after adjustments
Standard errors in ( ) & t-statistics in [ ]

Cointegrating Eq:	CointEq1
LMPRO(-1)	1.000000
LIECO(-1)	-2.031391 (0.49640) [-4.09222]
TINF(-1)	-0.566517 (0.06391) [-8.86396]
TCMN(-1)	0.047561 (0.01934) [2.45979]
C	-3.808661

Error Correction:	D(LMPRO)	D(LIECO)	D(TINF)	D(TCMN)
CointEq1	-0.010348 (0.00298) [-3.47205]	0.027725 (0.01207) [2.29659]	0.945625 (0.16865) [5.60717]	-0.567845 (0.22201) [-2.55779]
D(LMPRO(-1))	-0.255001 (0.08238) [-3.09530]	0.339637 (0.33371) [1.01777]	2.014077 (4.66174) [0.43204]	7.272351 (6.13673) [1.18505]

D(LIECO(-1))	-0.002740	-0.355848	1.121760	-0.368590
	(0.01868)	(0.07568)	(1.05721)	(1.39172)
	[-0.14666]	[-4.70204]	[1.06106]	[-0.26485]
D(TINF(-1))	-0.000379	0.004803	0.022908	0.042739
	(0.00157)	(0.00637)	(0.08903)	(0.11720)
	[-0.24121]	[0.75371]	[0.25732]	[0.36468]
D(TCMN(-1))	0.000616	0.003270	0.026673	0.023082
	(0.00108)	(0.00437)	(0.06106)	(0.08038)
	[0.57089]	[0.74806]	[0.43684]	[0.28717]
C	0.028282	-0.000692	-0.066309	-0.249308
	(0.00361)	(0.01464)	(0.20446)	(0.26916)
	[7.82716]	[-0.04725]	[-0.32431]	[-0.92626]
R-squared	0.117896	0.171654	0.245611	0.105688
Adj. R-squared	0.088095	0.143670	0.220125	0.075475
Sum sq. resids	0.214819	3.524677	687.8417	1191.976
S.E. equation	0.038098	0.154322	2.155824	2.837938
F-statistic	3.956117	6.133873	9.637073	3.498082
Log likelihood	287.7517	72.32508	-333.7552	-376.0905
Akaike AIC	-3.659113	-0.861365	4.412405	4.962214
Schwarz SC	-3.540791	-0.743042	4.530728	5.080537
Mean dependent	0.022399	0.004910	-0.016753	-0.087338
S.D. dependent	0.039896	0.166766	2.441187	2.951506
Determinant resid covariance (dof adj.)		0.001113		
Determinant resid covariance		0.000949		
Log likelihood		-338.1636		
Akaike information criterion		4.755372		
Schwarz criterion		5.307545		

3.3. Décomposition de la variance du VECM (cf. texte)

International Journal of Innovation and Applied Studies
ISSN 2028-9324 Vol. 27 No. 1 Aug. 2019, pp. 235-244
© 2019 Innovative Space of Scientific Research Journals
http://www.ijias.issr-journals.org/

Pratiques pédagogiques des enseignants d'histoire-géographie et oubli chez les apprenants

[Teaching Practices of History-Geography Teachers and Forgetting the Learners]

Ati-Mola TCHASSAMA and Abouboukari BODI

Ecole Normale Supérieure (ENS) d'Atakpamé, Togo

Copyright © 2019 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 work aims to relate teaching practices and forgetting in school activities. In fact, many learners are confronted with the phenomenon of forgetfulness that puts them in a situation of academic failure. We believe that forgetting in a learning situation depends on the teaching practices of the teachers. A survey was conducted among 15 History-Geography teachers and 150 of their students from the General Education Colleges of Kara commune. These were submitted to a classroom observation grid and a semi-directive interview guide. These results show that students retain their lessons better with teachers whose pedagogical practices are adapted.

KEYWORDS: Teaching practices, learning, memory, forgetting.

RÉSUMÉ: Le présent travail vise à mettre en relation les pratiques pédagogiques et l'oubli dans les apprentissages scolaires. En effet, plusieurs apprenants sont confrontés au phénomène d'oubli qui les met dans la situation d'échec scolaire. Nous pensons que l'oubli dépend des pratiques pédagogiques des enseignants. Une enquête a été menée auprès de 15 enseignants d'histoire-Géographie et 150 de leurs apprenants des Collèges d'Enseignement Général de la commune de Kara. Ceux-ci ont été soumis à une grille d'observation en classe et à un guide d'entretien semi-directif. Il ressort de ces résultats que les étudiants retiennent mieux leurs leçons avec des enseignants dont les pratiques pédagogiques sont adaptées.

MOTS-CLEFS: Pratiques pédagogiques, apprentissage, mémoire, oubli.

1 INTRODUCTION

On dit qu'il y a apprentissage lorsqu'un organisme, placé plusieurs fois dans une même situation, modifie sa conduite de façon systématique et relativement durable (Reuchlin, 1977). Cette définition implique qu'il y ait acquisition d'une réponse et maintien de celle-ci une fois qu'elle ait été intégrée au répertoire comportemental de l'organisme. Apprendre n'a de sens que lorsque ce qui est appris demeure effectivement chez l'apprenant en vue de sa réutilisation. Malheureusement, plusieurs apprenants oublient partiellement ou totalement ce qu'ils ont appris. Les psychopédagogues ont indexé plusieurs facteurs responsables de l'oubli en apprentissage. Il s'agit des facteurs individuels liés à la mémoire humaine et ceux qui relèvent des pratiques pédagogiques des enseignants en situation de classe. D'après Underwood (1957), au sens large, la mémoire peut être identifiée à tout phénomène biologique, psychologique ou social qui se conserve à travers le temps. Sur le plan biologique, le système immunitaire d'un organisme se souvient des propriétés d'une bactérie qui a dans le passé, agressé cet organisme, et conserve la parade lui permettant de défendre celui-ci en cas de nouvelle attaque de cette bactérie. Sur le plan social, la mémoire au sens large est l'ensemble des institutions qui conserve les acquis de cette société. Sur le plan psychologique, la mémoire, au sens Piagetien, est l'ensemble des schèmes acquis et conservés dans un système supportée par le cerveau. Nous approuvons que la mémoire humaine est un vaste domaine qui reste à explorer. C'est pourquoi le travail prend en compte la

Corresponding Author: Ati-Mola TCHASSAMA

mémoire sur le plan psychologique. Le but de la présente étude est d'étudier le lien entre les pratiques pédagogiques des enseignants et l'oubli des apprentissages scolaires chez les élèves.

2 PROBLÉMATIQUE

L'oubli en apprentissage, est l'incapacité d'un individu de se rappeler ce qu'il a appris. Il peut ne pas pouvoir le reconnaître, l'évoquer ou le reconstruire. C'est l'incapacité de notre cerveau à retenir l'information pour l'utiliser plus tard. En situation d'apprentissage, La consolidation des informations permet de les stocker durablement, de constituer des souvenirs des connaissances apprises réutilisables très longtemps après. La mémoire joue un rôle prégnant dans la qualité des apprentissages scolaires. D'après Claparède (1911), elle n'est pas un système unitaire, mais un système beaucoup plus complexe composé de plusieurs sous-systèmes qui peuvent être affectés et conditionner l'apprentissage des élèves. La mémoire est ainsi considérée aujourd'hui comme une fonction cognitive complexe et deux principales approches ont été proposées pour son étude (La Corte et al., 2012). Il s'agit de : l'approche fonctionnelle et l'approche structurale. Les théories fonctionnelles s'intéressent aux différents processus sous-jacents à la mémorisation de l'information. Ces théories, basées principalement sur des travaux de la psychologie cognitive et d'intelligence artificielle, prévoient qu'un seul système de mémoire est suffisant pour rendre compte des mécanismes mnésiques. L'approche structurale considère que la mémoire est composée de systèmes multiples dépendants des régions cérébrales différentes. Un système de mémoire est un dispositif de traitement naturel ou artificiel qui présente la caractéristique de pouvoir coder l'information extraite de son expérience avec l'environnement, de la stocker, puis de la récupérer et de l'utiliser dans les opérations qu'il effectue ou les actions qu'il mène sur le monde (Nicolas, 2000). Nous analysons le phénomène d'oubli suivant les deux approches en considérant la mémoire comme le cerveau dans sa globalité et les différentes aires qui la composent. Schacter et Tulving (1994) ont proposé une classification qui comprend cinq principaux systèmes de mémoire : la mémoire procédurale, le système de représentation perceptive, la mémoire sémantique, la mémoire épisodique et la mémoire à court terme.

La mémoire procédurale (également appelée mémoire non déclarative implicite) regroupe les connaissances qui sont actives au cours d'activités perceptivomotrices et cognitives (savoir-faire). Ce type de mémoire est non accessible à la conscience.

Le système de représentation perceptive est un système important pour l'identification des mots et des objets. Il renvoie à un ensemble de sous-systèmes traitant et représentant l'information relative à la forme et à la structure, mais non à la signification des mots ou des objets (Schacter & Tulving, 1994). Ce système est composé de trois sous-systèmes : le système de la forme visuelle des mots (capables de lire des mots, même irréguliers), le système de la description structurale des objets et le système de la forme auditive des mots (capacité à discriminer et à comprendre les phonèmes du langage parlé).

La mémoire sémantique **:** Elle est une mémoire déclarative explicite. Elle est impliquée dans le langage et dans la connaissance du monde en général, sans référence nécessaire aux conditions d'acquisition. Autrement dit, elle est considérée comme faisant référence au langage et les connaissances que nous possédons du monde qui nous entoure.

La mémoire épisodique est une mémoire déclarative explicite : Elle concerne des événements personnellement vécus, situés dans leur contexte spatio-temporel d'acquisition. La mémoire épisodique est un système qui reçoit et emmagasine l'information concernant les épisodes ou des évènements temporellement datés, les événements de la vie, au même titre que les relations spatio-temporelles qui les unissent. Ce système est nécessaire à la récupération d'événements spécifiques. Les tâches de mémoires épisodiques recouvrent le souvenir d'événements s'étant déroulés plusieurs jours en arrière, d'objets vus quelques minutes auparavant, d'achats que l'on a faits la veille.

Cette étude s'intéresse au système de représentation perceptive et au fonctionnement de la mémoire épisodique, une mémoire déclarative explicite. Dans la situation d'apprentissage, il est impérieux qu'un apprenant puisse identifier les mots, les objets ou les informations intériorisées. Il s'agit d'un traitement des informations relatives à la forme et à la structure, mais non à la signification des mots ou des objets (Schacter & Tulving, 1994). La mémoire épisodique recouvre le souvenir d'événements dans leur contexte même s'ils s'étaient déroulés plusieurs jours avant. Ainsi, on peut avoir des apprenants qui apprennent mieux par une mémoire visuelle à travers des prises de notes, des schémas, des images, des films (cas des apprenants visuels) ou écouter en lisant (apprenants auditifs) ou bouger, manipuler, ressentir pour mémoriser, en te déplaçant dans ta chambre et en mimant, réaliser des expériences, apprendre par des maquettes, des jeux éducatifs (apprenants kinesthésiques). Cela ne peut être possible que sous l'interaction entre la mémoire à court terme et la mémoire à long terme. La mémoire à court terme est une mémoire de capacité limitée englobant l'analyse de l'information sensorielle au niveau des aires cérébrales spécifiques (visuelles, auditives, etc.) et sa reproduction immédiate pendant un temps de rémanence très bref, de l'ordre d'une à deux minutes. Cette duplication, sur le champ, des informations concerne un nombre restreint d'éléments qui définissent l'empan. Sa fonction est de permettre un stockage temporel et en même temps d'effectuer un certain nombre

de traitements. Elle est comparée à la mémoire instantanée ou sensorielle qui ne dure que quelques fractions de secondes et concerne toutes les informations perçues par nos sens (visuelles, auditives, cutanées, etc). Une partie de la mémoire à court terme correspond à la mémoire de travail qui permet de réaliser des manipulations cognitives sur des informations maintenues temporairement. C'est un système de mémoire transitoire impliquant simultanément les opérations de stockage et les opérations de traitement (garder présentes à l'esprit les informations nécessaires pour raisonner, comprendre une phrase ou la construire, calculer de tête). En ce qui concerne le stockage, les informations arrivent tout d'abord dans l'administrateur normal. Celui-ci sélectionne les informations, coordonne et contrôle les opérations de traitement des systèmes. Par le traitement, les informations passent de la mémoire à court terme à la mémoire à long terme grâce à la mémoire de travail qui est de courte durée. L'information est simplement maintenue quelques secondes pour permettre la manipulation des données nécessaires à la réalisation de la tâche en cours. Le traitement qu'elle effectue consiste à maintenir l'information disponible le plus longtemps possible sous forme de révision mentale et permettre la liaison avec les informations de la mémoire à long terme. La mémoire à long terme (MLT) est définie comme un système à capacité indéfinie, théoriquement illimitée, dans lequel l'information est détenue de façon durable. La mémoire à long terme possède elle même trois mémoires majeures : la mémoire épisodique, la mémoire sémantique, et la mémoire déclarative. Les deux premières sont deux sous mémoires de la mémoire déclarative. La consolidation des informations permet de les stocker durablement, de constituer des souvenirs, des apprentissages réutilisables très longtemps après. Pour que les informations passent de la mémoire à court terme à la mémoire à long terme par la mémoire du travail, il faut que l'encodage soit approfondi, ou que l'information soit répétée. Il faut aussi que le sujet montre une valeur affective à celle-ci. On peut comprendre pourquoi les apprenants ne mémorisent pas toutes les informations de la même manière. Nous nous intéressons au phénomène de l'oubli dans le processus de la mémorisation qui implique la mémoire à court terme et la mémoire à long terme en situation d'enseignement/apprentissage. Cela s'explique par le fait que l'oubli semble, lorsqu'il n'est pas le résultat de lésions neurologiques, être provoqué par le processus mental qui lie la mémoire à court terme et la mémoire à long terme et des interférences. Ainsi, d'après La Corte et al. (2012) et Gaonac'h et Golder (1995), pour qu'il ait une véritable mémorisation dans la mémoire à long terme, les étapes suivantes doivent être respectées.

L'encodage : il correspond au traitement de l'information pour en faire un véritable souvenir. Cela permet de donner un sens à l'information. Celle-ci est traitée en lui appliquant une date, un lieu de déroulement : c'est l'indexation**.** Elle peut aussi être combinée à d'autres : c'est l'association d'idées. Enfin elle peut aussi être associée avec divers indices comme la forme d'un objet, sa couleur : c'est l'indiçage. La stimulation sensorielle devient un courant électrique. Par exemple, votre bouche capte un goût par les papilles gustatives, ce qui stimule les nerfs en contact, qui envoient alors un courant électrique au cerveau puis à la mémoire.

Le stockage : il s'agit du rangement de l'information dans la zone appropriée du cerveau. Certains facteurs peuvent modifier cette conservation de l'information, notamment, plus la charge affective est importante plus le stockage sera durable. A l'inverse, des traitements médicamenteux peuvent altérer ce processus de stockage. Le temps de stockage reste illimité à moins de ne pas réutiliser ces informations régulièrement. Exemple : si l'on parle fréquemment anglais, on s'en souvient facilement, or si l'on ne le parle pas couramment, on l'oublie très facilement. Mais ce stockage obéit à des règles. Il y a un stockage de court terme constitué d'informations enregistrées récemment volontairement ou involontairement. Cette information peut se vider très vite pour laisser la place aux nouvelles informations qui arrivent. Ainsi un cours suivi le matin même laisse encore des souvenirs dans la mémoire de court terme le soir, mais dès le lendemain, les nouveaux cours vont prendre sa place dans la mémoire de court terme. Pour pouvoir la garder en mémoire, il faut qu'il y ait un premier apprentissage dans les heures qui suivent la séance du cours. Ce cours peut alors passer dans la mémoire de long terme. Le stockage de long terme a une capacité beaucoup plus importante. On peut y placer bien des souvenirs et connaissances à condition de bien les coder et les organiser pour pouvoir les retrouver.

La consolidation : Pour ne pas être oubliée, une information doit être consolidée. La consolidation d'un souvenir est en fait son passage de la mémoire à court terme vers la mémoire à long terme. Cette étape de la mémorisation est un processus continu et particulièrement lent.

La récupération : il s'agit de la récupération de l'information déjà stockée au moment où on en a besoin. Au moment où l'on se rappelle l'événement, les différents éléments constitutifs du souvenir en question sont comme réassemblés. Exemple : le trajet pour se rendre à la boulangerie nous revient lorsque l'on va acheter du pain. Il s'agit d'un rappel ou restitution qui permet d'accéder aux informations stockées.

Logiquement, si une phase du processus est mal réalisée, il y aura un problème de restitution, ce que l'on appelle un trou de mémoire. Les études du psychologue Ebbinghaus (1885) étaient basées sur la rétention d'informations diverses et variées. Il trouve que la capacité de rétention chez les apprenants varie entre 11% et 98%. Ces écarts sont expliqués par différents éléments, entre autres : le type de contenu à mémoriser, la pédagogie d'apprentissage des contenus, la méthodologie utilisée

pour la mémorisation et le nombre et forme des rappels après l'apprentissage des contenus. Un contenu structuré (contenu sur la fonction neuronale, par exemple) qu'un contenu déstructuré (syllabes sans signification), en faisant des tests courts, rapides et ludiques que de faire des séances longues de révision, en alternant les sujets plutôt que d'apprendre une seule matière, en déléguant les « piqûres de rappel» (planification automatique des tests) à un outil informatique. Les travaux de recherche de Lombardo et Eichinger du Center for Creative Leadership font apparaître que le résultat d'une session de formation, d'une communication ou de la conduite du changement repose autant sur la pertinence, la pédagogie et la qualité du formateur et de son contenu que sur les actions, notamment d'accompagnement mises en place avec le management. Ainsi, la capacité de rétention des formés dépend de la pratique pédagogique du formateur si : environ 70% de l'apprentissage se fait à partir des expériences sur le lieu de travail, les tâches et la résolution de problèmes, 20% de l'apprentissage se fait à partir des commentaires et d'échanges avec les autres et 10% de l'apprentissage se fait à partir des cours et de la lecture. D'après Deldine et Demoulin (1994), des chercheurs se sont penchés sur les mécanismes ou modes opératoires du cerveau et ont découvert que nous disposons de deux processus distincts de pensée : l'un analytique et verbal sis dans l'hémisphère gauche du cerveau et l'autre intuitif et visuel situé dans la partie droite du cerveau. Une connexion, le corps calleux, permet à ces deux parties de communiquer. L'hémisphère droit est le siège de l'intuition. Il permet à l'apprenant de voir globalement les formes non les détails. Il produit les réactions spontanées, permet la perception spatiale, la compréhension non verbale et procède par association d'idées. Les connaissances sont consolidées par l'apprenant à travers des images, les impressions. Alors que quand l'hémisphère gauche est actif, l'individu est capable de recourir au langage, de calculer, de raisonner, d'analyser, de structurer, de planifier, de rechercher les causes ou les explications. Il n'y a pas que la spécialisation hémisphérique corticale ; le cerveau inclut le cerveau limbique situé sous le cortex, à la base de chaque hémisphère.

Le système limbique intervient pour ce qui concerne les relations interindividuelles, les émotions : peur, colère, plaisir, croyances, motivations, enregistrement des succès et des échecs. Le système limbique joue un rôle sélectif : parmi le flot continu d'informations qui atteignent le cerveau, il détecte celles qui sont intéressantes, qui peuvent créer un état agréable ou celles qui sont nouvelles. La communication système limbique-cortex est à sens unique. Les émotions nées au niveau limbique influencent les centres supérieurs, corticaux mais, inversement, ces émotions ne sont pas contrôlées par le cortex. Le système limbique accepte ou refuse l'information en fonction des conditions dans lesquelles elle est proposée. Or la motivation si importante en apprentissage n'est rien d'autre qu'une stimulation limbique qui stimule l'apprenant vers un apprentissage parce qu'il est perçu comme bon, désirable.

Les individus ont une dominance cérébrale (ou préférence cérébrale) mais il est possible de développer les compétences de l'hémisphère non dominant. Malgré cette dominance, les deux hémisphères sont utilisés en fonction de la situation rencontrée. Plus un individu est latéralisé, plus il recourt à l'hémisphère spécifique de la tâche à accomplir. Si un individu n'est que faiblement latéralisé, la tâche à accomplir risque davantage de se réaliser en recourant aux deux hémisphères. Il revient à l'enseignant utiliser toutes les spécialisations des quatre zones du cerveau pour un bon enseignement et un apprentissage efficients. Il doit motiver l'élève en rendant son enseignement attractif par une situation-problème, ressortir le lien entre différentes notions ou chapitres au cours des activités d'apprentissage, énoncer les objectifs ou compétences liés à ces activités comme l'a recommandée Dewey (1947), par rapport à ces facteurs motivationnels. L'enseignant doit dépasser la pratique pédagogique traditionnelle qui recourt aux présentations et procédés sollicitant essentiellement l'hémisphère cortical gauche (messages uniquement verbaux, approche analytique, raisonnement…) ; taire tous les commentaires dévalorisants et destructeurs (moqueries, dévalorisation de l'élève faite en situation groupale) ; il faut prodiguer encouragements et montrer de la sollicitude.

Pour le cerveau limbique (ou émotionnel), une préférence « droite » tire la meilleure partie des relations entre les apprenants, de l'ambiance positive, de l'écoute active du maître et des élèves entre eux, du recours aux événements à l'actualité. Une préférence « gauche » est obtenue avec la mise en place de données faisant bien voir les étapes de l'apprentissage et ses utilisations ou applications, la création d'un climat de confiance notamment grâce à la méthode et à la compétence de l'enseignant qui tiennent compte de l'apprenant. Autrement dit, il s'agit des méthodes qui permettent à l'apprenant de s'épanouir dans son apprentissage et qui tiennent compte de l'affectivité de celui-ci au sens de Rousseau cité par Chalvin (1984) qui récuse l'autoritarisme et qui préconise qu'on laisse l'enfant s'épanouir et grandir naturellement en suscitant chez lui une curiosité. Cela ne peut être possible qu'en stimulant la partie droite du cerveau.

Pour l'hémisphère cortical droit, les activités individuelles, les situations vécues, les schémas, les plans, les images, les exemples concrets, les approches interdisciplinaires, les synthèses des cours sont les plus profitables pour l'apprenant. Dans ce sens, nous pouvons déduire que cette concrétisation des enseignements consiste à amener les élèves à manipuler, à poser des questions, à simuler (jeux de rôle, laboratoires, etc.), à expérimenter et projection vidéo. L'enseignant doit organiser régulièrement des travaux en petits groupes pour les recherches sur le terrain, à partir de la méthode d'observation suivant la démarche de Rabelais cité par Chalvin (1984) qui consiste : à partir de l'observation pour faire découvrir la connaissance par l'apprenant. L'observation fait émettre des hypothèses à partir desquelles les réponses sont déduites. D'où il faut la

concrétisation des enseignements. Rabelais ne récuse pas la répétition et la mémorisation qui ne peuvent être possibles que pour des connaissances utiles. Il s'agit des pratiques pédagogiques centrées sur l'apprenant qui sont recommandées pour développer toute partie du cerveau.

L'hémisphère cortical gauche (le plus sollicité par les méthodes traditionnelles) apprécie les discours, les discussions, les données quantifiées, le raisonnement, l'analyse des données. Dans ce cas, les pratiques pédagogiques centrées sur l'apprenant suggèrent que plus l'apprenant est actif et engagé dans le processus de l'apprentissage, mieux il apprend les connaissances et comportements car il a participé à leur élaboration. Pour amener les élèves à participer aux cours, l'enseignant peut interroger régulièrement le maximum d'élèves pendant le cours. Il s'agit de la méthode Maïeutique ou méthode Socratique (Chalvin, 1984).

Même si le cerveau est structuré en ces quatre zones qu'il faut prendre en compte dans le processus enseignement/apprentissage, les étapes de la mémorisation des connaissances, non seulement doivent être respectées mais aussi doivent impliquer la mémoire à court terme et la mémoire à long terme dont l'efficacité dépend de la condition d'apprentissage et de la nature de ce qu'on apprend. C'est le cas où un apprentissage passé perturbe un apprentissage ultérieur. Prenons un exemple d'Underwood (1957), dont les sujets oubliaient considérablement en l'espace de 24 heures une liste de syllabe sans significations. De nombreuses expériences ont permis d'établir que l'oubli dépend de certaines interférences lors des apprentissages. Il peut s'agir principalement de l'interférence proactive et l'interférence rétroactive. Underwood (1957) a expliqué l'interférence proactive à travers l'influence d'un apprentissage ultérieur sur le taux d'oubli des différents sujets. Il a conclut que un apprentissage passé perturbe un apprentissage ultérieur. Par exemple, il a trouvé que les sujets oubliaient considérablement en l'espace de 24 heures une liste de syllabe sans significations. L'interférence rétroactive est le cas typique où l'on demande à deux groupes d'apprendre une liste d'items, le premier groupe devra alors en apprendre une seconde avant de restituer la première alors que le second groupe se repose entre le moment de l'apprentissage et celui de la restitution : plus on apprend et plus on oublie (Underwood, 1957). Une autre théorie mise en avant par Ebbinghaus est celle selon laquelle l'oubli correspond à un effritement et à la perte d'éléments particuliers et non à un obscurcissement général. Une connaissance oubliée par un apprenant l'indispose et par conséquent cela lui créerait de stress. C'est pourquoi, les exercices, les révisions permettent de maîtriser les acquisitions et d'éviter l'oubli. L'enseignant doit faire des exercices avec les élèves à la fin d'un cours et recommander des exercices complémentaires à la maison. L'élève doit aussi de son côté faire des efforts pour réviser ses leçons et faire les exercices demandés avec l'aide des parents. Pour aider à apprendre à apprendre aux apprenants, Martinez trouve qu'il faut la préparation du corps et de l'esprit, le quotidien et l'autonomie.

Le corps : il faut une alimentation équilibrée et une bonne hydratation, un sommeil réparateur et des exercices physiques en dehors des séances de sport proprement dit (étirement ou de petits déplacements dans le salon ou dans la cour avant d'apprendre et en apprenant).

L'esprit : il faut être dans un environnement calme et serein. Il faut éviter des bruits, se concentrer et participer activement au travail surtout lorsque cela se fait en groupe. Chaque apprenant doit être positif et détendu en ayant visualisé et préparé cette journée. Ils doivent essayer de changer de lieu pour chaque matière à revoir. Ils doivent s'assurer d'avoir bien compris le cours avant de l'apprendre**.** C'est pourquoi ils devraient suivre très attentivement en cours afin de bien comprendre le chapitre ou la leçon. De plus, pour les élèves ayant une mémoire auditive, cela permet de mieux fixer les connaissances. Faire des associations d'idées afin de donner du sens aux contenus. Cela peut-être un lieu, un schéma, une histoire.

Le quotidien : Avoir l'habitude de prendre note en classe durant les séances de cours, réviser ses leçons après le cours dans un environnement favorable en évitant la surcharge. Les apprenants de garder le rythme scolaire qui sera aussi celui des épreuves en se levant tôt. Il est conseillé d'éviter de regarder la télévision avant de faire ses devoirs ou d'apprendre une leçon. En effet, les images ont un impact important, elles restent imprimées un moment dans la rétine et nuisent à la concentration.

L'autonomie : Avoir sa propre méthode d'apprentissage en faisant des résumés, prises de notes, des schémas, des images, des films (cas des apprenants visuels) ou écouter en lisant (apprenants auditifs) ou bouger, manipuler, ressentir pour mémoriser, en te déplaçant dans ta chambre et en mimant, réaliser des expériences, apprendre par des maquettes, des jeux éducatifs (apprenants kinesthésiques). On peut se déplacer au besoin. Les méthodes s'adaptent selon la matière**.** Une langue étrangère ne s'apprendra pas de la même manière que les sciences, les maths ou l'histoire. On peut s'autoévaluer sur feuille blanche, essayez de reproduire en carte mentale ce que vous avez appris en structurant les idées, surligner ou souligner les mots et notions importantes du cours. A ces conditions, s'ajoute la technique qui permet de résumer 80 % du contenu en 20 % de connaissances à apprendre, de conceptualiser et colorier les notes prises. Cette méthode peut s'appliquer le soir, lors de la relecture du cours. Elle permet de dégager les éléments les plus importants du cours et aide à travailler la capacité de synthèse. Pour cela, ils doivent être créatifs en utilisant leur imagination.

3 SYNTHÈSE

De tout ce qui précède, nous pouvons dire que les pratiques pédagogiques des enseignants peuvent ou non contribuer à combattre l'oubli chez les apprenants en situation d'enseignement/apprentissage de l'histoire. L'enseignement de l'histoire permet aux élèves de comprendre le monde social et politique dans lequel ils vivent en leur donnant le vocabulaire nécessaire pour nommer les réalités. Il permet aussi de mieux leur apprendre à exercer leur esprit critique et de les faire réfléchir sur des faits essentiels, porteurs de sens, en évitant l'encyclopédisme. Ce qui légitime pleinement la place faite au récit dans l'enseignement de l'histoire. En réalité l'enseignement de l'histoire nécessite une forte mémorisation des faits sans les dénaturer lors de leurs restitutions. Au Canada, par exemple, la citoyenneté constitue implicitement l'un des buts de l'enseignement de l'histoire afin de faire des élèves de bons citoyens. L'histoire, instrument de culture, l'héritage des morts qui ne meurt pas parce qu'il survit dans les faits, doit être à la base de notre éducation nationale. (Conseil de la Faculté des arts, 1937). L'enseignement de l'histoire au Canada anglais et au Québec bénéficie de plus en plus des résultats de la recherche universitaire sur des domaines suivants : la façon dont les nouvelles technologies peuvent être utilisées le plus efficacement possible pour enseigner l'histoire (par exemple les jeux vidéo, les environnements virtuels, utilisation des revues scientifiques ou des magasines), la façon dont on peut enseigner à l'aide de sources primaires, la façon dont l'identité ethnique des élèves influence leurs critères pour déterminer ce qui est important dans l'histoire (Clark, 2014). Ce qui contribue à susciter l'intérêt des élèves pour les thématiques historiques. Au Togo, cela n'est pas le cas. Nous avons une discipline spécialement pour la citoyenneté. L'enseignement de l'histoire au secondaire est vétuste. Ce que critiquent les enseignants de ladite discipline. Ses buts tels que formulés dans les instructions officielles sont : « *répondre à la curiosité des élèves à l'égard du monde qui l'entoure, développer en eux le sentiment de solidarité avec les générations passées présentes et à venir, leur apprendre à se situer dans un monde en évolution, à mieux comprendre les problèmes qui s'y posent* » (Adamah, 2011 p.2). Ce programme est élaboré et se veut un enseignement concret basé sur une pédagogie active qui doit déboucher sur des résumés succincts pour chaque leçon à apprendre pour les apprenants. On comprend que l'intérêt pour le cours d'histoire peut varier en fonction de ses buts dans différents pays. Ainsi, l'enseignement de l'histoire, basé la pédagogie moderne assise sur la psychologie de l'enfant, repose aujourd'hui moins sur la simple transmission. Dans ces conditions, l'oubli des apprentissages de l'histoire chez les élèves est inféodé par les pratiques pédagogiques des enseignants. On peut distinguer les étudiants qui retiennent mieux leurs leçons avec des enseignants dont les pratiques pédagogiques sont centrées sur les apprenants. Il s'agit des pratiques qui prennent en compte la stimulation de tous les types de mémoires impliquées dans l'apprentissage. Autrement dit, il s'agit d'apprendre à apprendre aux élèves. Mais ces pratiques pédagogiques seules ne suffisent pas si l'apprenant ne s'efforce pas par les exercices, les répétitions et des méthodes personnelles d'apprentissage. Ainsi, l'oubli des apprentissages crée des stress au niveau des élèves qui ne s'organisent pas pour s'exercer et répéter leurs leçons. Le présent travail a pour objectifs de mettre en exergue les éléments susceptibles d'améliorer l'apprentissage d'histoire chez les élèves et de fournir aux éducateurs des stratégies permettant d'améliorer la qualité de leurs pratiques pédagogiques. La démarche suivante décrite dans la partie méthode permet d'expliciter ces hypothèses déduites.

4 MÉTHODE

La période scientifique commence avec le psychologue allemand Ebbinghaus (1850-1909), qui publie en 1885 la première étude expérimentale de la mémoire et qui établit la première courbe de l'oubli au sujet d'une liste de syllabes sans significations à mémoriser. Cette mémorisation est évaluée selon le nombre d'essais nécessaires pour apprendre une seconde fois la liste et ceci après différents intervalles. Ceux qui l'ont succédé sont allés dans le même sens en adoptant la méthode expérimentale. Nous pensons que l'oubli en situation d'apprentissage dépend des pratiques pédagogiques des enseignants. Ainsi, nous avons voulu observer cette situation et analyser son impact sur la qualité d'apprentissage des élèves. Une enquête a été menée auprès de 15 enseignants d'histoire-Géographie et 150 de leurs apprenants de la classe de la troisième, choisis au hasard, des Collèges d'enseignement général de la commune de Kara. Ceux-ci ont été soumis à une grille d'observation en classe et à deux guides d'entretien semi-directif, un pour enseignants et l'autre destiné aux élèves. Cela a permis d'obtenir les résultats suivants qui ont été traitées qualitativement.

5 RÉSULTATS

Il ressort de ces résultats que tous les élèves interrogés sont exposés a l'oubli puisqu'ils expliquent qu'il leur arrive souvent d'oublier de leurs leçons d'histoire. D'après ceux-ci, ils comprennent le cours en classe. Ils apprennent régulièrement leurs leçons individuellement ou avec l'aide d'un camarade ou d'un parent. Ils suivent quelques cours de répétition avec certains de leurs enseignants. Seuls quinze élèves ont des répétiteurs de mathématiques et physique-chimie à la maison. Personne n'a de répétiteur en histoire à domicile. Lorsque nous avons cherché à connaître comment ces élèves apprennent leurs leçons, ceux-

ci déclarent qu'ils apprennent régulièrement. « *Ils lisent et retiennent »* précisent-ils. Pourtant, leurs performances scolaires, à travers le tableau suivant, ne sont bonnes.

Tableau 1. Répartition des élèves en fonction de leurs performances scolaires

PS	Effectif	%
R	25	20
E	115	80
Total	150	100

Source : Résultats de l'enquête documentaire

L'analyse des scores des élèves enquêtés montre qu'il y a 20% de réussites contre 80% d'échecs. Les résultats ci-après présentent les élèves selon qu'ils ont un intérêt ou non pour le cours d'histoire qu'ils reçoivent.

Tableau 2. Répartition des élèves selon qu'ils éprouvent un intérêt ou non pour les cours d'histoire

Effectifs et pourcentages de réponse des élèves						
Variable	Oui		Non		Total	
Intérêt pour les cours d'histoire	9	6%	141	94%	150	100%

Source : Résultats de l'enquête

Ce tableau montre que les élèves sont nombreux à ne pas avoir d'intérêt (94%) pour le cours d'histoire. Dans l'apprentissage, il existe un lien entre l'intérêt que les apprenants ont des cours qu'ils reçoivent et leurs performances scolaires. Le tableau suivant nous l'indique.

Tableau 3. Répartition des élèves en fonction de l'intérêt qu'ils ont des cours et leurs performances scolaires

Effectifs et pourcentages de réponse des élèves						
Variable	Cours intéressants		Cours non intéressants		Total	
Réussite	6	20%	19	80%	25	100%
Echecs	3	10%	122	90%	125	100%
Total	9	30%	15	70%	24	100%

$X^2cal=90,12>x^2lu=7,03$ ddl=1 ; TS au seuil .01 et C=0,58

Les données de ce tableau montrent que le groupe d'élèves qui aiment les cours d'histoire réussissent mieux que ceux qui ne l'aiment pas. On constate par le test de khi deux (X^2) que le x^2 calculé ($x^2cal=90,12$) est supérieur au x^2 lu ($x^2lu= 7,03$) au ddl=1. Ce qui montre qu'il existe une différence significative au seuil $\alpha= .01$ entre l'intérêt que les élèves ont des cours d'histoire et leur réussite. Le coefficient de contingence indique une différence significative entre ces deux variables.

Pour expliquer ces difficultés scolaires des élèves, nous avons analysé les pratiques pédagogiques des enseignants. Le tableau suivant nous renseigne à sujet.

Tableau 4. Répartition des enseignants selon leurs techniques d'enseignement

Effectifs et pourcentages des réponses Techniques d'enseignement	Oui	Non	Totaux
Il amorce une leçon à partir d'une situation – problème en rapport avec la réalité ou au monde professionnel	3 20 %	12 80%	15 100%
L'enseignant énonce les compétences aux élèves	4 26,7%	11 73,3%	15 100%

Source : Résultats de l'enquête

Les données que présente ce tableau récapitulent la démarche pédagogique adoptée par les enseignants de cette étude. Ainsi, au début d'une fréquence d'enseignement, 20% contre 80% des enseignants amorcent leur leçon à partir d'une situation-problème en rapport avec la réalité ou au monde professionnel. Vingt-six virgule sept pour cent (26,7%) des enseignants énoncent correctement les compétences de leur cours aux élèves. A travers notre grille d'observation des pratiques

pédagogiques, il ressort que tous les enseignants enquêtés ne demandent des travaux de recherche à leurs élèves. Ils ne font pas des sorties pédagogiques ni inviter un spécialiste pour un témoignage historique. Ils n'utilisent pas les magasines ou revues ni les TIC pour illustrer leurs enseignements. La communication est plus orientée de l'enseignant vers les élèves. Les enseignants n'évaluent pas fréquemment leurs élèves à cause de leurs effectifs très importants.

6 DISCUSSION

L'objectif de cette étude est d'étudier le lien entre les pratiques pédagogiques des enseignants d'histoire et l'oubli chez les élèves. Il ressort de ces résultats que tous les élèves interrogés sont exposés à l'oubli puisqu'ils expliquent qu'il leur arrive souvent d'oublier de leurs leçons d'histoire. D'après ceux-ci, ils apprennent régulièrement leurs leçons. Pourtant, les performances scolaires de la majorité d'entre eux ne sont bonnes. Cette attitude des élèves qui laisse comprendre qu'ils apprennent régulièrement alors qu'ils ne sont pas performants s'expliquerait par le fait que ceux-ci ont développé un mécanisme de défense, la rationalisation qui consiste en une « *justification logique, mais artificielle, qui camoufle à l'insu de celui qui l'utilise, les vrais motifs (irrationnels et inconscients) de certains de ces conduites ou de ces opinions. »* (Ionescu, Jacquet & Lhote, 1997, p.4). Lautrey (1980, p.83) parle de la désirabilité sociale qui est : *« La tendance à adopter devant les autres les comportements supposés conformes à leur attente* ». Lorsque nous avons cherché à connaître comment ces élèves apprennent leurs leçons, ceux-ci déclarent qu'« *Ils lisent et retiennent »*. Cela donne l'impression que tous ont la même méthode d'apprentissage. Or d'après Martinez, chaque apprenant doit avoir l'autonomie. Autrement dit, chacun doit avoir sa propre méthode d'apprentissage. Ainsi on devrait avoir des apprenants visuels, auditifs et kinesthésiques. Ils ne procèdent non plus par une reproduction d'une carte mentale de ce qui est appris. Ils n'explicitent pas la logique de leur imagination dans leur apprentissage de la discipline histoire. Les mauvaises performances scolaires de la majorité des élèves peuvent s'expliquer par le fait qu'ils accumulent les leçons sans apprendre au jour le jour parce qu'ils ne sont pas évalués fréquemment (chapitre par chapitre). Cela provoquerait l'interférence rétroactive. Il s'agit du cas où l'on demande à deux groupes d'apprendre une liste d'items, le premier groupe devra alors en apprendre une seconde avant de restituer la première. Plus on apprend et plus on oublie (Underwood, 1957). Leur mémoire épisodique n'est pas exercée efficacement puisque c'est telle qui recouvre les souvenir d'événements dans leur contexte même s'ils s'étaient déroulés plusieurs jours avant (Schacter & Tulving, 1994).

L'analyse de la démarche pédagogique adoptée par les enseignants de cette étude montre qu'ils peu nombreux à amorcer leur leçon à partir d'une situation-problème en rapport avec la réalité ou au monde professionnel au début d'une fréquence d'enseignement. Ils sont aussi peu à énoncer correctement les compétences de leur cours aux élèves. C'est ce qui peut expliquer le fait les élèves sont nombreux à ne pas avoir d'intérêt (94%) pour le cours d'histoire. Cela est attesté par le coefficient de contingence indique une différence significative au seuil $\alpha = .01$ entre l'intérêt que les élèves ont du cours d'histoire et leur réussite. Deldine et Demoulin (1994) s'étaient penchés sur les modes opératoires du cerveau et ont découvert que le système limbique intervient dans la motivation ou enregistrement des succès et des échecs. En situation de communication pédagogique, le système limbique des apprenants joue un rôle sélectif : il accepte ou refuse le message en fonction des conditions dans lesquelles elle est proposée. L'enseignement attractif par l'énoncé d'une situation-problème, ressortir le lien entre différentes notions ou chapitres au cours des activités d'apprentissage, énoncer les objectifs ou compétences liés à ces activités comme l'a recommandée Dewey (1947) permettent de stimuler le système limbique des apprenants vers un apprentissage parce qu'il est perçu comme bon, désirable. C'est pourquoi l'a recommandée Dewey (1947), par rapport à ces facteurs motivationnels que l'enseignant dépasse la pratique pédagogique traditionnelle qui recourt aux présentations et procédés sollicitant essentiellement l'hémisphère cortical gauche (messages uniquement verbaux, approche analytique, raisonnement, etc).

A travers notre grille d'observation des pratiques pédagogiques, il ressort que tous les enseignants enquêtés ne demandent des travaux de recherche à leurs élèves. Ils ne font pas des sorties pédagogiques ni inviter un spécialiste pour un témoignage historique. Ils n'utilisent pas les magasines ou revues ni les TIC pour illustrer leurs enseignements. La communication est plus orientée de l'enseignant vers les élèves. Ce qui explique l'oubli chez les élèves enquêtés. Cela va dans le même sens que le psychologue Ebbinghaus (1885) trouve que la capacité de rétention chez les apprenants s'explique par différents éléments, entre autres : le type de contenu à mémoriser, la pédagogie d'apprentissage des contenus, la méthodologie utilisée pour la mémorisation et le nombre et forme des rappels après l'apprentissage des contenus. L'enseignement de l'histoire, en réalité devrait permettre aux élèves de comprendre le monde social et politique dans lequel ils vivent en leur donnant le vocabulaire nécessaire pour nommer les réalités en évitant l'encyclopédisme. Au Canada, par exemple, la citoyenneté constitue implicitement l'un des buts de l'enseignement de l'histoire afin de faire des élèves de bons citoyens. Ce qui nécessite une forte mémorisation de ces faits sans les dénaturer lors de leurs restitutions. (Clark & LeVasseur, 2015). Cela n'est le cas au Togo. Les travaux de recherche de Lombardo et Eichinger du Center for Creative Leadership confirment que la capacité de rétention des formés dépend de la pratique pédagogique du formateur si : environ 70% de l'apprentissage se fait à partir des expériences sur le lieu de travail, les tâches et la résolution de problèmes, 20% de l'apprentissage se fait à partir des commentaires et

d'échanges avec les autres et 10% de l'apprentissage se fait à partir des cours et de la lecture. C'est pourquoi Deldine et Demoulin (1994), ayant découvert deux processus distincts de pensée : l'un analytique et verbal sis dans l'hémisphère gauche du cerveau et l'autre intuitif et visuel situé dans la partie droite du cerveau, ils ont énoncé les stratégies adaptées pour stimuler chacune de ces zones hémisphériques. Pour éviter d'être trop verbal en stimulant que l'hémisphère gauche, ils préconisent qu'il faut aussi stimuler l'hémisphère cortical droit. Cette stimulation n'est possible que par les situations vécues, les schémas, les plans, les images, les exemples concrets, les pistes nouvelles, les approches interdisciplinaires, les synthèses des cours. Dans ce sens, nous pouvons déduire que cette concrétisation des enseignements consiste à amener les élèves à manipuler en posant des questions, à simuler (jeux de rôle, laboratoires, projection vidéo, etc.) et à faire des sorties pédagogiques ou inviter un spécialiste. Ces stratégies pourraient impacter la mémoire épisodique qui recouvre le souvenir d'événements dans leur contexte même s'ils s'étaient déroulés plusieurs jours avant (Schacter & Tulving, 1994). L'enseignant doit organiser régulièrement des travaux en petits groupes pour les recherches sur le terrain, à partir de la méthode d'observation suivant la démarche de Rabelais cité par Chalvin (1984) qui consiste : à partir de l'observation pour faire découvrir la connaissance par l'apprenant. L'observation fait émettre des hypothèses à partir desquelles les réponses sont déduites. D'après Fraisse, Piaget, et Reuchlin (1970), dans les théories associationnistes, lorsque deux idées, deux faits sont associés dans leur présentation ou leur apparition, tout rappel ultérieur d'une des deux situations, ou d'un des deux faits ou d'une des deux idées évoquera l'autre. En pédagogie, cela revient à associer une série de mots à une série d'images. Cela montre que la connexion entre deux situations, faits, idées grandit en fonction du nombre de répétition associant S et R (association de l'image et du mot correspondant). La répétition des associations n'assure pas seule l'apprentissage. En réalité, elle ne favorise l'apprentissage que par l'intermédiaire de ses propres conséquences, c'est-à-dire, grâce à l'enregistrement d'un succès, d'un échec ou d'un renforcement positif ou négatif (Reuchlin, 1977). Ainsi, si l'apprentissage de l'histoire peut être facilité par l'association répétée d'une série de récits ou faits à une série d'images, des schémas, des plans de cours, des flèches, visites de terrains, enquêtes auprès des personnes ressources. L'apprentissage est renforcé par la récompense ou les appréciations du maître qui peut organiser les élèves en petits groupes à cet effet. Il faciliterait le stockage des connaissances apprises chez les élèves. Parce que ce stockage, d'après Darne le stockage de court terme mobilise le mémoire à court terme constitué des informations enregistrées récemment volontairement ou involontairement. Ces informations peuvent se vider très vite pour laisser la place aux nouvelles informations. Ainsi, les nouveaux cours vont prendre leur place dans la mémoire de court terme. Pour pouvoir la garder en mémoire, il faut qu'il y ait un premier apprentissage dans les heures qui suivent la séance du cours. Ce cours peut alors passer dans la mémoire de long terme pour un stockage de long terme à une capacité beaucoup plus importante. On peut y placer bien des souvenirs et connaissances à condition de bien les coder et les organiser pour pouvoir les retrouver : la consolidation et la récupération des informations stockées. Malheureusement, on apprend pas les élèves à apprendre par ces stratégies qui sont également celles de Martinez qui ajoute qu'on peut résumer 80% de connaissances en 20% et qu'on peut également utiliser les cartes mentales. Ceux-ci ne connaissent que la méthode traditionnelle d'apprentissage qui consiste à lire en mémorisant, une méthode héritée de l'enseignement religieux. Cela est confirmé par la manière d'apprendre des élèves qui disent qu'ils lisent et retiennent. Leurs enseignants ne stimulent pas toutes mémoires impliquées dans l'apprentissage. Ils font de leurs élèves des apprenants auditifs. Ce qui est en déphasage avec la prise en compte différentielle des apprenants.

Les enseignants affirment qu'ils utilisent la méthode active en amenant les élèves à participer aux cours, l'enseignant peut interroger régulièrement le maximum d'élèves pendant le cours. Il s'agit de la méthode Maïeutique ou méthode Socratique (Chalvin, 1984). La Maïeutique est une conception ancienne de la pédagogie de découverte qui part de l'observation d'un fait, d'une situation-problème en rapport avec la réalité ou au monde professionnel et d'une recherche préalable faite par les élèves (Toresse, 1978).

7 CONCLUSION

La mémoire joue manifestement un grand rôle dans notre vie psychique (Nicolas, 2000). C'est pourquoi pour Bergson (1896), si nous n'avions pas de mémoire capable de retenir ce que nous vivons, nous ne pourrions même pas avoir de conscience. Cette étude nous prouve qu'en situation d'enseignement/apprentissage, il est indispensable de prendre en compte toutes les zones du cerveau. Cela s'explique par le fait que des résultats de ce travail que les élèves quel que soit leur dominance cérébrale ou le type de mémoire privilégiée, ils sont soumis à la même méthode d'apprentissage : écouter l'enseignant, lire ses leçons et retenir. Ils n'ont pas été initiés à une variété de méthodes, apprendre à apprendre qui faciliterait leur apprentissage de l'histoire. La mémoire est aussi un frein possible, car pour vivre au présent il ne faut pas rester prisonnier du passé ; d'où l'importance de l'oubli qui sélectionne ce qui est utile à l'action, à la vie. C'est ainsi que chaque apprenant a besoin d'oublier ses stress pour mieux réussir ses apprentissages. C'est pourquoi pour Martinez, il faut éviter de regarder la télévision avant de faire ses devoirs ou d'apprendre une leçon. En effet, les images ont un impact important, elles restent imprimées un moment dans la rétine et nuisent à la concentration. Cet aspect n'a pas été exploré malgré que les apprenants s'intéressent aux feuilletons multiples sur les différentes chaines de la télévision. Sur le plan psychologique qui intéresse Piaget, la mémoire

peut être assimilée à l'ensemble des schèmes acquis dans la psychogenèse et conservés au sein du système psychologique qui constitue l'individualité psychologique. Il apparaît que la mémoire psychologique au sens large dépend elle-même en partie de la forme particulière de mémoire biologique. Difficile à explorer la mémoire biologique, notre étude n'a pas pris en compte cet aspect. Une étude interdisciplinaire serait nécessaire dans ce cas afin d'établir un lien entre la mémoire biologique et le phénomène d'oubli en apprentissage scolaire.

RÉFÉRENCES

[1] Adamah, J. K., Programmes d'études de l'Enseignement secondaire premier cycle : Histoire et Géographie, classes : sixième, cinquième, quatrième et troisième, Togo, 2011.
[2] Bergson, H., Matière et mémoire. Paris: Alcan, 1896.
[3] Chalvin D., Encyclopédie des pédagogies de formation T1. Histoire et principales approches. Paris, ESF, 1984.
[4] Claparède E., Psychologie de l'enfant et pédagogie expérimentale. Neuchâtel, Délachaux et Niestlè, 1917.
[5] Deldine, R., & Demoulin, R., Introduction à la psychopédagogie. Bruxelles : De Boeck. Université, 1994.
[6] Dewey, J., L'école et l'Enfant. Neuchâtel : Delachaux et Nestlé, 1947.
[7] Ebbinghaus, H., Uber das gadächtnis.Leipzig: Duncker und Humbolt English translation, Dover Press, New York, 1885.
[8] Ehrhard, J., Toraille, R., & Villars, G., Psychopédagogie pratique, l'Education scolaire et ses problèmes. Paris : Librairie, 1982.
[9] Fraisse, P., Piaget, J., & Reuchlin, M., Traité de la Psychologie expérimentale. Histoire et Méthode. Paris : PUF, 1970.
[10] Gaonac'h, D., & Golder, C., Profession Enseignant. Manuel de psychologie pour l'enseignement. Paris : Hachette, 1995.
[11] Ionesco, S. Jacquet, M., & Lhote, C., Définition des vingt neuf mécanismes de défense d'après les mécanismes de défenses, théorie et technique. Paris : Nathan, 1997.
[12] La Corte, V., Dalla Barba, G., Lemaréchal, J., Garnero, L., & George, N. Behavioural and magnetoencephalographic evidence for the interaction between semantic and episodic memory in healthy elderly subjects. Brain Topogr., Epub ahead of print, 2012.
[13] Lautrey, J. Classe sociale, milieu familial, intelligence. Paris: PUF, 1980.
[14] Mucchielli R., L'analyse de contenu des documents, des communications, Paris, ESF, 1984.
[15] Nicolas, S., La mémoire humaine: Une perspective fonctionnaliste : L'Harmattan, 2000.
[16] Reuchlin, M., Psychologie, Paris, PUF, 1977.
[17] Schacter, D. L., & Tulving, E., What are the memory systems of 1994? In D. L.Schacter & E. Tulving (Eds.), Memory systems 1994.Cambridge, Ma: The MIT Press, 1994.
[18] Schacter, D. L., & Tulving, E., Memory systems, Cambridge, Ma: MITPress, 1994.
[19] Squire, L., & Cohen, N. Human memory and amnesia. In G. Lynch, J.L. McGaugh & N.M. Weiberger (Eds.), Neurobiology of learning and memory. New York: Guilford Press, 1984.
[20] Toresse, B., La nouvelle pédagogie du français (méthodes, techniques et procédés). Paris : O.C.D.L. 6e édition, 1978.
[21] Clark, P. et LeVasseur, L. Deux points de vue sur l'enseignement de l'histoire au Canada. Revue International d'Education de Sèvres, 69 pp.123-134, 2015, Centre international d'études pédagogiques. http://journals.openedition.org/ries/4445.
[22] Clark, P., « History Education Research in Canada: A Late Bloomer », dans Researching History Education: International Perspectives and Disciplinary Traditions, sous la direction de M. Köster, H. Thünemann et M. Zülsdorf-Kersting, Schwalbach/Ts : Wochenschau Verlag, p. 81-103, 2014.
[23] LeVasseur, L., « Les déplacements de la critique et son incidence sur la culture scolaire au Québec. L'exemple du cours d'Histoire et éducation à la citoyenneté», Education et société, no 34, 2, pp.103-119, 2014.
[24] Conseil de la Faculté des arts : Notes du Comité permanent sur l'enseignement secondaire, Université de Montréal, 1937.
[25] Underwood, B. J., False recognition produced by implicit verbal responses. Journal of Experimental Psychology, 70, pp.122-129, 1965.
[26] Comment apprendre son cours rapidement sans fournir d'effort ? https://www.reussirenlicence.com/.
[27] Comment bien apprendre ses leçons et les retenir lors du contrôle ? https://www.gralon.net/.../
[28] Comment bien apprendre son cours ? https://www.youtube.com/watch?v=b5mexO2DW6s.

International Journal of Innovation and Applied Studies
ISSN 2028-9324 Vol. 27 No. 1 Aug. 2019, pp. 245-248
© 2019 Innovative Space of Scientific Research Journals
http://www.ijias.issr-journals.org/

Insertion vélamenteuse du cordon ombilical aux Cliniques Universitaires de Kisangani : A propos d'un cas

[Velamentous insertion of umbilical cord at Kisangani University Clinics : Case study]

Taji Leki Sosthène[1], Kyembwa Mulyumba Michel[2], Mwetaminwa Sangani Georgette[3], and Katenga Bosunga Gédeon[3]

[1]Département de Gynécologie-Obstétrique, Faculté de Médecine, Université de Bunia, Bunia, RD Congo

[2]Département de Gynécologie-Obstétrique, Faculté de Médecine, Université de Goma, Goma, RD Congo

[3]Département de Gynécologie-Obstétrique, Faculté de Médecine et de Pharmacie, Université de Kisangani, Kisangani, RD Congo

Copyright © 2019 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:* Velamentous insertion is one of the risk factors for Benckiser haemorrhagy, a several obstetric emergency that threatens the fetal prognosis. Her diagnosis by performing a transvaginal ultrasound with color Doppler is recommended in pregnant women with high risk of vasa previa. A caesarean section of convenience should be scheduled before labors begin when a vasa previa is diagnosed during the prenatal period. *Case:* a parturient aged 26, gesture 5, par 3, is admitted for labor of delivery on term pregnancy. After an artificial rupture of the water pocket, the amniotic fluid was not tinged with blood, and the delivery proceeded normally. The eutrophic newborn, male, had a good APGAR score. On macroscopic examination of the placenta, which had weighed 500 grams, the umbilical cord of normal length was inserted on the membranes, with no other abnormalities noted. The mother and newborn had evolved well and their stay in the hospital was only 48 hours. *Conclusion:* Velamentous insertion of the umbilical cord can be observed outside the most frequent risk factors in the literature. However, any placental insertion abnormality should guide the completion of an endovaginal ultrasound to exclude vasa previa in order to take precautions necessary for the prevention of haemorrhagy with poor prognosis for the fetus.

KEYWORDS: velamentous insertion, vasa previa, Benckiser haemorrhagy.

RESUME: *Introduction :* L'insertion vélamenteuse est l'un des facteurs de risque de l'hémorragie de Benckiser, une urgence obstétricale sévère mettant en péril le pronostic vital du fœtus. Son diagnostic par la réalisation d'une échographie transvaginale avec Doppler couleur est recommandé chez les gestantes présentant des risques élevés de vasa prævia. Une césarienne de convenance devrait être programmée avant le début du travail lorsqu'un vasa prævia est diagnostiqué pendant la période prénatale. *Cas :* une parturiente âgée de 26 ans, geste 5, pare 3, est admise pour travail d'accouchement sur grossesse à terme. Après une rupture artificielle de la poche des eaux le liquide amniotique n'était pas teinté de sang, et l'accouchement s'est déroulé normalement. Le nouveau-né eutrophique, de sexe masculin, avait un bon score d'APGAR. A l'examen macroscopique du placenta qui avait pesé 500 grammes, le cordon ombilical de longueur normale était inséré sur les membranes, sans aucune autre anomalie constatée. La mère et le nouveau-né avaient bien évolué et leur séjour à l'hôpital n'était que de 48 heures. *Conclusion :* l'insertion vélamenteuse du cordon ombilical peut s'observer en dehors des facteurs de risque les plus fréquents dans la littérature. Toutefois, toute anomalie d'insertion placentaire devrait guider la réalisation d'une échographie endovaginale pour exclure le vasa prævia afin de prendre des précautions nécessaires pour la prévention d'une hémorragie de mauvais pronostic pour le fœtus.

MOTS-CLEFS: insertion vélamenteuse, vasa prævia, hémorragie de Benckiser.

Corresponding Author: Taji Leki Sosthène

1 INTRODUCTION

Une insertion du cordon ombilical est dite « vélamenteuse » lorsqu'elle se fait sur les membranes libres en dehors de la plaque choriale, à plus de 2 cm en moyenne du bord placentaire. Les vaisseaux qui se divisent après l'insertion sur les membranes cheminent sous l'amnios, sans la protection de la gelée de Wharton [1]. Cette variété d'insertion du cordon ombilical est d'autant plus fréquente que la grossesse est gémellaire monochoriale (15%), et est évaluée à 1% en cas de grossesse unique. Il s'agit d'une anomalie d'insertion qui pourrait compromettre le pronostic fœtal (retard de croissance intra utérin, mort in utero, prématurité) [2]. L'insertion vélamenteuse du cordon est l'un des facteurs de risques de vasa prævia, une complication rare de la grossesse (1/2 000 - 1/6 000). La dilacération des vaisseaux dans l'aire cervicale de dilatation, accident fréquent lors de la rupture de la poche des eaux, peut mener à une complication hémorragique grave d'origine fœtale, l'hémorragie de Benckiser. Un diagnostic opportun pour ces femmes à risque est essentiel [3, 4]. Actuellement, la réalisation d'une échographie transvaginale avec Doppler couleur est recommandée chez toutes les gestantes qui courent des risques élevés de vasa prævia, y compris celles qui présentent une insertion basse ou vélamenteuse du cordon afin de procéder à l'évaluation de l'orifice interne du col. Lorsqu'un vasa prævia est diagnostiqué pendant la période prénatale, une césarienne de convenance devrait être offerte avant le début du travail [5, 6]. Nous rapportons un cas d'insertion vélamenteuse du cordon ombilicale diagnostiquée à l'examen du placenta après l'accouchement.

2 CAS RAPPORTÉ

Il s'agit d'une parturiente âgée de 26 ans, geste 5, pare 3, admise à la maternité pour travail d'accouchement sur une grossesse à terme, dans sa phase active, à une dilatation du col de 5 cm, membranes intactes. Dans ses antécédents, il y avait notion d'un avortement spontané complété par un curetage, et son dernier accouchement remontait à 16 mois, sans une autre intervention chirurgicale signalée. Elle avait suivi régulièrement les consultations prénatales, au cours desquelles les bilans biologiques et la sérologie au VIH étaient sans particularités. Trois échographies obstétricales avaient été réalisées pendant le suivi de la grossesse, dont la dernière au troisième trimestre était en faveur d'une grossesse unique en bonne évolution, sans anomalie de l'insertion placentaire.

Au cours de l'évolution du travail d'accouchement, sur une dilatation cervicale suffisamment avancée (8 cm), une rupture artificielle prudente de la poche des eaux a été réalisée dans le but d'accélérer l'accouchement. Le liquide amniotique, d'environ 300 ml était opalescent, non teinté de sang, et l'accouchement s'était déroulé normalement une demi-heure après la rupture de la poche des eaux. Le nouveau-né, de sexe masculin, sans malformation apparente, avec un bon score d'APGAR, avait pesé 3200g. Les paramètres anthropométriques de ce nouveau-né étaient dans les normes. La délivrance était réalisée selon le mode de SCHULTZ, le cordon ombilical d'insertion vélamenteuse avait mesuré 64 cm, et le petit côté des membranes 10 cm. Le placenta avait pesé 500 grammes, et à son examen macroscopique aucune autre anomalie n'avait été constatée. Les suites de couches étaient simples, et le nouveau-né n'avait présenté aucun problème. Suite à cette bonne évolution aussi bien de la mère que du nouveau-né, le séjour à l'hôpital n'a été que de 48 heures.

3 DISCUSSION

L'insertion vélamenteuse du cordon ombilical peut être responsable de la déchirure d'un ou plusieurs vaisseaux ombilicaux lors de la rupture des membranes et entrainer l'hémorragie de Benckiser. C'est un accident obstétrique rare, dont la fréquence est estimée à 1/4 000 accouchements [7]. Dans une étude descriptive et analytique menée à Yaoundé au Cameroun pendant une période de deux ans, aucun cas d'insertion vélamenteuse n'avait été signalé [8]. La rareté de cette anomalie d'insertion justifierait la multiplicité des cas rapportés dans la littérature, particulièrement ceux associés aux accidents hémorragiques. Pour notre cas, l'hémorragie après la rupture des membranes n'a pas été observée malgré l'insertion vélamenteuse découverte après l'accouchement. L'échographie obstétricale réalisée n'avait pas posé le diagnostic de l'insertion vélamenteuse et les précautions particulières n'ont pas été prises. Selon Datta et al [9], l'échographie doppler couleur a une haute sensibilité et spécificité dans la détermination de l'insertion du cordon ombilical sur le placenta. Ces auteurs n'ont pas trouvé une association entre le type d'insertion et le devenir maternofoetal. Toutefois, la sévérité de l'insertion vélamenteuse du cordon ombilical réside dans la survenue d'une hémorragie fœtale par lacération vasculaire au cours de la rupture artificielle des membranes, ce qui n'a pas été observé dans notre cas. Dans l'étude de Johannes [10], l'échographie Doppler couleur réalisée à 22 semaines de gestation avait confirmé la présence d'une insertion vélamenteuse du cordon, et la patiente avait connu une rupture spontanée des membranes à 36 semaines, et aucun signe de souffrance fœtale n'avait été détecté. Bien que la patiente ait subie une césarienne, tous les paramètres du nouveau-né étaient normaux, comme pour notre cas. Un autre cas similaire a été signalé par Mehdi et Sobhi [11] chez une gestante de 36 ans à 38 semaines d'aménorrhée, admise pour un travail spontané. Suite à l'échographie ayant suspecté un procubitus du cordon avec un placenta situé loin du col, la césarienne avait été indiquée et réalisée en extrême urgence, mais la rupture spontanée des membranes était survenue lors du transfert de la gestante au

bloc opératoire. Le nouveau-né avait un bon score d'APGAR et le diagnostic d'insertion vélamenteuse était posé après examen du placenta. L'âge de notre accouchée est inférieur à ceux rapportés par plusieurs auteurs : 30 ans par Fatnassi et al et Ragmoun et al [3, 12], 29 et 32 ans par Taga et al [13], 33 ans par Kristina et al [6], 36 ans par Mehdi et Sobhi [11].



Fig. 1. Insertion du cordon

4 CONCLUSION

L'insertion vélamenteuse du cordon ombilical s'accompagne généralement de complications hémorragiques fatales pour le fœtus. L'échographie devrait être recommandée et réalisée chez toutes les gestantes, principalement chez celles à risque, afin de détecter toute anomalie d'insertion du placenta. Toutefois, il s'avère important de considérer que cette anomalie d'insertion du cordon ombilical peut se retrouver chez toutes les gestantes, quel que soit l'âge et malgré l'absence des facteurs à risque. D'où la nécessité de prendre des précautions nécessaires en vue d'intervenir de manière efficace devant toute complication pouvant survenir pendant la grossesse et au cours du travail d'accouchement. L'examen du placenta devrait être systématique après chaque accouchement.

CONFLITS D'INTÉRÊTS

Aucun conflit d'intérêts n'est déclaré par les auteurs

CONTRIBUTIONS DES AUTEURS

Les auteurs ont apporté leur contribution à la réalisation de cette étude et ont lu et approuvé la version finale du manuscrit.

RÉFÉRENCES

[1] http://www.aly-abbara.com/livre_gyn_obs/.../vasa_praevia_cordon_velamenteux.html. consulté le 12/01/2019 à 15h 17.

[2] Bohîlțea RE, Cîrstoiu MM, Ciuvica AI, Munteanu O, Bodean O, Voicu D, Ionescu CA. Velamentous insertion of umbilical cord with vasa praevia: case series and literature review. J Med Life. 2016 Apr-Jun;9(2):126-9.

[3] Fatnassi R, Turki E, Marouen N. Hémorragie de Benckiser: fœtus grave en situation d'urgence. CE Gynécologie 5.1 (2017): 29-32.

[4] Mulot S, Valentin L, Dreyfus M, Benoist G. When and how vasa previa should be looked for during ultrasound examinations, and what kind of treatment should women be offered when it is detected? Four case studies and a literature review Rev. Méd. Périnat. (2018) 10:114-119.

[5] Gagnon R. Guidelines for the Management of Vasa Previa. Journal of Obstetrics and Gynaecology Canada , 2017, Volume 39, Issue 10, Pages e456–e463.

[6] Kristina N, Aurelija P, Diana B, Gražina D, Audronė A,Tomas P, Andrej O. Vasa praevia: rapport de cas et revue de la littérature Acta Med Litu . 2016; 23 (1): 11–16.

[7] Nohuz E., Boulay E., Albaut M., Nkoy DF, Laurichess-Delmery H., Lemery D. et al, 2015, Comment je fai, le diagnostic prénatal échographique d'un vaisseau preavia, Gynécol obstét Fertil, 43: 619-622

[8] Fouedjio JH, Fouelifack FY,[1] Deutcho M, Njotang PN, Enow RM, et Robert John Ivo Leke RJ. Using color Doppler ultrasonography in the localization of the insertion of the umbilical cord and maternal-fetal outcome at the maternity ward of Yaoundé Central Hospital of: a descriptive and analytical study. Pan Afr Med J. 2014; 17: 66.
[9] Datta S et al. «Vasa Previa : Une tragédie obstétricale évitable». Le journal d'obstétrique et de gynécologie de l'Inde 66.3 (2016): 185-187.
[10] Johannes K. Anse de vasa pravia. J Obstet Gynecol Can 2015. 37(8) 680.
[11] Mehdi K, Sobhi K. Insertion vélamenteuse du cordon. Insertion vélamenteuse, cordon, échographie obstétricale. Pan African Medical Journal. 2014.
[12] Ragmoun H, Daadoucha A, Benhlima N, Ajili A. Benckiser Haemorrhage Reverouble Delivery Complication. International Journal of Clinical Case Reports 2017, Vol.7, No.15, 62-66).
[13] Taga A, Sato Y, Sakae C, Satake Y, Emoto I, et al. (2017) Do All Cases of Vasa Previa Need Cesarean Delivery? A case Report and Review of the Literatures. Int J Pregn & Chi Birth 2(5): 00037. DOI: 10.15406/ipcb.2017.02.00037).

International Journal of Innovation and Applied Studies
ISSN 2028-9324 Vol. 27 No. 1 Aug. 2019, pp. 249-261
© 2019 Innovative Space of Scientific Research Journals
http://www.ijias.issr-journals.org/

CARACTERISTIQUES DE L'EVOLUTION SPATIO-TEMPORELLE DE *HELICOVERPA ARMIGERA* HÜBNER (LEPIDOPTERA - NOCTUIDAE) DANS LES ZONES DE PRODUCTION COTONNIERE DE COTE D'IVOIRE : IMPACT DU PROGRAMME DE GESTION DE LA RESISTANCE AUX PYRETHRINOÏDES

Germain Elisabeth Cynthia OCHOU[1], Koffi Christophe KOBENAN[2], Pitou Woklin Euloge KONE[2], Gouzou Juste Roland DIDI[2], Acka Emmanuel DICK[2], Dagnogo MAMADOU[2], and Ochou Germain OCHOU[3]

[1]Laboratory of Cytology and Biology, Nangui Abrogoua University (UNA), Côte d'Ivoire

[2]Plant Physiology Laboratory, Felix Houphouet- Boigny (UFHB), Côte d'Ivoire

[3]Agricultural Entomology Laboratory, National Center for Agronomic research (CNRA), Côte d'Ivoire

Copyright © 2019 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 order to update knowledge on the spatio-temporal evolution of *Helicoverpa armigera*, the geographical areas and the seasons of predilection of adult and larval populations have been studied in the last six years from 2012 to 2017. Monitoring of natural adult populations in different locations has established that populations are more abundant in South cotton production areas compared to the north. The most important outbreaks occurred in two phases (August and Mid-October to Mid-November. The monitoring of larval populations carried out on farm scale showed that infestations started on cotton early August and increased in September and October, reflecting a strong relationship between the evolutions of adult populations, larval infestations and cotton phenology. Late sowings D5 and D6 exhibited higher levels of infestation (0.213 to 0.762 larvae/30 plants) as compared to early sowing (0.21-0.31 larvae/30 plants). Annual variations of pest infestation levels increased from years to years, fluctuating from 0.008 to 0.024 larvae/30 plants over the study period. Mapping of the geographic distribution of infestation showed more severe pest pressure in the North East and South East cotton areas particulary in mostly in surrounding areas of Niakara, Ouangolo, Niellé and Bouaké (1.02 ; 0.86 ; 0.83 and 0.74 larvae/30 plants). With regard to the emerging status of *H. armigera* over recent years, the current pyrethroid resistance management strategy deserves to be improved on the basis of the pest geographic and seasonal profiles.

KEYWORDS: *H. armigera,* adult populations, larval infestations, geographic distribution, critical season, coton, Côte d'Ivoire.

RESUME: Dans le but d'actualiser les connaissances sur l'évolution spatio-temporelle de *Helicoverpa armigera*, l'aire géographique et la période de prédilection des populations adultes et larvaires ont été étudiées au cours des six dernières années de 2012 à 2017. Le suivi des papillons a permis de révéler une présence du ravageur plus prononcé dans les zones de production cotonnière sud en comparaison au nord. Les pullulations connaissent deux pics, l'un dans le mois d'août et le deuxième plus important, de la mi-octobre à la mi-novembre. Les infestations larvaires commencent en début août et sont plus importantes en septembre et octobre, traduisant une forte relation entre les évolutions des populations adultes, les infestations larvaires et la phénologie du cotonnier. Les semis tardifs ont présenté des niveaux d'infestation plus importants (0,213 à 0,762 chenille/ 30 plants) contre 0,11-0,14 chenilles/30 plants pour les semis précoces. Les variations annuelles des niveaux moyens d'infestations larvaires ont augmenté d'années en années (0,008 à 0,024 chenille/ 30 plants) mais sont demeurés inférieurs à ceux des années antérieures au programme vulgarisé. La cartographie des infestations larvaires a montré une pression du ravageur plus prononcée dans les zones cotonnières Sud-Est et Nord-Est, particulièrement dans les localités de Niakara, Ouangolo, Niellé et Bouaké (1,02 ; 0,86 ; 0,83 et 0,74 chenille/30 plants). Au regard de toutes ses observations, l'adoption généralisée de la stratégie de prévention et de gestion de la résistance aux pyréthrinoïdes, en vigueur à travers les « programmes fenêtres » depuis ces vingt dernières années gagnerait à être améliorer.

MOTS-CLEFS: *H. armigera,* populations adultes, infestations larvaires, aire géographique, période critique, cotonnier, Côte d'Ivoire.

Corresponding Author: Germain Elisabeth Cynthia OCHOU

1 INTRODUCTION

La noctuelle *Helicoverpa armigera* Hübner (1808) est un ravageur très redouté du cotonnier en Afrique et le reste du monde. Les dégâts causés par les larves peuvent occasionner des pertes énormes chez le paysan. Il est un ravageur polyphage. En plus du cotonnier il infeste aussi les parcelles de maïs, sorgho, gombo et les cultures maraîchères comme la tomate, le piment et le haricot vert. C'est un ravageur diapausant facultatif, à grande mobilité, qui peut se déplacer sur des centaines de kilomètres (Feng et *al.,* 2009) (1) ou sur de courtes distances de l'ordre de quelques kilomètres (Tsafack, 2014)(2).

En Afrique sub-sahérienne, pour assurer le contrôle des ravageurs, la lutte chimique demeure la méthode la plus utilisée par les producteurs dans la culture cotonnière. Néanmoins l'utilisation massive en Côte d'Ivoire depuis plusieurs années de certains produits insecticides, notamment les pyréthrinoïdes pour contrôler les lépidoptères du cotonnier s'est traduite par une sélection d'individus résistants chez des ravageurs comme *H. armigera* (Martin *et al.,* 2000 (3) ; Brevault *et al.,* 2008 (4)). La résistance de *H. armigera* aux pyréthrinoïdes confirmée en 1997 en Afrique de l'ouest précisément en Côte d'Ivoire a entraîné la mise en place d'une nouvelle stratégie afin de restreindre l'utilisation des pyréthrinoïdes. Il s'est donc bâti autour de ce ravageur, à partir de 1998, une stratégie de prévention et de gestion de la résistance aux pyréthrinoïdes à travers les « programmes « fenêtres » (figure 1).

Le programme de Prévention et de Gestion de la Résistance aux Insecticides (PGRI) adopté en Côte d'Ivoire depuis 1998 a consisté à réduire l'utilisation de produits à base de pyréthrinoïdes au profit de produits alternatifs (benzoylurées, diamides, organophosphorés, avermectines, etc.) (Ochou et Martin, 2002 (5) ; Doffou et *al.,* 2011(6) ; Djihinto *et al.,* 2016 (7)). Il a eu le succès escompté auprès des paysans en ayant exercé un bon contrôle sur les populations du ravageur cible. Toutefois, des changements importants sont intervenus dans le faciès parasitaire au cours de ces dernières années (émergence de *Jacobiella facialis* (Pitou *et al.,* 2017 (8)), de *Bemisia tabaci* (Didi R *et al.,* 2017 (9) et des deux chenilles endocarpiques *Thaumatotibia leucotreta* et *Pectinophora gossypiella*) (Ochou, 2018 a ; 2018 b) (10) (11), perte de sensibilité observée chez les carpophages endocarpiques *Pectinophora gossypiella* et *Thaumatotibia leucotreta* (Doffou *et al.,* 2011 (6)).

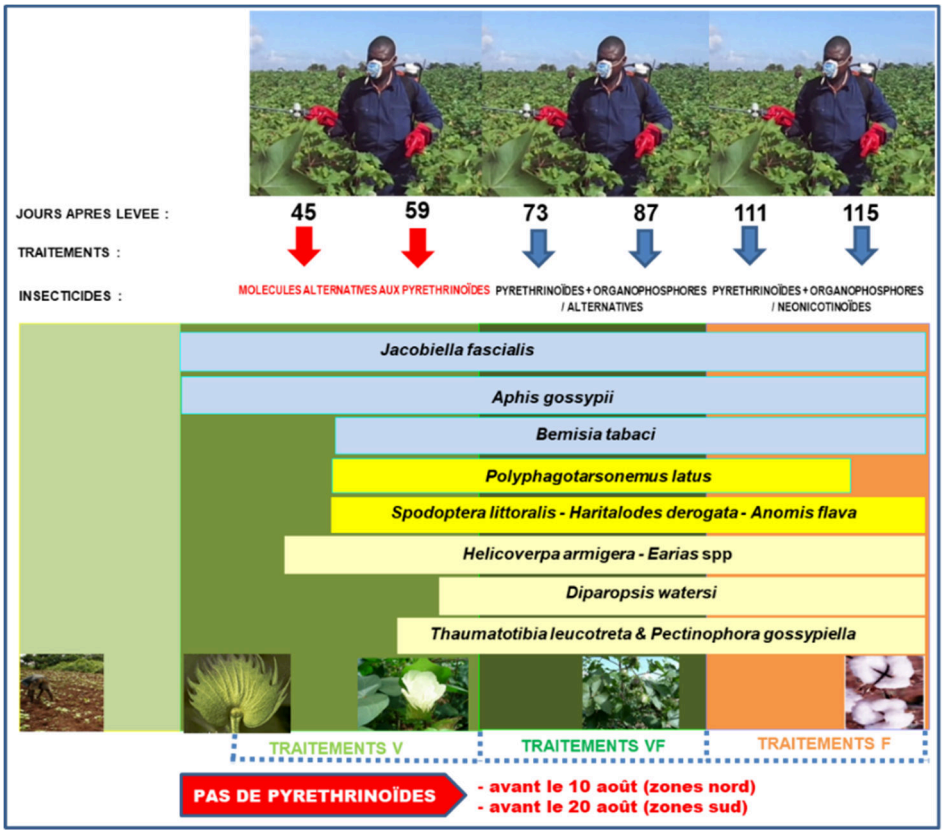


Fig. 1. Programme de gestion de la résistance de H. armigera vis-à-vis des pyréthrinoïdes mis en place en culture cotonnière en Côte d'Ivoire depuis 1998

Tous ces phénomènes nous amènent à remettre en question nos stratégies de gestion qui sont tout d'abord basées sur une bonne connaissance des ravageurs (distribution spatio-temporelle) et le suivi de sensibilité des ravageurs aux insecticides (Alaux 1994 (12)). Le programme ne serait-il plus efficace ? Cette étude basée sur un suivi des populations adultes et larvaires de *H. armigera* a pour objectif de faire un état des lieux de l'évolution spatio-temporelle des niveaux moyens des infestations au cours des six dernières années (2012-2017) en vue d'actualiser dans la mesure du nécessaire le programme de gestion en vigueur.

2 MATÉRIEL ET MÉTHODES

2.1 SITES D'ÉTUDE

La zone d'étude, illustrée par la figure 2, a concerné l'ensemble de la zone de culture cotonnière, précisément entre 6°-10°50 de latitude Nord et 4°-8° de longitude Ouest. Cette zone d'étude comprend la station de recherche cotonnière basée à Bouaké et l'ensemble des zones administratives de production cotonnière des sociétés cotonnières. Ces localités sont réparties au regard de la pluviométrie en deux grandes régions par rapport au 9ème parallèle, à savoir : la région Nord pour toutes les localités cotonnières au-dessus du 9ème parallèle, avec une seule saison de pluie ; la région Sud pour toutes les localités cotonnières en dessous du 9ème parallèle, avec deux saisons de pluie.

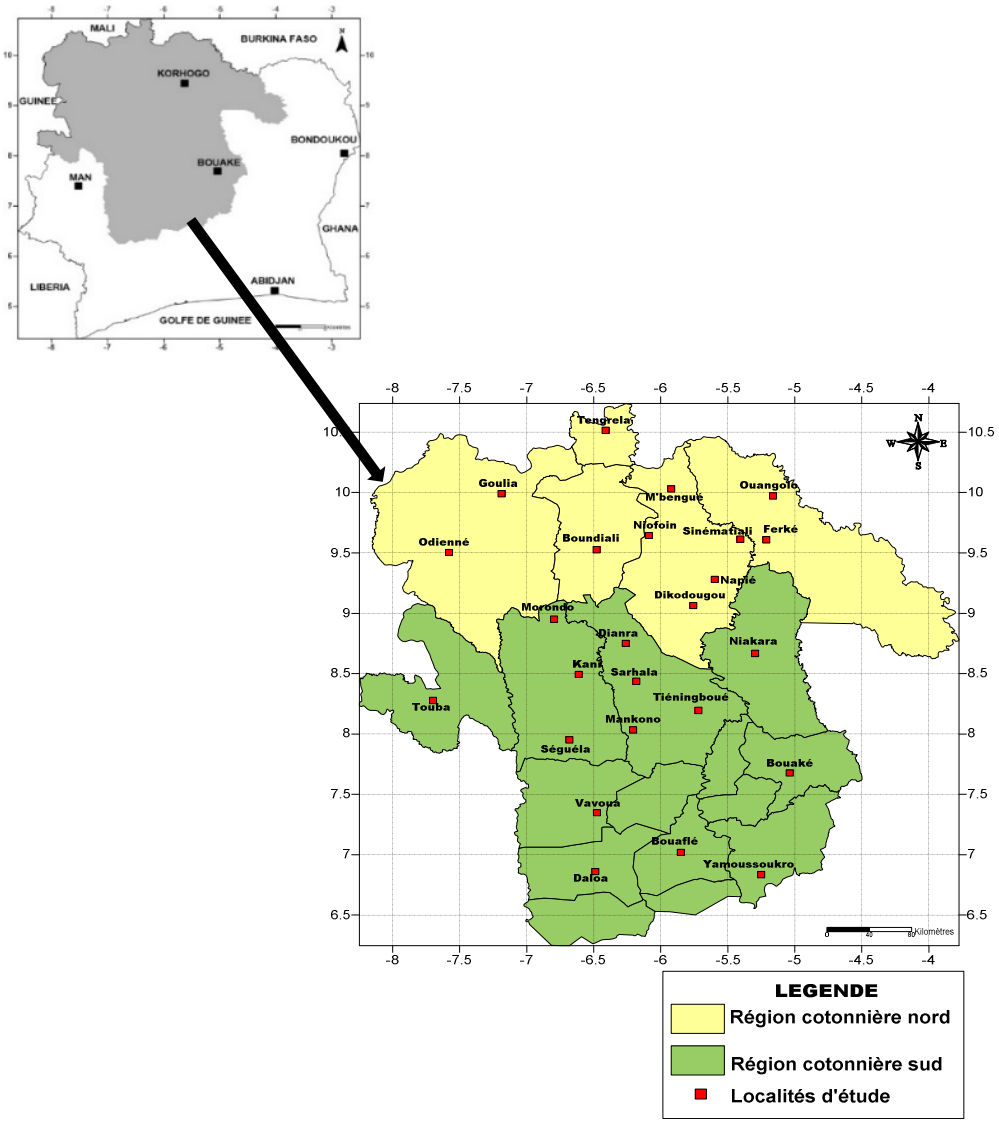


Fig. 2. Zone de production cotonnière de Côte d'Ivoire

2.2 MATÉRIEL ANIMAL

La présente étude a concerné les adultes et les larves du Lépidoptère *H. armigera* de la famille des Noctuidae. Les populations adultes naturelles mâles de l'insecte, volent surtout la nuit. Les papillons sont nocturnes et c'est durant la nuit qu'ont lieu leurs accouplements et les pontes. Leur activité a été suivie à travers leurs captures par les pièges à phéromone installés dans les blocs de culture cotonnière, du début à la fin du cycle du cotonnier. Les populations larvaires principalement carpophages s'attaquent aux boutons floraux, aux fleurs et aux capsules vertes. Elles sont très voraces et préfèrent les organes fructifères, attirées par leur forte teneur en azote (Fitt 1989 (13)). Les populations larvaires ont été aussi suivies à travers des observations directes sur plants durant toute la période de floraison et fructification du cotonnier. *H. armigera* est le ravageur le plus régulier et le plus dangereux de la culture cotonnière en Côte d'Ivoire.

2.3 SUIVI DES POPULATIONS NATURELLES ADULTES

Le dispositif de suivi des populations adultes a impliqué cinq (5) sites : Diawala (zone cotonnière extrême nord), Nambingué (zone cotonnière extrême nord), Korhogo (zone cotonnière nord), Séguéla (zone cotonnière sud-ouest) et Mankono (zone cotonnière sud-ouest). Les pièges ont été implantés sur ces sites, toute la période de la mise en place de la culture cotonnière de juin à décembre en 2015 ; seul le site de Séguéla a reçu le piège sur trois années consécutives de 2015 à 2017. **L**e piège est de confection locale, représenté par une bouteille d'eau minérale vide avec trois ouvertures latérales de 2 cm x 4 cm sur le tiers supérieur de la bouteille en plastique. La moitié supérieure de la bouteille a été peinte en noir. Le fond de la bouteille a été rempli d'eau jusqu'à la 4ème rainure (environ 10 cm) en prenant soin d'y ajouter un peu de détergent liquide. La charge de phéromone est suspendue par un fil en fer à l'intérieur de la bouteille, à travers le bouchon de la fermeture de façon à la réajuster au niveau des orifices latéraux. Les phéromones utilisées ont été fournies par la société Russell IPM Ltd, sous la forme de capsule en polyéthylène sous le code PH-462-1RR pour *H. armigera*. Le piège à phéromone a été accroché à un pieu en bois, en bordure du bloc de culture ; son emplacement prend en compte la direction du vent. La charge de phéromone suspendue à l'intérieur de la bouteille a été changée toutes les quatre (04) semaines.

Le comptage des individus adultes mâles capturés par le piège de surveillance a été effectué 3 fois par semaine durant la campagne agricole. L'abondance des captures hebdomadaires réalisées a permis d'établir la dynamique saisonnière et géographique des populations adultes mâles.

2.4 SUIVI DES INFESTATIONS LARVAIRES

Le suivi des infestations larvaires a eu lieu en milieu paysan dans les zones cotonnières pendant six campagnes agricoles consécutives de 2012 à 2017. Chaque campagne agricole, 10 parcelles paysannes ont été sélectionnées par zone, réparties de façon proportionnelle sur les différentes décades de semis les plus représentatives de la zone de production ; les parcelles ont été choisies chez des producteurs appliquant le programme de lutte sur calendrier. Le dispositif de suivi parasitaire a donc impliqué des parcelles paysannes de 0,25 ha dont le nombre total a varié selon les années entre 360 et 500 dépendant des organisations administratives et techniques des sociétés cotonnières.

Sur chaque parcelle, il a été effectué une série de 15 relevés parasitaires qui débutent à partir du 30ème jour après levée du cotonnier et se poursuivent à intervalle régulier d'une semaine. Les observations hebdomadaires ont été effectuées plant par plant sur un échantillon de 30 plants pris par groupe de cinq plants consécutifs par ligne, selon la méthode de la diagonale (Vaissayre, 1982 (14)). Les observations ont été faites sur le plant en entier en examinant les feuilles, les boutons floraux, les fleurs et les capsules. Le nombre de chenilles de *H. armigera* est enregistré sur une fiche de relevés tout comme les autres espèces carpophages rencontrées. Les niveaux moyens d'infestations larvaires établis à chaque date d'observation par zone ont permis de déterminer leurs variations saisonnières et géographiques.

2.5 TRAITEMENT ET ANALYSE STATISTIQUE DES DONNÉES

Les données parasitaires obtenues ont été saisies à l'aide d'Excel version 2013 pour Windows en vue de l'établissement de la dynamique saisonnière des populations adultes, des variations annuelles et saisonnières des infestations larvaires ainsi que les relations entre les populations adultes et larvaires, et les niveaux d'infestations larvaires et les décades de semis. Des barres d'erreur standard ont été matérialisées sur certains graphiques à partir des écart-types calculés. Le logiciel de cartographie Surfer version 11.5.1069 a permis d'établir les cartes de distribution géographique des infestations parasitaires. Le logiciel SPSS version 20 a permis de faire l'analyse de variance. En cas de différence significative (seuil de 0,05), le test de Duncan a permis de dégager les différents groupes ou sous-ensembles homogènes qui sont représentés par des lettres alphabétiques a, b, c, etc. Ainsi les moyennes suivies des mêmes lettres appartiennent au même groupe.

3 RESULTATS ET DISCUSSION

3.1 DYNAMIQUE SAISONNIÈRE DES POPULATIONS NATURELLES DE *H. ARMIGERA*

L'évolution de la population adulte de *H. armigera* au cours de la campagne agricole 2015 a donné des profils quasi identiques dans les différentes localités où été implantés les pièges à phéromone (Diawala, Nambingué, Korhogo, Séguéla, Mankono). Deux périodes de pullulations des adultes ont été observées. Une première de pullulations dans le mois d'août et une deuxième plus importante de mi-octobre à mi-novembre. Les pics de pullulations sont apparus cependant avec quelques jours de retard ou d'avance selon les régions. A Séguéla, le pic le plus important a été observé du 19 au 25 Octobre alors qu'à Nambingué et à Diawala les premiers pics ont été observés dès début août ou à la dernière décade d'août. En dehors de ces périodes de forte activité, les populations adultes ont régulièrement manifesté leur présence avec de très légers pics durant le mois de septembre et par la suite avec une intensité relativement forte sur les mois de novembre et décembre.

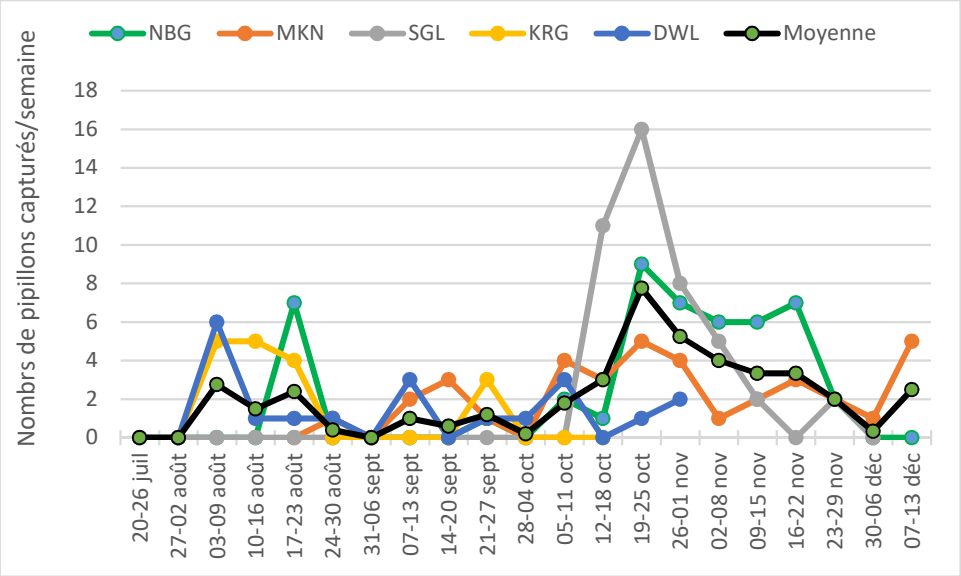
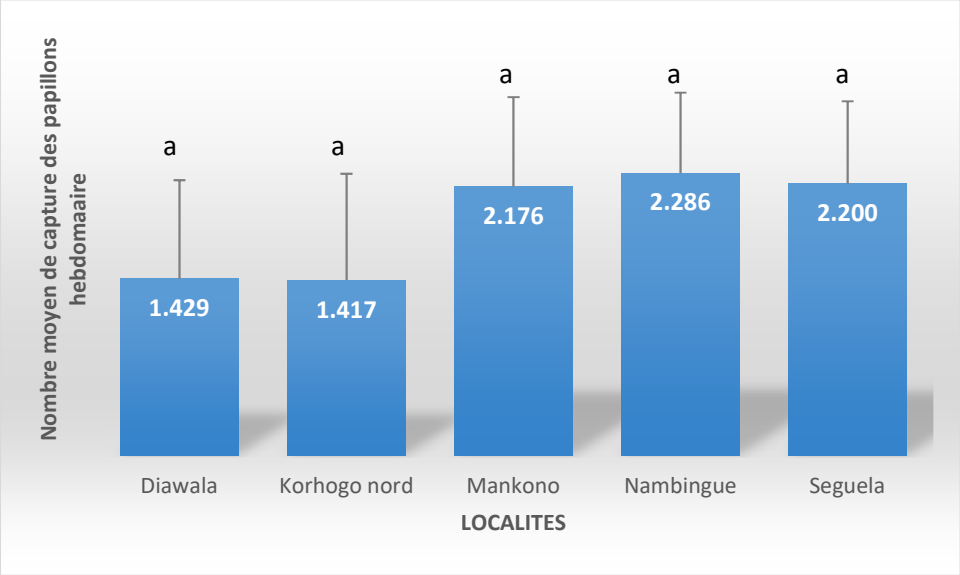


Fig. 3. Variations saisonnières d'abondance des populations adultes de H. armigera dans différentes zones cotonnières en 2015

3.2 VARIATIONS GÉOGRAPHIQUES D'ABONDANCE DES POPULATIONS ADULTES DE *H. ARMIGERA* DANS LA ZONE COTONNIÈRE

Les volumes de captures de papillons de *H. armigera* ont été cependant variables en fonction des localités (Figure 3). Les captures de papillons adultes ont été relativement peu nombreuses dans les localités. L'analyse statistique des données n'a révélé aucune différence significative entre les localités ; toutefois les localités de Nambingué, Mankono et Séguela ont présenté des niveaux moyens hebdomadaires plus élevés que les localités de Korhogo et Diawala (2,2 contre 1,4 papillons capturés/ semaine).



ddl :4 *F : 0,325* *p : 0,861*

Fig. 4. Niveaux moyens des captures hebdomadaires des adultes de H. armigera dans différentes régions au cours de la campagne agricole 2015

3.3 VARIATIONS ANNUELLES D'ABONDANCE DES POPULATIONS ADULTES DE *H. ARMIGERA*

A Séguéla, le pic le plus important a été observé du 19 au 25 Octobre (16 papillons capturés) en 2015. Pour les années 2016 et 2017, deux importants pics ont été observé au même moment. Le premier, du 12 au 18 octobre (11 vs 5 papillons capturés) et le deuxième du 26 au 1 novembre (9 vs 7 papillons capturés)

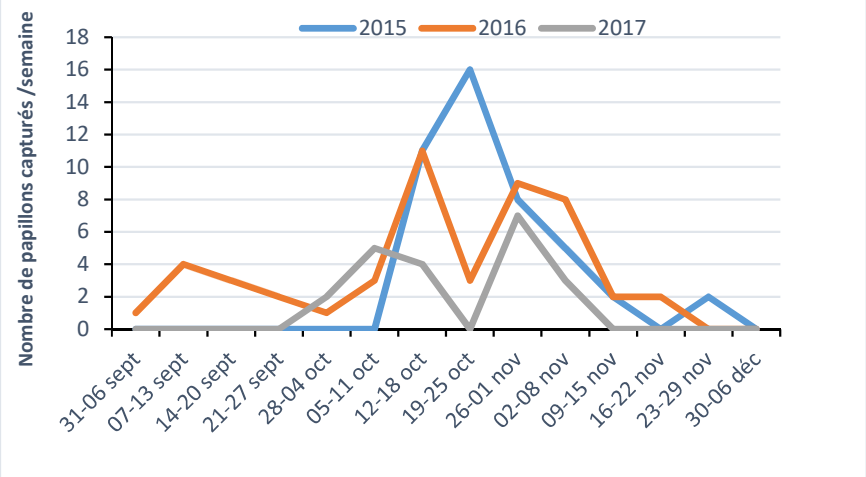


Fig. 5. Evolution de la population adulte de H. armigera à Séguéla au cours des campagnes agricoles 2015 à 2017

3.4 VARIATIONS SAISONNIÈRES DES INFESTATIONS LARVAIRES SUR PLANTS

Au niveau de l'évolution saisonnière, les infestations ont été plus importantes au cours des mois de septembre et octobre. Il a été observé une augmentation régulière dès le début du mois de juillet pour atteindre un pic de dans la semaine du 24 au 30 septembre, comme en 2016 (**Figure 6**). Au cours des différentes campagnes agricoles (2012, 2013, 2014, 2015, 2016 et 2017), les premières chenilles sont apparues à partir de début juillet puis les populations larvaires ont progressivement évolué jusqu'à atteindre des pics plus importants de la dernière décade de septembre à la première décade d'octobre. En 2013, nous avons observé un pic de 0,29 larves/ 30 plants observés pendant la semaine du 15 au 21 octobre. En 2045 et 2015 les pics les

plus importants ont été observés à la même semaine d'observation qui est du 17 au 23 septembre, avec des niveaux d'infestations larvaires respectifs de 0,38 et 0,53 larves/ 30 plants observés. Pour les années 2016 et 2017 les pics les importants sont apparus à la même date d'observation, le 01 octobre (0,26 vs 0,35 larves/ 30 plants).

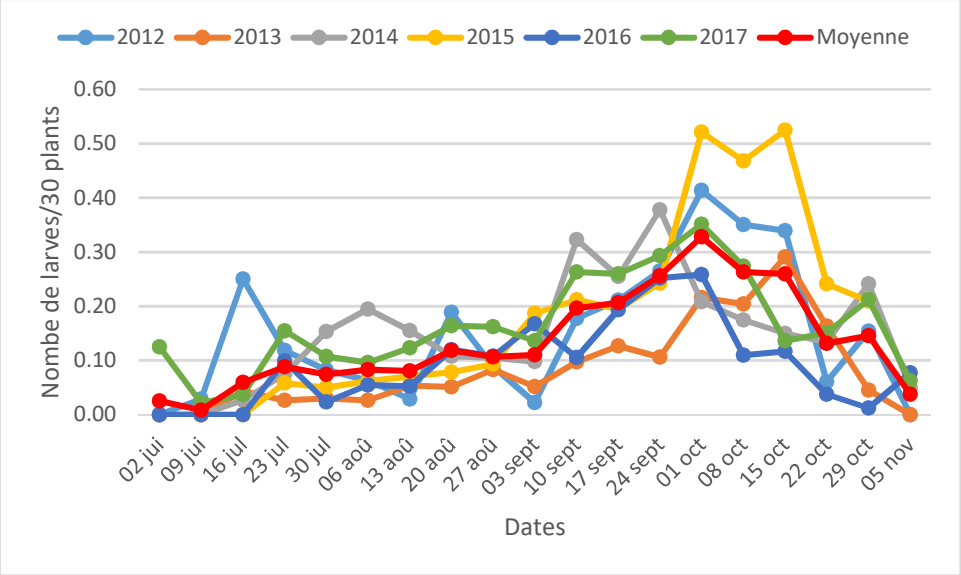
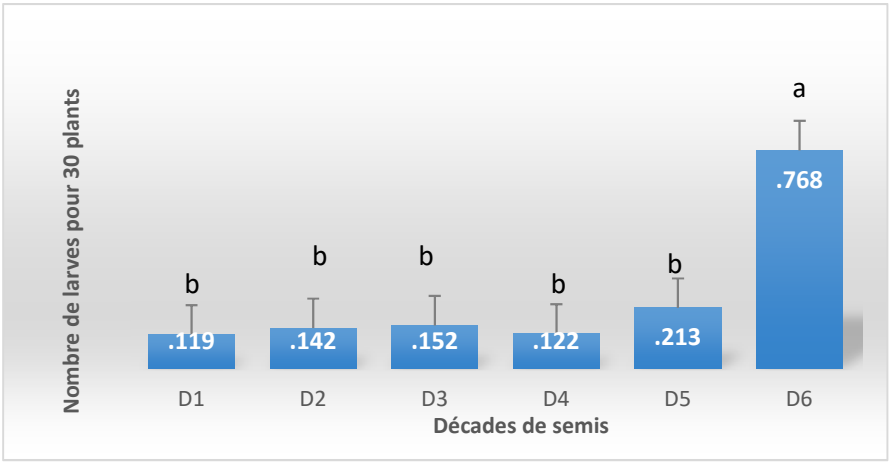


Fig. 6. Evolution saisonnière des infestations larvaires de H. armigera sur plants au cours des campagnes agricoles de 2012 à 2017

3.5 EVOLUTION DES INFESTATIONS LARVAIRES SELON LES DÉCADES DE SEMIS

Les résultats obtenus montrent que les dates de semis ont une incidence sur les niveaux d'infestations. L'évolution moyenne des niveaux moyens d'infestations larvaires en fonction des décades de semis est illustrée par la figure7. De façon générale, des infestations larvaires plus importantes de *H. armigera* ont été notées sur les semis tardifs. Les cotonniers issus des semis du 20 juin au 20 juillet (décade 5 à décade 6) ont hébergé plus de chenilles de *H. armigera*. L'analyse statistique a révélé une différence significative (ddl : 5 ; F : 12,92 ; p : 0,000) entre les niveaux d'infestations larvaires observés par décades de semis et deux sous ensemble homogènes ont été observé (Figure 7). Les infestations ont été plus présentes lors des deux (2) dernières décades de semis (d'environ 0,213 chenille/30 plants à 0,768 chenille/30 plants).



ddl= 5 F= 12,92 p= 0,000

Fig. 7. Variations de niveaux moyens d'infestations larvaires de H. armigera en fonction des décades de semis du coton.

3.6 VARIATIONS ANNUELLES DES INFESTATIONS LARVAIRES DE *H. ARMIGERA* SUR PLANTS DANS LES ZONES COTONNIÈRES

Les niveaux moyens des infestations larvaires de *H. armigera* de la zone cotonnière ont varié de 0,08 chenille p.30 plants à 0,24 chenille p. 30 plants. En 2016, le niveau moyen de la zone cotonnière est de 0,13 chenilles p.30 plants. Comme l'illustre la figure 8, ce niveau est en légère baisse par rapport aux années 2015, 2014 et 2017 où il a été obtenu respectivement 0,24 chenilles p.30 plants, 0,22 chenilles p.30 plants et 0,20 chenilles p.30 plants. Il est sensiblement équivalent aux niveaux d'infestations observés de 2012 et 2013 (0,10 à 0,08 chenilles p.30 plants).

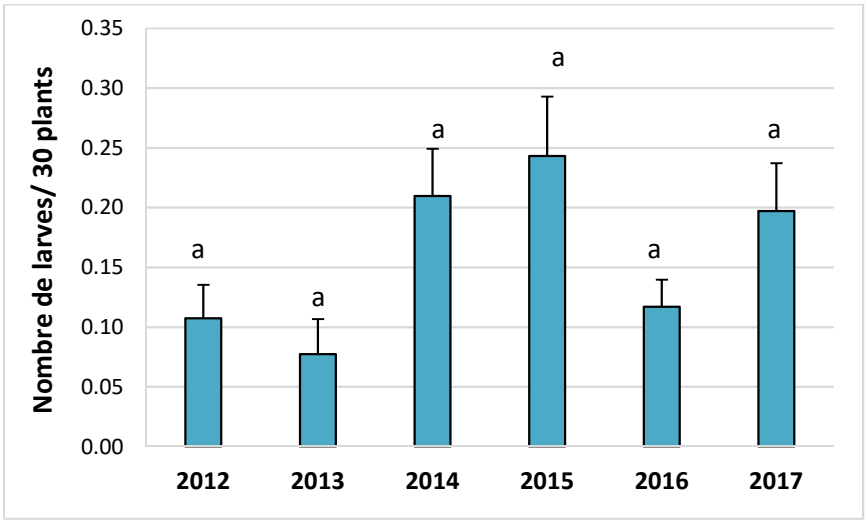


Fig. 8. Evolution annuelle des niveaux d'infestation de H. armigera sur plants de cotonnier pendant les campagnes agricoles de 2012 à 2017

3.7 RELATIONS ENTRE LES INFESTATIONS LARVAIRES AU CHAMP ET LA DYNAMIQUE DES POPULATIONS ADULTES DE *H. ARMIGERA*

La figure 9a met en évidence un décalage d'environ 2 semaines entre les premiers pic de pullulation des adultes et des infestations larvaires de *H. armigera ;* et un décalage d'une semaine entre les seconds pics.

En 2016 et 2017, les captures de ce lépidoptère n'ont pas été abondantes. Les quelques captures réalisées indiquent des pics de pullulation en mi-septembre et en mi-octobre. Le faible niveau de capture ne permet pas de bien établir la relation avec les infestations larvaires pour ce ravageur. Les périodes de pullulations des adultes semblent correspondre aux fortes infestations larvaires. Par ailleurs, l'analyse de régression indique qu'environ 27 % (R^2 = 0,274 ; *F* = 7,17 ; Pr > *F* = 0,015) de la variabilité des infestations larvaires est expliquée par le nombre d'adultes capturés, avec une erreur de 1,5 %. Le reste de la variabilité est dû à des effets non pris en compte ici (facteurs climatiques, nombre de femelles disponibles, taux d'éclosion, maladies et ennemis naturels, etc.). L'équation du modèle s'écrit : Nombre de larves/30 plants = 0,04 + 0,008* Nombre d'adultes capturés/piège. Cela indique qu'à chaque fois que le nombre de mâles capturés augmente de 1 individu, le niveau moyen d'infestations augmente de 0,008 larves p.30 plants.

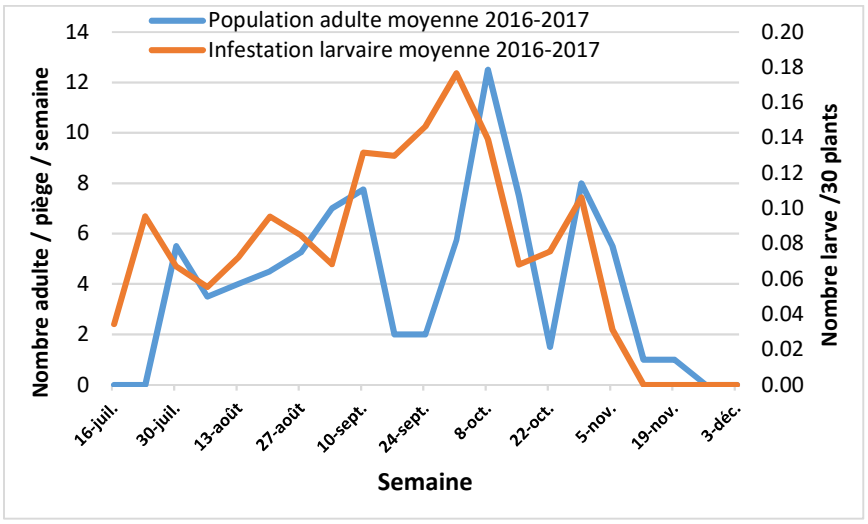


Figure 9a : Relation entre l'évolution saisonnière des adultes mâles capturés et les infestations larvaires de H. armigera sur la période 2016-2017

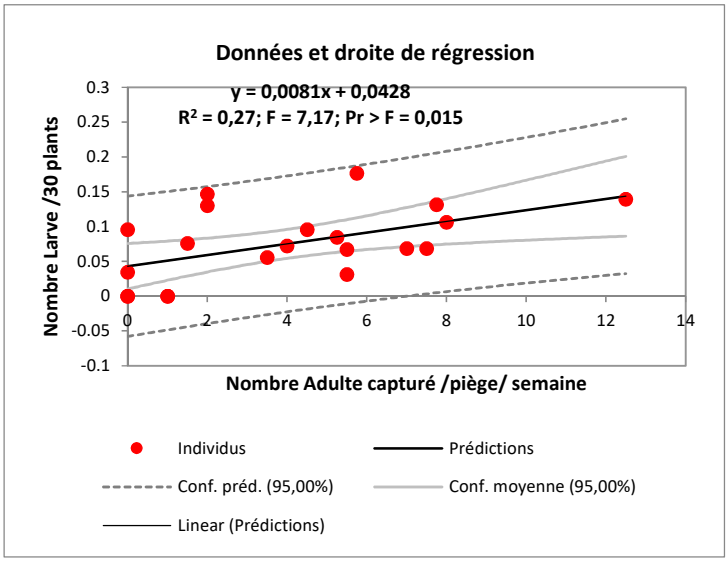
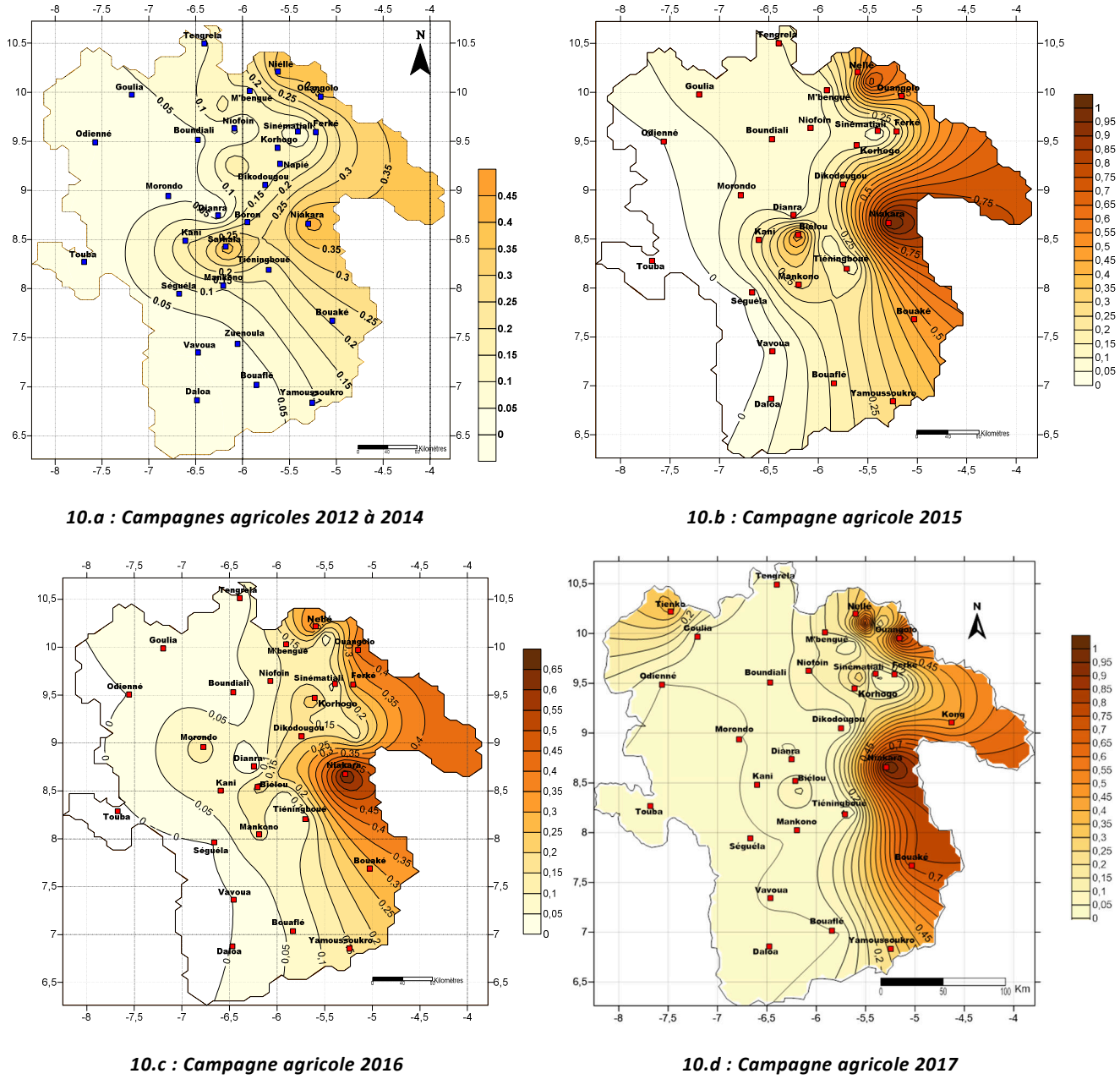


Figure 9b : Régression du nombre de larve de H. armigera sur plant en fonction du nombre de mâles capturés par piège par semaine

3.8 DISTRIBUTION GÉOGRAPHIQUE DES INFESTATIONS LARVAIRES DE *H. ARMIGERA*

La distribution géographique des infestations larvaires sur le cotonnier au cours de ces six dernières campagnes agricoles (de 2012 à 2017) présente des profils géographiques similaires. La période récente allant de 2012 à 2017 a présenté un redéploiement du ravageur dans les zones Sud-Est et Nord-Est (Sarhala, Tieningboué, Niakara, Ouangolo et Niellé) (figure 10 a-d). Au cours de l'année 2016, l'insecte a été présent principalement sur le côté Est de la zone cotonnière ; les plus fortes infestations étant observées à Niakara (0,47 chenilles p.30 plants), Ouangolo (0,42 chenilles p.30 plants) et Niellé (0,38 chenilles p.30 plants) (figure 10 c). Au cours de la campagne 2017, l'insecte a été présent principalement sur le côté Est de la zone cotonnière (figure 10 d). Les plus fortes infestations ont été observées à Niakara (1,02 chenilles p.30 plants), Ouangolo (0,86 chenille p.30 plants) et Niellé (0,83 chenille p.30 plants) et Bouaké (0,74 chenille p.30 plants).



10.a : Campagnes agricoles 2012 à 2014

10.b : Campagne agricole 2015

10.c : Campagne agricole 2016

10.d : Campagne agricole 2017

Fig. 10. Distribution géographique des infestations larvaires de H. armigera dans la zone cotonnière en Côte d'Ivoire de 2012 à 2015 (nombre moyen de chenilles /30 plants)

4 DISCUSSION

4.1 PRÉVISION DES RISQUES D'INFESTATIONS DE *H. ARMIGERA*

La corrélation observée entre les populations adultes et les infestations larvaires permet d'anticiper et d'appréhender mieux les périodes de fortes pullulations larvaires de *H. armigera*. Les différentes périodes de pullulations qui ont été déterminées chez les populations naturelles de *H. armigera* représentent un bon indicateur des niveaux d'infestations sur les parcelles cotonnières. L'utilisation de pièges à phéromones permet d'étudier la dynamique des populations et ensuite élaborer une prévision des risques (Pintureau, 2009)(15). La surveillance des populations de lépidoptères par piégeage sexuel permet de détecter de manière plus ciblée les premiers vols (Abrol & Shankar, 2012)(16). Il est néanmoins indispensable de comprendre profondément leur dynamique spatio-temporelle en réalisant des observations complémentaires (variétés cultivées et plantes hôtes environnantes, données pluviométriques journalières des postes les plus proches, relevés phénologiques, etc.). La connaissance de ces donnes parasitaires permettra d'élaborer une stratégie de gestion optimale

(système d'alerte /avertissement) dans chaque grande zone de production. La prévision des risques d'infestations de ce lépidoptère carpophage du cotonnier est donc possible en Côte d'Ivoire.

4.2 AIRE GÉOGRAPHIQUE DE PRÉDILECTION DES POPULATIONS DE *H. ARMIGERA*

Les infestations larvaires ont été présentes sur l'ensemble de la zone cotonnière mais plus fortes dans quelques localités situées pour la majorité dans les zones Sud Est et Nord-Est cotonnières. La distribution géographique du ravageur observée au cours la présente étude ne concorde pas suffisamment avec les profils décrits pour les périodes antérieures à 2010 où les fortes infestations étaient localisées dans certaines localités de l'axe Dianra, Sarhala, Boron et Tengréla, autour du 6° Longitude Ouest (Ochou, 2011(17)), voir même avant 1998, plus dans la zone sud de la zone cotonnière (Dianra, Mankono, Tieningboué, Sarhala et Marandalla) (Ochou 2011 (17)., Doffou *et al.,*2011(6)). La cartographie de la distribution géographique des infestations larvaires de *H. armigera* a montré que les localités à l'Est de La zone cotonnière subissent beaucoup plus la pression parasitaire du ravageur et se révèlent être plus favorables au développement de ce dernier. Les conditions climatiques et la disponibilité de plantes hôtes sauvages ou cultivées, constitueraient ainsi l'attractivité de cette zone pour ces ravageurs.

4.3 PÉRIODE CRITIQUE DE PULLULATIONS DES POPULATIONS ADULTES ET LARVAIRES DE *H. ARMIGERA*

Les périodes critiques de pullulation sont restées les même et se situent entre juillet-août et septembre-octobre (Ochou, 2015 (18)). En Afrique de l'ouest, Nibouche (1994(19)) a montré que le cotonnier était la plante hôte privilégiée d'*H. armigera*. Nous avons alors supposé que dans un environnement composé d'une forte densité de cotonniers, adultes ou larves d'*H. armigera* seront plus abondants. Il existe aussi l'hypothèse de l'hôte alternatif où nous stipulons que la présence d'autres plantes hôtes d'*H. armigera* dans un environnement paysager pourrait diluer l'abondance d'*H. armigera* dans la parcelle de cotonnier étudiée. Les plantes hôtes d'*H. armigera* alternatives au cotonnier, présentes dans la zone d'étude telles que les maraîchers et le maïs. Nous avons supposé que si ces plantes hôtes étaient présentes dans l'environnement paysager d'une parcelle de cotonnier, alors elles pourraient servir de refuge en dehors de la période d'attractivité du cotonnier. De plus, les paysages diversifiés détiennent plus de potentiel pour la conservation de la biodiversité et le maintien de la fonction de contrôle des ravageurs (Chaplin-Kramer *et al.,* 2011) (20). Par ailleurs, les différentes périodes de pics de forte activité des papillons adultes pourraient être en rapport avec le stade phénologique des cotonniers. En juillet/août l'apparition des premiers boutons floraux entre les 35-45ème jours après la levée des cotonniers, coïncide avec la première génération de larves. Dans un environnement propice à la multiplication des générations successives de *H. armigera* dont les premiers pics coïncident avec la phase de formation des organes fructifères des cotonniers (Attick *et al.,* 2004 (21)).

4.4 DÉCADES DE SEMIS FAVORABLES AU DÉVELOPPEMENT DES INFESTATIONS LARVAIRES DE *H. ARMIGERA*

L'analyse des résultats montre clairement que les dates de semis ont une incidence sur les niveaux d'infestations. Il a été observé de manière générale un niveau moyen d'infestation plus prononcée pour les dernières décades de semis. En effet cette observation corrobore celle d'Ochou (2011)(17) qui a pu montrer que les semis tardifs faisaient partie des conditions favorables aux périodes critiques de pullulations du ravageur. Les dernières décades sont celles qui présentent des fortes infestations ce constat est visible avec une forte infestation à la sixième et septième décade (0,756 et 0,246 chenilles/30 plants) alors que les semis précoces de la première décade et de la deuxième décade présentent des faibles niveaux d'infestations larvaires. Ce phénomène peut s'expliquer par le fait que pour ces dates de semis, les phases de formation des boutons floraux et les fleurs débutent bien avant la période critique des infestations de *H. armigera*. Par contre les semis tardifs stimulés par les pluies tardives présentent une meilleure attraction alimentaire pendant cette phase critique. Nibouche (1994) (19) souligne que l'oviposition de ce ravageur dépend beaucoup de l'attraction des plantes hôtes et celui-ci atteint un niveau maximal pendant la floraison sur le coton. La date de semis est un facteur très important pour les agriculteurs et sont généralement fonction des conditions climatiques de chaque région ; elles définissent de ce fait le calendrier cultural d'une région. Mais les semis tardifs ne sont pas dans tous les cas liés à des infestations larvaires importantes. Dosdall *et al.;* 1996 (22) ont montré qu'un semis tardif (fin mai) de colza avait un effet négatif sur l'infestation par les mouches crucifères Delia spp contrairement à notre étude. Ils ont en effet observé une différence significative entre le nombre d'œufs de *D. radicum* et *D. floralis* entre les parcelles semées tôt (début et mi- mai) et celles semées tard (fin-mai). L'endommagement racinaire était plus prononcé dans les parcelles semées tôt par rapport à celles semées tardivement. Ils ne préconisent cependant pas des semis tardifs parce qu'ils ont remarqué que même si la parcelle était moins infestée, les rendements étaient néanmoins plus faibles.

4.5 IMPACT DU PROGRAMME DE « PROTECTION FÉNÊTRE » SUR *H. ARMIGERA* AU CHAMP

En Côte d'Ivoire, depuis que la résistance de *H. armigera* aux pyréthrinoïdes a été confirmée sur plusieurs souches (Martin *et al.,,* 2000) (3), une stratégie inspirée des programmes fenêtres australiens (Forrester et Cahill , 1987) (23) a été proposée

pour restreindre l'utilisation des pyréthrinoïdes et contrôler efficacement les populations de *H. armigera* . Des faibles niveaux d'infestations larvaires ont pu être observés sur la période allant de 1999 à 2007, dénotant ainsi du succès de l'adoption du programme. Sur la période de la présente étude, les populations larvaires de *H. armigera* ont présenté selon les années des niveaux d'infestations très variables, allant de 0,018 à 0,476 chenilles / 30 plants. Il est à noter que cette période a été similaire à celle de 1999 à 2007 comme l'a montré Ochou *et al.,* 2012) (24). En effet, tout comme celle de 1999 à 2007, elle s'est démarquée de la période antérieure partant de 1993 à 1998, année depuis laquelle, la stratégie de gestion et de prévention de la résistance de *H. armigera* aux pyréthrinoïdes a été mise en place à travers les programmes fenêtres (Ochou *et al.,* 2012)(24) .Les niveaux moyens d'infestations des périodes, partant premièrement de 1993 à 1998, ensuite de 1999 à 2007 et enfin de 2012-2017, ont été respectivement de 0,22, 0,08 et 0,16 chenilles/ 30 plants. Malgré une légère hausse par rapport à la phase précédente, cette situation de la présente étude dénote de l'impact positif que continue de procurer l'adoption généralisée des programmes fenêtres sur les infestations larvaires de *H. armigera* depuis presque 20 ans, Néanmoins, une attention particulière doit être portée sur la zone de prédilection actuelle du ravageur. En outre, la grande variabilité notée dans les niveaux d'infestations larvaires indique un certain relâchement dans l'application des recommandations. Par ailleurs, il s'avère de plus en plus crucial de continuer la recherche de nouvelles molécules insecticides, alternatives aux pyréthrinoïdes, qui soient hautement efficaces contre *H. armigera*.

La stratégie de gestion de la résistance aux pyréthrinoïdes mise en place en culture cotonnière de Côte d'Ivoire, doit renforcer plus que jamais la lutte contre *H. armigera,* surtout dans les zones de prédilection en recommandant à la première fenêtre non seulement des molécules alternatives aux pyréthrinoïdes mais aussi efficaces contre *H. armigera*.

5 CONCLUSION

Depuis la mise en place du programme de gestion, les infestations ont baissé mais depuis 2010 elles présentent une légère hausse*. H. armigera* est présent dans toute la zone cotonnière (Sud-Est et Nord-Est) mais a une préférence pour la zone cotonnière sud. Il atteint une infestation maximale durant les mois de septembre et octobre et les semis tardifs favorisent par ailleurs les infestations du ravageur qu'il soit en zone nord où sud. Il s'avère que les facteurs affectant le ravageur sont sa biologie, ses plantes hôtes, le climat et surtout ses facultés à s'adapté et à survivre pendant les mauvaises périodes. Il serait important de poursuivre cette étude en tenant compte de tous les paramètres (paramètres climatique et écologique) pouvant influer sur le développement du ravageur *H. armigera.*

REFERENCES

[1] H-Q Feng, X Wu, B Wu, K Wu. 2009. Seasonal migration of *Helicoverpa armigera* (Lepidoptera: Noctuidae) over the Bohai Sea. Journal of Economic Entomology, 102:95-104.

[2] N.M Tsafack., 2014. Abondance et origine trophique de la noctuelle de la tomate (*Helicoverpa armigera)* dans les paysages ruraux de production cotonnière au nord Benin. Thèse de doctorat. Institut National Polytechnique de Toulouse, France, 195 p.

[3] T Martin., O.G. Ochou., F. Hala-N'Klo, J-M. Vassal & M. Vaissayre, 2000. Pyrethroid resistance in the cotton bollworm, *Helicoverpa armigera* (Hübner), in West Africa. *Pest. Manag. Sci.* 56 : 549-554

[4] T Brevault, J Achaleke, SP Sougnabe, M Vaissayre. 2008. Tracking pyrethroid resistance in the polyphagous bollworm, *Helicoverpa armigera* (Lepidoptera: Noctuidae), in the shifting landscape of a cotton-growing area: Bulletin of Entomological Research, 98:565-573.

[5] O.G Ochou &, T. Martin, 2002. Pyrethroïd Resistance in *Helicoverpa armigera* (Hübner): Recent Developments and Prospects for its Management in Côte d'Ivoire West Africa. *Resist. Pest. Manag*. 12 (1):10-16

[6] N M Doffou, O G Ochou, P Kouassi. 2011. Susceptibility of *Pectinophora gossypiella* (Lepidoptera: Gelechiidae) and *Cryptophlebia leucotreta* (Lepidoptera: Tortricidae) to Insecticides Used on Cotton Crops in Côte d'Ivoire, West Africa. Implications in Insecticide Resistance Pest Management Strategies. *Resistant Pest Management Newsletter*, 20(2): 10-15.

[7] C.A. Djihinto., A Affokpon., E Dannon. &, G Bonni. (2016). Le profenofos, un alternatif à l'endosulfan en culture cotonnière au Bénin. *Int. J. Biol. Chem. Sci*., 10(1): 175-183. DOI : http://dx.doi.org/10.4314/ijbcs.v10i1.12

[8] P W E Kone, G EC Ochou, G J RDidi, S C Dekoula, M Kouakou, K K NBini, D Mamadou et O Gn Ochou. (2017).Evolution spatiale et temporelle des dégâts du jasside *Jacobiella facialis* Jacobi, 1912 (Cicadellidae) en comparaison avec la distribution de la pluviométrie au cours des vingt dernières années dans les zones de culture cotonnière en Côte d'Ivoire. *International Journal of Biological and Chemical Sciences* - Vol 11, No 3 (2017)*Vol 11, No 3 (2017)* DOI*: http://dx.doi.org/10.4314/ijbcs.v11i3.21*

[9] G J R Didi, P W E Kone, G E C Ochou, SC Dekoula, M Kouakou , K K N Bini , M D S Yao , D Mamadou et O G Ochou (2018) Évolution spatio-temporelle des infestations de la mouche blanche *Bemisia tabaci* (Gennadius, 1889) associées à la culture cotonnière en Côte d'Ivoire. *J. Appl. Biosci. 2018.* DOI : *https://dx.doi.org/10.4314/jab.v121i1.10*

[10] G E C Ochou, K C Kobenan, P W E Kone, R Didi, M Kouakou, K K N Bini, D Mamadou, A E Dick et O G Ochou (2018).Caractéristiques de l'évolution spatio-temporelle de *Pectinophora gossypiella* saunders (lepidoptera : gelechiidae) dans les zones de production cotonnière de côte d'ivoire : implications pour une stratégie de gestion optimale de la résistance aux pyréthrinoïdes. European Scientific Journal July 2018 edition Vol.14, No.21 I.Doi: 10.19044/esj.2018.v14n21p217

[11] G E C Ochou, K C Kobenan, SC Dekoula, P W E Kone, R Didi, M Kouakou, K K N Bini, D Mamadou, A E Dick et O G Ochou (2018). Caractéristiques de l'évolution spatio-temporelle de *Thaumatotibia leucotreta* meyrick (lepidoptera : tortricidae) dans les zones de production cotonnière de Côte d'Ivoire. European Scientific Journal. European Scientific Journal July 2018 edition Vol.14, No.21 I Doi: 10.19044/esj.2018.v14n21p261

[12] T Alaux., 1994. Prévention de la résistance aux pyréthrinoïdes chez *Helicoverpa armigera* (Hübner, 1908) (Lepidoptera : Noctuidae) en Côte d'Ivoire. Thèse de doctorat, institut National Polytechnique, Toulouse,France. 133p.

[13] G. P.Fitt. The ecology of Heliothis species in relation to agroecosystem Article (PDF Available) *in* Annual Review of Entomology 34(1):17-53 · November 2003 DOI: 10.1146/annurev.en.34.010189.000313

[14] M. Vaissayre .,1982. Méthodes d'échantillonnage des populations d'insectes dans les cultures cotonnières d'Afrique. *Entomophaga*, special issue, 25-29.

[15] B Pintureau.(2009). La lutte biologique. Application aux arthropodes ravageurs et aux adventices. Ed. Ellipses, Paris, 189pp. ISBN 978-2-7298-4147-8

[16] D. P Abrol &U. Shankar (2012). Integrated Pest Management: Principles and Practice. Division of Entomology, Sher-e-Kashmir University of Agricultural Sciences & Technology of Jammu: CAB International, Nosworthy Way, Wallingford, Oxon OX10 8DE, UK 2012 ISBN:978 1 84593 808 6

[17] O.G Ochou., 2011. Guide pour les traitements sur seuil du cotonnier en C'ôte d'Ivoire. 1ère édition, 35 p.

[18] O.G Ochou., M Kouakou et K.K.N Bini., 2015. Reconnaissance des principaux ravageurs et maladies du cotonnier et leurs ennemis naturels. Edition 2015, 67 p.

[19] S Nibouche. 1994. Cycle évolutif de *Helicoverpa armigera* (Hubner, 1808) (Lepidoptera, Noctuidae) dans l'Ouest du Burkina Faso : biologie, écologie et variabilité géographique des populations. PhD Thesis, Ecole Nationale supérieure Agronomique, Montpellier, France

[20] R. Chaplin-Kramer, M.E O'Rourke, EJ Blitzer, C Kremen. 2011. A meta-analysis of crop pest and natural enemy response to landscape complexity. Ecol. Lett., 14(9): 922-932. DOI: http://dx.doi.org/10.11s11/j.1461- 0248.2011.01642.x

[21] M.R Attique., Z Ahmad., A.I. Mohyuddin &, M.M. Ahmad (2004). Oviposition site preference of *Pectinophora gossypiella* (Lepidoptera : Gelechiidae) on cotton and its effects on boll development. *Crop Protection* 23 (4): 287-292.

[22] LM Dosdall, MJ Herbut, NT Cowle, TM Micklich. 1996. The effect of seeding date and plant density on infestations of root maggots, Detia spp. (lbiptera: Anthomyiidae), in canola. Canadian Journal of Plant Science, 76:169-177

[23] N.W Forrester., M Cahill., 1987. Management of insecticide resistance in *Heliothis armigera* (Hübner) I Australia. *In* Ford M., Holloman D. W., khambay B. P. S., Sawicki R. M (Eds), Combatting resistance in xenobiotics: Biological and chemicals Approaches: 127- 137. Ellis Horwood: UK

[24] G.O Ochou., M.N Doffou., E.K. N'goran et P.K Kouassi., 2012. Impact de la gestion de la résistance aux pyréthrinoïdes sur l'évolution spatio temporelle des principaux lépidoptères carpophages du cotonnier en Côte d'Ivoire. *Journal of applied biosciences*. Vol 53, pp 3831-3847.

International Journal of Innovation and Applied Studies
ISSN 2028-9324 Vol. 27 No. 1 Aug. 2019, pp. 262-278
© 2019 Innovative Space of Scientific Research Journals
http://www.ijias.issr-journals.org/

Les investissements directs étrangers comme facteur de croissance économique au Cameroun : Quelle est la réalité ?

[Foreign direct investment as a contributing factor to economic growth in Cameroon : How true is this ?]

Moïse DJEPANG KOUAMO[1] and Mohamadou ADAMOU HADJI[2]

[1]Département d'Economie Publique et Gestion des Ressources Humaines,
FSEG-Université de Dschang,
BP : 8390, Douala, Cameroon

[2]Département de Marketing et Organisation,
FSEG-Université de Dschang,
BP : 8390, Douala, Cameroon

Copyright © 2019 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 article is to question the reality of Foreign Direct Investment (FDI) as a factor of economic growth in Cameroon. The latter taken as an endogenous variable is measured by the annual growth rate of the Gross Domestic Product (GDP); FDI, domestic investment and education are the variables of interest. To these we have associated other control variables that have an impact on economic growth. The study is carried out over the period 1970-2016 and uses the autoregressive distributed lag (ARDL) method for estimating the parameters. The tests of Dickey-Fuller and Dickey-Fuller GLS made it possible to obtain the results on the stationarity of the variables and to carry out the cointegration test. Two regressions were applied: the first on the basic theoretical model and the second for the sensitivity analysis. The results obtained show that the assumption of presence of a cointegration relation is accepted. The error-correction term is negative and significant: this implies the existence of a short and long-term relationship between the variables. In addition, FDI is significantly positive for economic growth in Cameroon. It is therefore important for the managers of the latter to develop attractive measures to best capture these investments and direct them to sectors of activity creating added value.

KEYWORDS: Foreign direct investment; economic growth; domestic investment; education; Autoregressive distributed lag model; Cameroon.

JEL CLASSIFICATION CODE: C_{13}; C_{32} ; C_{51} ; F_{21} ; O_{40}.

RÉSUMÉ: L'objectif de cet article est de questionner la réalité des Investissements Directs Etrangers (IDE) comme facteur de croissance économique au Cameroun. Cette dernière prise comme variable endogène est mesurée par le taux de croissance annuel du produit Intérieur Brut; l'IDE, l'investissement domestique et l'éducation sont les variables d'intérêts. A ceux-ci nous avons associé d'autres variables de contrôle qui ont un impact sur la croissance économique. L'étude se déroule sur la période 1970-2016 et utilise la méthode autorégressive à retards échelonnés pour l'estimation des paramètres. Les tests de Dickey-Fuller et Dickey-Fuller GLS ont permis d'obtenir les résultats sur la stationnarité des variables et de procéder au test de cointégration. Deux régressions ont été appliquées : la première sur le modèle théorique de base et la seconde pour l'analyse de la sensitivité. Les résultats obtenus montrent que l'hypothèse de présence d'une relation de cointégration est acceptée. Le terme à correction d'erreurs est négatif et significatif : ceci implique l'existence d'une relation de court et long terme entre les

variables. De plus, l'IDE est significativement positif sur la croissance économique au Cameroun. Il est donc important pour les dirigeants de ce dernier, de développer des mesures d'attractivité pour capter au mieux ces investissements et de les diriger vers des secteurs d'activités créatrices de valeurs ajoutées.

MOTS-CLEFS: Investissements directs étrangers ; croissance économique ; investissement domestique ; éducation ; modèle autorégressif à retards échelonnés ; Cameroun.

CLASSIFICATION JEL: C_{13}; C_{32} ; C_{51} ; F_{21} ; O_{40}.

1 INTRODUCTION

Les pays en développement tout comme ceux en transition, font le plus souvent face au problème de financement de leur activité économique du fait d'un niveau d'épargne relativement faible, un tissu industriel et une capacité technologique peu développés, du poids du service de la dette, etc. L'une des conséquences qui en découlent est le ralentissement de la croissance économique. Cette situation provoque parallèlement, une aggravation du niveau de pauvreté et une dégradation de la qualité de vie des populations. Dans la mouvance de la globalisation financière, des stratégies sont développées visant à rendre plus attractif les investissements directs étrangers (IDE). L'impact de ce dernier sur la croissance économique a fait l'objet de plusieurs travaux dont les résultats obtenus sont à relativiser. Puisque d'aucun trouve un lien positif, d'autres un lien négatif et un troisième groupe constate aucun effet. L'une des limites à relever de ces travaux est qu'ils ne prennent pas en considération l'effet d'interaction entre l'IDE et d'autres variables sur la croissance économique.

L'IDE serait un moyen pour les pays en développement de poursuivre et soutenir leurs objectifs de développement socio-économique, dans un environnement mondial où il est pratiquement difficile d'accéder aux marchés financiers internationaux et de mobiliser une épargne conséquente pour booster la croissance économique. Malgré son évolution en dents de scie au fil des années (tableau 1a et graphique 1), sa distribution géographique demeure inégalitaire. Puisque sur la période 2010-2016, les pays développés ont enregistré une hausse d'IDE de l'ordre de 40% contre 4,53% pour les pays en développement et une baisse de 8,52% des pays en transition. Concernant les régions des pays en développement, l'Afrique et l'Asie ont connu une hausse de l'ordre de 26,94% et 13,31% respectivement contre une baisse de 31,97% pour l'Amérique latine et Caraïbes[1]. En termes de valeur réelle, l'Afrique est le continent qui reçoit peu d'IDE. Cette dotation varie fortement d'un pays à un autre (graphique 2). On note que l'IDE de 1990 à 2010 était plus accru au Nigéria et Côte d'Ivoire qu'au Cameroun. Ce dernier pays potentiellement doté de ressources agricoles, naturelles et minières, dispose un tissu industriel faiblement développé et diversifié, et possédant pourtant une main-d'œuvre abondante et qualifiée, bon marché et douée d'une grande capacité d'adaptation et d'initiative indispensable au développement des entreprises. Son cadre législatif et réglementaire consacre la liberté et le libre transfert des bénéfices industriels et commerciaux ainsi que les salaires. Fort de ces atouts, le gouvernement a lancé un ensemble des travaux structurants pour booster la croissance économique afin d'atteindre son émergence. Par ailleurs, les troubles sociaux dans certaines régions (Nord-ouest et Sud-ouest) et la guerre asymétrique dans l'extrême-nord contre la secte islamique boko haram[2] freinent les efforts du gouvernement dans sa quête de l'amélioration des conditions de vie des populations. Compte tenu du contexte socioéconomique et au regard de l'analyse précédente, la question qui nous turlupine est celle de savoir : est-ce une réalité que l'IDE soit un facteur de croissance économique au Cameroun ?

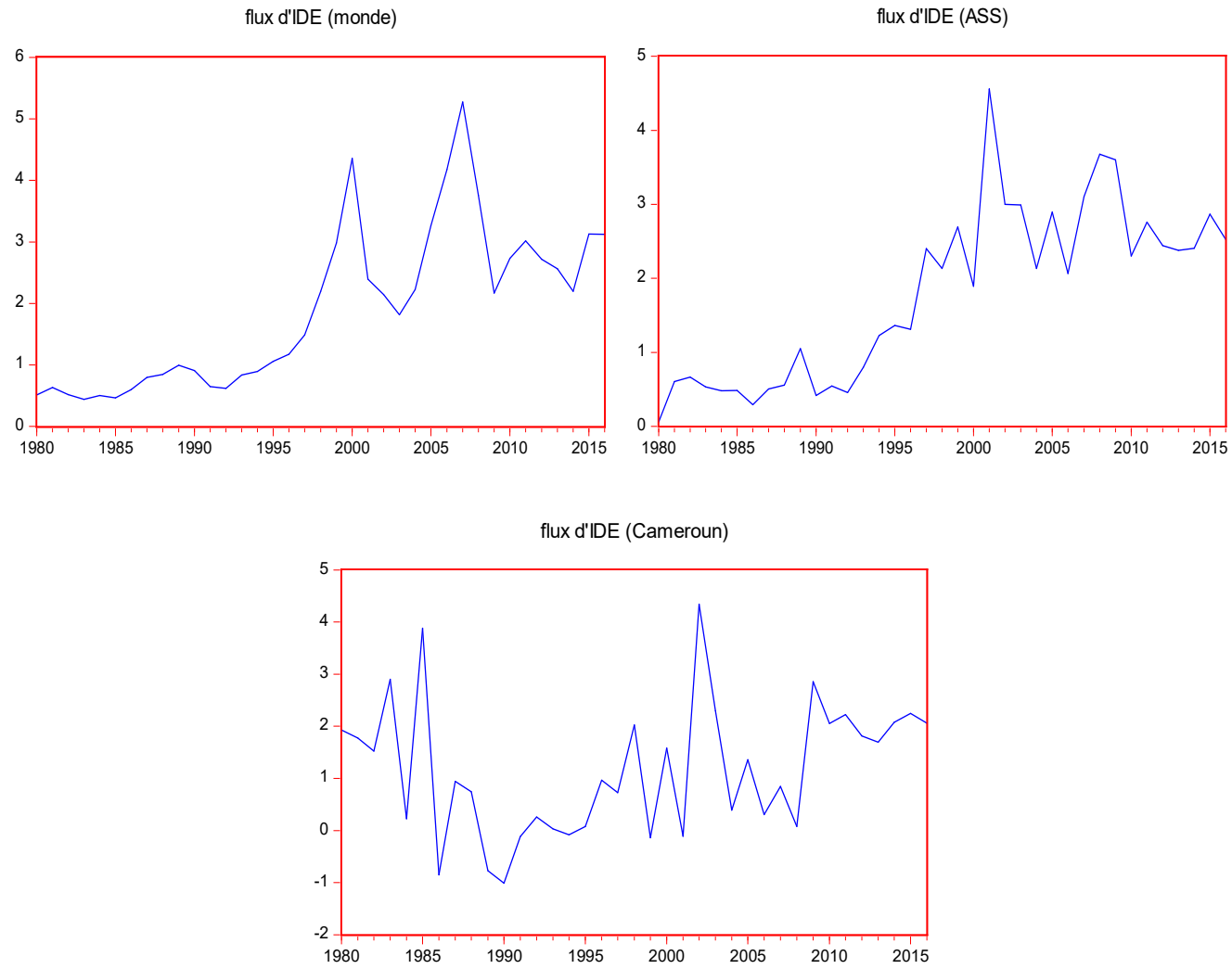
[1] Statistiques obtenus par nos calculs à partir des données du rapport sur les investissements dans le monde de 2012 et 2017.

[2] C'est un mouvement insurrectionnel et terroriste d'idéologie salafiste djihadiste ; originaire du Nord-Ouest du Nigéria et ayant pour objectif d'instaurer un califat et d'appliquer la charia. Il est à l'origine de nombreux massacres, attentats et enlèvements à l'encontre de populations civiles de toute confession, au Nigéria mais aussi au Cameroun, au Niger et au Tchad (Wikipedia, 2018).

Tableau 1a : Répartition régionale des entrées et des sorties d'IDE (en milliards de dollars)

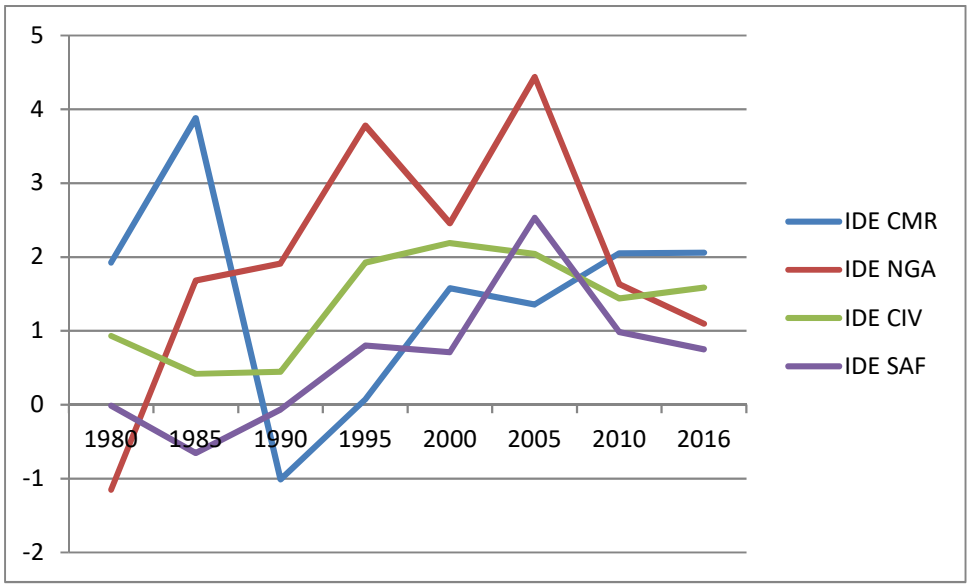
Groupe de pays/région	Entrées d'IDE			Sorties d'IDE		
	2000	2010	2016	2000	2010	2016
Monde	1396,5	1309,0	1746	1239,1	1451,4	1452
Pays développés	1134,3	618,6	1032	1092,7	989,6	1044
Pays en développement	253,2	616,7	646	143,2	400,1	383
Afrique	9,6	43,1	59	1,6	7,0	18
Asie	145,7	384	443	81,1	273	363
Amérique latine et caraïbes	97,5	187,4	142	60,6	119,9	1
Océanie	0,3		2	0,0		1
Pays en transition		73,8	68		61,6	25

Source : CNUCED, 2005, 2012, 2017



Graphique 1 : Evolution des flux d'IDE entrant en pourcentage du PIB aux niveaux mondial, de l'Afrique subsaharienne et du Cameroun sur la période 1980-2016

Source : Résultat sous Eviews à partir des données du WDI (2017)



Graphique 2 : Evolution des flux d'IDE entrant en pourcentage du PIB au Cameroun (CMR), Nigéria (NGA), Côte d'Ivoire (CIV) et Afrique du Sud (SAF) sur la période 1980-2016

Source : Résultat sous Excel à partir des données du WDI (2017)

L'objectif de cette étude est deux ordres : (i) vérifier la nature de la relation entre IDE et croissance économique dans le contexte camerounais, (ii) lever le pan de la limite ci-dessus mentionnée. Des travaux de Lumbia (2005), Sharma et Abekah (2008), Brambila-Macias. et Massa (2010), nous formulons l'hypothèse que les IDE affectent positivement et significativement la croissance économique. Pour tester cette hypothèse, nous allons effectuer tout d'abord un test de stationnarité pour étudier l'existence ou non de racine unitaire pour chaque variable, ensuite un test de cointégration pour vérifier s'il existe une relation de long terme entre les variables et enfin, estimer les paramètres du modèle qui sera spécifié par la méthode autorégressive à retards échelonnés (ARDL).

Après cette première section consacrée à l'introduction, la suite du travail est organisée de la manière suivante : les sections 2 et 3 s'intéressent à l'approche conceptuelle de l'IDE et à la revue de la littérature exactement. Le cadre empirique ainsi que les données et la démarche méthodologique constituent les objets des sections 4 et 5 respectivement. La section 6 est consacrée à l'analyse et la discussion des résultats. Quant à la dernière section (7), elle concerne la conclusion et les recommandations du travail.

2 APPROCHE CONCEPTUELLE DE L'IDE

Les IDE occupent une place prépondérante dans les relations économiques entre les Etats. De nombreux auteurs traitent de ce sujet et tentent d'expliquer pourquoi et comment les IDE sont devenus si importants. Les réponses proposées se trouvent dans la clarification même du concept et des différentes statistiques enregistrées au fil des décennies. Le Cameroun n'en reste pas moins à la marge des bénéfices de ce levier de la croissance économique.

Pour un processus d'intégration économique internationale, les IDE sont considérés comme un facteur central, il créé des liens directs, stables et durables entre les économies (Resmini, 2003). Pour Moosa (2002), les IDE représentent l'ensemble des opérations financières et administratives destinées à agir sur la stratégie et la gestion d'entreprises implantées dans un autre pays. Il s'agit d'un contrôle de production, de distribution et de toute autre activité dans le pays d'accueil. C'est donc dit que les IDE interviennent dans le développent des entreprises locales et peut agir en améliorant la position concurrentielle de l'économie du pays hôte. D'une manière générale, les IDE encouragent le transfert de technologies et de savoir-faire entre pays et permet à l'économie de promouvoir plus largement ses produits sur les marchés internationaux. Ils se réalisent par croissance externe et deux stratégies sont possibles (Bost, 2004) : la première concerne les programmes de privatisation d'entreprises publiques lancés dans les pays industrialisés et en développement depuis le début des années 1980 et la deuxième porte sur des fusions-acquisitions géantes. Elles sont destinées à placer les firmes transnationales en situation d'oligopole, en optimisant les alliances entre les différentes unités de la maison mère de telle sorte qu'elles atteignent la taille critique. Plus précisément, pour le FMI (2008), les IDE connaissent quatre formes :

- La création d'une entreprise ou d'un établissement à l'étranger ;
- L'acquisition d'au moins 10% du capital social d'une entreprise étrangère (pays hôte) déjà existante. Bien que cette proportion de 10% soit généralement suffisante pour donner à l'entreprise du pays d'origine des moyens de contrôle importants de l'entreprise située dans le pays hôte ;
- Le réinvestissement de ses bénéfices par une filiale ou une succursale située à l'étranger ;
- Les opérations ente la maison mère d'une firme transnationale te ses filiales.

Ces clarifications nous permettent de comprendre que pour investir à l'étranger, une entreprise est dans l'obligation de déployer d'importants efforts, aussi bien financiers qu'humains. Dans un cadre favorable en termes d'action publique, il est stratégique pour le développement d'un pays. Non seulement parce qu'il représente une source de capitaux pour la plupart d'économies, tant d'accueil que d'origine, mais surtout, parce qu'il permet de créer des emplois, d'améliorer la productivité locale, d'opérer des transferts de compétences et de technologies, tout en renforçant les capacités d'innovation des pays hôtes. Les IDE sont donc favorables notamment au développement économique. Il importe que les pays en développement, notamment ceux au sud du sahel, améliorent leur environnement politique, économique, social et juridique pour développer les potentiels d'attractivités des IDE sur leur territoire.

3 REVUE DE LA LITTÉRATURE

La littérature sur la nature du lien entre IDE et croissance économique abonde. Les résultats présentés divergent et dépendent dans le fonds, des approches et contextes de recherche.

Les théories néoclassiques considèrent l'IDE comme une forme indirecte d'augmentation des emprunts étrangers. Les pays en voie de développement sont souvent caractérisés par un taux de chômage élevé et une insuffisance de capital (épargne locale). Les IDE pourraient être le moyen de résorber ces problèmes notamment en augmentant la production des pays hôtes et en apportant des capitaux étrangers. Cette idée est la première à considérer les IDE comme engin de croissance.

Borensztein et *al*. (1998) testent l'effet des IDE provenant des pays industrialisés sur la croissance. Ils trouvent qu'il est positif mais dépendant de la qualité et la productivité du stock de capital humain dans le pays hôte. Concrètement, les IDE ont un effet positif sur la croissance lorsqu'il existe les capacités d'absorption technologiques et humaines suffisantes. Le même résultat a été démontré en utilisant des méthodes analytiques similaires et a été notamment trouvé dans les travaux de Rama (2001) et Kolstad et Tondel (2002).

Nair-Reichert et Weinhold (2001) et Carkovic et Levine (2002) critiquant les études faites sur des échantillons hétérogènes puisqu'ils biaisent les résultats et fausse les recommandations politiques, trouvent que la relation causale entre IDE et croissance est fortement hétérogène. Ils trouvent également, que l'efficacité des IDE en termes de croissance est plus importante dans les économies les plus ouvertes.

Carkovic et Levine (2002) montrent que les IDE n'ont pas d'effets stables sur la croissance. En effet, ils perdent leurs significativités lorsque les auteurs introduisent dans la régression l'ouverture commerciale, le taux de change du marché informel ainsi que les indicateurs du développement financier. Cela est dû à l'existence d'une forte endogénéité entre ces variables et les IDE.

Lumbila (2005) utilisant la méthode SUR-WLS (*Seemingly Unrelated Regression Weighted Least Squares*), mène une étude sur 47 pays africains de 1980 à 2000, trouve que l'IDE affecte positivement et significativement la croissance économique excepté les panels avec un taux élevé d'inflation et des niveaux élevés de corruption. Brambila-Macias et Massa (2010) appliquent la méthode DOLS (*Dynimic Ordinary Least Squares*) sur 45 pays africains de 1980 à 2008, trouvent que l'IDE a un effet positif et significatif sur la croissance économique pour tout le panel. Le même résultat est obtenu par Loots et Kabundi (2010), qui mènent une étude sur 45 pays de l'Afrique subsaharienne de 2000 à 2007 et appliquent la méthode DOLS. Adams et Klobodu (2017), appliquent la méthode ARDL sur les données de 1970 à 2014 sur 5 pays de l'Afrique subsaharienne trouvent une relation positive et significative entre l'IDE et la croissance économique au Burkina Faso.

Ndambendia et Njoupougnigni (2010) appliquent la méthode PMG et FE (*Pooled Mean group ; Fixed Effects*) sur les données de 1980 à 2007 sur 36 pays de l'Afrique subsaharienne, trouvent que pour toutes les estimations, l'IDE n'a aucun effet sur la croissance économique. Le même résultat est trouvé par Tomi (2015) qui utilise le modèle ARDL sur les données de 1970-2012 et portant sur sept pays de l'UEMOA (Union Economique et Monétaire Ouest Africaine).

Gui-Diby (2014) travaillant sur 50 pays africains, applique la méthode GMM sur la période 1980-2009 et trouve une relation négative et significative entre IDE et croissance économique sur la période 1980-1999 et une relation positive et significative entre ces deux variables de 1995 à 2009.

4 CADRE EMPIRIQUE

Le modèle théorique présenté dans cette étude découle du modèle de croissance spécifié par De Mello (1997), Bosworth et Collins (1999), Ramirez (2000), Akinlo (2004) et également exploité par Zandine et Andrew (2018). L'IDE y est incorporé comme externalité dans la fonction de production ci-après :

$$\mathbf{Y_t = A_t\{(\lambda L), cf, \Psi\} = A_t(ed)^z = A_t(\lambda L)^{\alpha}(cf)^{\beta}\Psi^{1-(\alpha+\beta)}\ \alpha+\beta<1\ (1)}$$

Où Y_t est la production réelle au temps t, A est la production efficiente, cf est le stock de capital national (investissement public) ; L est le facteur travail, λ est le niveau de capital humain, α est la part du capital privé, β est la part du facteur travail et Ψ est l'externalité générée par l'accroissement de l'IDE. Appelons ke le flux de capitaux étrangers et $\sigma\ et\ \gamma$ les élasticités de substitution marginales et intertemporelles entre les capitaux privés nationaux et étrangers, Ψ peut être exprimé comme fonction de Gobb-Douglas ci-après :

$$\mathbf{\Psi = \{(\lambda L)cf, ke^{\sigma}\}^{\gamma}\ \sigma>0, \gamma>0\ (2)}$$

En substituant l'équation (2) dans (1), on a :

$$\mathbf{Y_t = A_t\lambda L^{\alpha}(cf)^{\beta}[\{(\lambda L)cf, ke^{\sigma}\}^{\gamma}]^{1-\alpha-\beta}\ (3)}$$

Après développement de l'équation (3), on obtient :

$$\mathbf{Y_t = A_t(ed^zL)^{\alpha+\gamma(1-\alpha-\beta)}(cf)^{\beta+\gamma(1-\alpha-\beta)}ke^{\sigma\gamma(1-\alpha-\beta)}\ (4)}$$

Avec $\lambda = (ed)^z$, où (ed) mesure le niveau d'éducation et z est l'élasticité de l'éducation par rapport au travail (L). L'équation générale de la comptabilité de la croissance qui peut être dérivée de l'équation (4) est donnée par :

$$\mathbf{Gy = g_A + z(\alpha+\gamma-\alpha\gamma-\beta\gamma)g_{ed} + (\alpha+\gamma-\alpha\gamma-\beta\gamma)g_L + (\beta+\gamma-\alpha\gamma-\beta\gamma)g_{cf} + (\sigma\gamma-\alpha\sigma\gamma-\beta\sigma\gamma)g_{ke}\ (5)}$$

En appliquant la forme log-linéaire à l'équation (5), on obtient l'équation empirique suivante : $\mathbf{y = \beta_0 + \beta_1 cf + \beta_2 ke + \beta_3 ed + e_t\ (6)}$

Où β_0 est la constante, $\beta_1, \beta_2\ et\ \beta_3$ sont les coefficients de l'investissement, de l'IDE et du niveau d'éducation respectivement et e_t, le terme d'erreurs.De Mello (1997), Bosworth et Collins (1999), Ramirez (2000) et Akinlo (2004) ont tous soutenu qu'aux régressions empiriques de base peuvent être augmentées un vecteur de variables de contrôle (X). L'équation (6) devient donc :

$$\mathbf{y = \beta_0 + \beta_1 cf + \beta_2 ke + \beta_3 ed + \beta_4 X + e_t\ (7)}$$

Dans la littérature, abondent des travaux qui présentent des variables de contrôle ayant un impact sur la croissance économique. On a la santé (Barro et Lee (1994), santé, taux de croissance de la population et de la population active, éducation, ressources naturelles, ouverture commerciale, variables institutionnelles (Bloom et Malaney, 1998), investissement public (Aschauer, 1989 ; Barro, 1990), situation géographique (Sachs, 1995 ; Diamond, 1997 ; Gallup, Sachs et Mellinger, 1999 ; Naudé, 2004 ; Dixit, 2007), taille du gouvernement (Iamsiraroj et Ulubasoglu, 2015), l'inflation (Lumbila, 2005), développement du secteur financier (Akinlo, 2004), l'urbanisation (Alguacil et al., 2011), l'exportation (Adams, 2009) et le taux de change (Li et Lui, 2004). L'équation (7) peut directement être estimée par les MCO (Sharma et Abekah, 2008 ; Ndikumana et Verick, 2009 et Adams, 2009) ou par le modèle vectoriel à correction d'erreurs de Johansen (1991) (De Mello (1997, 1999), Akinlo (2005)).Pour cette étude, le modèle ARDL de Pesaran et al (2001) doit être utilisé pour l'estimation des différents paramètres. Trois raisons justifient ce choix : d'abord, le modèle a gagné en popularité par rapport à d'autres modèles de cointégration ; ensuite, il permet la modélisation de variables dont les propriétés d'intégration sont I(0) ou I(1) et enfin, le modèle fournie des estimations non biaisées sur les variables de long terme même lorsque certains des régresseurs estimés sont endogènes. La forme ARDL de l'équation (7) se présente ainsi :

$$\mathbf{\Delta y_t = \alpha_0 + \sum_{i=1}^{p}\alpha_{1i}cf_{t-i} + \sum_{i=1}^{p}\alpha_{2i}ke_{t-i} + \sum_{i=1}^{p}\alpha_{3i}ed_{t-i} + \sum_{i=1}^{p}\alpha_{4i}X_{t-i} + \varphi_{1i}cf_{t-i} + \varphi_{2i}ke_{t-i} + \varphi_{3i}ed_{t-i} + \varphi_{4i}X_{t-i} + \xi_t\ (8)}$$

Δ est l'opérateur de première différence, α_0 est la constante, les coefficients $\alpha_1, \cdots, \alpha_4$ et $\varphi_1, \cdots, \varphi_4$ sont les élasticités de court et de long terme respectivement, et ξ_t est le terme d'erreurs. De l'équation (8), on peut directement spécifiée les hypothèses du test de cointégration dont la première $(H_0$: abscence de cointégration i. e. $\varphi_1 = \cdots = \varphi_9 = 0)$ est testée contre la seconde $(H_1$: présence de cointégration i. e $\varphi_1 \neq \cdots \neq \varphi_9 \neq 0)$. La cointégration est évaluée en comparant la valeur calculée de la statistique de Fisher à ceux des valeurs d'ordre d'intégration (I(0) et I(1)) au(x) seuil(s) de signification choisis délibérément. Si la valeur calculée de la statistique de Fisher $\in \left]\text{valeur}\left(I(0)\right), \text{valeur}\left(I(1)\right)\right[$, quelque soit le seuil de

signification, on accepte H_0. Dans le cas contraire, on accepte l'hypothèse alternative et le modèle à correction d'erreurs lié à l'équation (8) se présente sous la forme suivante :

$$\Delta \mathbf{y_t} = \boldsymbol{\alpha_0} + \sum_{\mathbf{i=1}}^{\mathbf{p}} \boldsymbol{\alpha_{1i}} \mathbf{cf_{t-i}} + \sum_{\mathbf{i=1}}^{\mathbf{p}} \boldsymbol{\alpha_{2i}} \mathbf{ke_{t-i}} + \sum_{\mathbf{i=1}}^{\mathbf{p}} \boldsymbol{\alpha_{3i}} \mathbf{ed_{t-i}} + \sum_{\mathbf{i=1}}^{\mathbf{p}} \boldsymbol{\alpha_{4i}} \mathbf{X_{t-i}} + \boldsymbol{\delta} \mathbf{ect_{t-i}} + \boldsymbol{\xi_t} (\mathbf{9})$$

Où $\mathbf{ect_{t-i}}$ est le terme à correction d'erreurs qui mesure la vitesse d'ajustement d'une série à revenir rapidement vers l'état d'équilibre suite à un quelconque choc (conjoncturel ou structurel). De manière pratique, le coefficient du terme à correction d'erreurs ($\boldsymbol{\delta}$), doit être négatif et statistiquement significatif dans l'optique que les effets dynamiques du court terme soient pleinement convertis (traduis) aux effets de long terme.

5 DONNÉES ET DÉMARCHE MÉTHODOLOGIQUE

5.1 DONNÉES EMPIRIQUES

A la variable dépendante y (croissance économique) et aux trois variables d'intérêts (investissement domestique (cf), IDE (ke), éducation (ed)) du modèle théorique de base sus-définies, nous ajoutons six variables de contrôles (dépenses gouvernementales (dp), inflation (ip), urbanisation (up), exportation (mg), développement financier (bm), ressources naturelles (rn)). Le tableau 1 ci-dessous présente une description détaillée, la période couverte ainsi que la source des différentes variables utilisées dans cette étude.

Tableau 1b : Description des variables

Symbole	Séries	Période couverte	Source
y	Taux de croissance annuel du PIB	1970-2016	Banque mondiale
cf	Formation brute du capital fixe (% du PIB)	1974-2016	Banque mondiale
ke	Flux entrant d'IDE (% du PIB)	1976-2016	Banque mondiale
ed	Taux brut d'inscription dans l'enseignement secondaire	1970-2016	Banque mondiale
dp	Dépenses gouvernementales (% du PIB)	1970-2016	Banque mondiale
ip	Inflation (indice annuel de prix à la consommation)	1970-2016	Banque mondiale
up	Population urbaine en pourcentage de la population totale	1970-2016	Banque mondiale
mg	Exportation des biens et services (% du PIB)	1970-2016	Banque mondiale
bm	Croissance annuelle de la masse monétaire	1970-2016	Banque mondiale
rn	ressources naturelles	1970-2016	Banque mondiale

Source : Synthèse à partir de la base de données de la Banque Mondiale (2017)

Le tableau 2 ci-dessous donne les résultats des statistiques descriptives concernant chaque variable. On note que toutes les variables sont normalement distribuées au seuil de signification de 5% esseulés cf, ip et up.

Tableau 2. Statistiques descriptives de chacune des variables

	y	cf	ke	ed	dp	ip	up	mg	bm	rn
Moyenne	1,17	22,4	1,13	0,67	11,1	6,17	4,91	5,08	10,7	3,29
Médiane	1,71	21,2	0,95	0,68	11,2	3,96	4,11	4,20	11,4	3,06
Maximum	18,5	45,1	4,34	0,86	14,3	35,06	8,70	44,2	38,1	5,86
Minimum	-10,6	14,3	-1,01	0,40	8,83	-3,20	3,58	-18,7	-18,3	2,03
Jarque-Bera	5,74	109,4	1,47	3,10	0,01	84,9	18,8	4,46	0,31	4,28
Probabilité	0,05	0,00**	0,47	0,21	0,99	0,00**	0,00**	0,10	0,85	0,11
Observations	47	43	40	41	47	47	47	47	47	47

Source : Résultats sous Eviews
*Note : « ** » : accepter l'hypothèse H1 (H1 : la série n'est pas normalement distribuée) au seuil de 5%.*

Le tableau 3 ci-dessous présente la matrice de corrélation entre les variables. On peut lire que toutes les variables sont positivement corrélées à la croissance économique exceptées l'éducation et les dépenses gouvernementales. On peut donc

relever de ces résultats préliminaires que certaines variables (cf, ke, up, mg, bm, rn) confirment leur rôle comme facteur explicatif de la croissance et d'autres sont par contre contradictoires (notamment l'ip).

Tableau 3. Matrice de corrélation

Variables	y	cf	ke	ed	dp	ip	up	mg	bm	rn
y	1	0,63	0,22	-0,24	-0,50	0,49	0,29	0,28	0,58	0,31
cf		1	0,01	-0,36	-0,32	0,41	0,34	0,10	0,40	0,42
ke			1	0,03	-0,18	0,10	-0,04	0,03	0,34	-0,07
ed				1	0,68	-0,71	-0,91	-0,30	-0,39	-0,19
dp					1	-0,64	-0,68	-0,46	-0,67	-0,10
ip						1	0,78	0,20	0,43	0,27
up							1	0,31	0,36	0,07
mg								1	0,33	0,10
bm									1	0,23
rn										1

Source : Résultats sous Eviews

5.2 DÉMARCHE MÉTHODOLOGIQUE D'ESTIMATION

Pour l'estimation économétrique, la nature des variables nous amène à recourir aux techniques de l'économétrie des séries temporelles à savoir l'analyse de la stationnarité des séries, l'analyse d'éventuelles relations de cointégration entre les séries, l'estimation des modèles de régression et de sensitivité et les tests de robustesse. Ces analyses nous permettrons de choisir la méthode d'analyse appropriée (VAR, ECM ou VECM, ARDL). Ainsi, si les variables sont toutes stationnaires en niveau, on procède à l'estimation d'un modèle VAR (*vector autoregression*) en niveau ; si les variables sont toutes stationnaires en première différence et qu'il existe de relation de cointégration entre ces dernières, on procède à l'estimation d'un modèle vectoriel à correction d'erreur (VECM) ou *error correction model* (ECM) ; si les variables sont stationnaires en différence première et qu'il n'existe pas de relation de cointégration, on estime un VAR en différence première ; si les variables sont stationnaires en différents ordres d'intégration (I(0) et I(1) par exemple), on procède à l'estimation d'un VAR en harmonisant (c'est-à-dire en ramenant à un même ordre d'intégration) ces différences d'ordre d'intégration ; si toutes les variables sont stationnaires en différents ordres d'intégration et qu'il existe une relation de cointégration entre ces dernières, on procède à l'estimation d'un modèle ARDL (*autoregressive distributed lag*). Cette technique prend le retard optimal pour chaque variable séparément dans le modèle. Ce qui aide dans le processus de génération de données d'un modèle général à un modèle spécifique. Selon Laurenceson et Chai (2003), Le problème résultant de la non-stationnarité des données peut également être évité en utilisant la méthode ARDL. Cette étude utilise le critère d'Information de Akaike pour déterminer les différents nombres de retard des variables ainsi que la sélection du modèle optimal (Pesaran and Shin, 1998).

6 ANALYSE ET DISCUSSIONS DES RÉSULTATS

6.1 TEST DE LA RACINE UNITAIRE

Après la présentation des résultats des statistiques descriptives et de la corrélation entre les variables, les tests de racine unitaire constituent une autre étape importante de notre analyse. La stationnarité d'une série statistique est une caractéristique intéressante qui indique l'absence de racine unitaire. Nous utilisons les tests de Dickey-Fuller Augmenté (1979) et Dickey-Fuller GLS (Elliot, Rothenberg and Stock, 1996) pour déterminer l'ordre d'intégration des séries temporelles individuelles. Ce dernier est une simple modification du premier dans lequel les données sont modifiées afin que les variables explicatives soient extraites desdites données avant la régression. Ils sont effectués selon une procédure séquentielle en deux étapes (à niveau et en différence première) avec deux options (constante et trend et constante) à chaque étape. L'hypothèse nulle concerne la stationnarité de la série, c'est-à-dire l'absence d'une racine unitaire dans la série étudiée. Les résultats obtenus sont groupés dans le tableau 4 ci-dessous.

Tableau 4. Résultats du test de la racine unitaire

		ADF		DF GLS	
	Variables	Constante	Trend et constante	Constante	Trend et constante
à niveau	y	-2,22	-2,29	-2,26**	-2,31
	cf	-1,59	-3,29***	-0,66	-2,04
	ke	-2,84***	-2,98	-2,40**	-3,03***
	ed	-5,94**	-6,29**	-3,07**	-6,11**
	dp	-2,62***	-3,02	-2,40**	-2,70
	ip	-4,54**	-6,02**	-4,49**	-5,59**
	up	-2,80***	-2,50	-0,55	-1,78
	mg	-2,46	-3,74**	-2,12**	-2,61
	bm	-4,31**	-4,64**	-1,81***	-1,99
	rn	-2,54	-2,54	-2,57**	-2,64
différence première	y	-8,84**	-8,74**	-8,88**	-8,93**
	cf	-2,62***	-1,16	-1,65***	-1,55
	ke	-14,02**	-13,88**	-13,82**	-13,63**
	ed	-5,00**	-4,88**	-10,94**	-10,34**
	dp	-6,26**	-6,22**	-6,26**	-6,22**
	ip	-,745**	-7,37**	-9,40**	-7,16**
	up	-5,13**	-5,47**	-5,16**	-5,47**
	mg	-3,67**	-3,72**	-0,78	-4,04**
	bm	-9,40**	-9,29**	-9,23**	-9,47**
	rn	-6,89**	-6,83**	-6,94**	-6,97**

Source : Résultats sous Eviews

*Note : « ** » et « *** » : Ne pas rejeter l'hypothèse H0 (H0 : la série est stationnaire) aux seuils de 5% et 10% respectivement.*

On constate que les variables sont intégrées en niveau et en différence première aux seuils de 5% et 10%. On présage, selon la théorie économique, qu'il existerait des relations économiques de long terme entre ces variables en différents ordre d'intégration. Il est donc important d'approfondir l'analyse en menant le test de cointégration pour déterminer si une relation stable de long terme existe entre ces variables.

6.2 TEST DE COINTÉGRATION

Ce test est basé sur la comparaison entre la valeur calculée de la statistique de Fisher et les valeurs critiques en différents ordre d'intégration (I(0), I(1)) aux seuils de signification de 5% et 10%. Nous avons un total de huit régressions à estimer. La première est le modèle de croissance de base tel spécifié par l'équation (6), la seconde à la septième concerne le modèle de croissance de base incluant une variable de contrôle et la dernière équation est constituée du modèle de base incluant toutes les variables de contrôles. La sélection de retards optimal de chaque équation est présentée en colonne trois du tableau 5 ci-dessous et on peut y lire que le retard optimal de la variable dépendante est de 1 et celui des variables indépendantes entre 0 et 1. L'hypothèse nulle est définie par la présence de cointégration ; c'est-à-dire l'existence de relation de long terme entre les variables.

Tableau 5. Résultats du test de cointégration

Fonction	Eqt	Sélection de retards	Stat. de Fisher	Valeurs critiques			
				10%		5%	
				I(0)	I(1)	I(0)	I(1)
f (y∼cf, ke, ed)	1	(1, 1, 1, 0)	6,19**	2,72	3,77	3,23	4,35
f (y∼cf, ke, ed, dp)	2	(1, 1, 1, 0, 0)	7,65**	2,45	3,52	2,86	4,01
f (y∼cf, ke, ed, ip)	3	(1, 1, 1, 0, 0)	4,89**	2,45	3,52	2,86	4,01
f (y∼cf, ke, ed, up)	4	(1, 1, 1, 0, 1)	8,77**	2,45	3,52	2,86	4,01
f (y∼cf, ke, ed, mg)	5	(1, 1, 0, 0, 1)	7, 37**	2,45	3,52	2,86	4,01
f (y∼cf, ke, ed, bm)	6	(1, 1, 1, 1, 1)	18,70**	2,45	3,52	2,86	4,01
f (y∼cf, ke, ed, rn)	7	(1, 1, 1, 0, 1)	5,71**	2,45	3,52	2,86	4,01
f (y∼cf, ke, ed, dp, ip, up, mg, bm, rn)	8	(1, 1, 1, 1, 1, 0, 1, 0, 1, 0)	10,65**	1,88	2,99	2,14	3,30

Source : Résultats sous Eviews
*Note : « ** » : Ne pas rejeter H0 (H0 : existence d'une relation de long terme) au seuil de 5%. Eqt=équation.*

A la lecture des résultats du tableau 5 ci-dessus, on est en droit d'accepter l'hypothèse nulle de présence de cointégration aux seuils de 5% et 10%. Puisque, pour chaque équation, la valeur de la statistique de Fisher est supérieure à la valeur critique de I(1) aux seuils de signification de 5% et 10%. Ce qui implique une estimation des paramètres de chacune des huit équations par la méthode ARDL.

6.3 RÉSULTATS DES RÉGRESSIONS

L'application de la méthode ARDL sur les séries regroupées nous a donné les résultats ci-dessous présentés dans les tableaux 6 et 7. Le tableau 6 donne les résultats de l'estimation des coefficients de chacune des équations sur le long terme par contre que le tableau 7 concerne le court terme. A long terme, on peut noter que l'investissement domestique est positif et statistiquement significatif au seuil de 5% dans chacune des régressions exceptées dans les régressions 5 et 7. La significativité des investissements domestiques peut s'expliquer par le fait que les investissements effectués (construction des barrages pour accroître la capacité énergétique, développement des infrastructures routières et sportives pour une grande fluidité et rapidité des biens et des personnes, construction en eau profonde du port de Kribi au Sud du Cameroun pour ne citer que ceux-ci) pour booster la croissance économique sont assez important. Ce résultat qui fait de l'investissement un facteur important de la croissance économique est conforme aux résultats fréquemment avancés dans la théorie économique. En effet, toutes les observations empiriques attestent que la croissance s'accompagne d'une augmentation du stock de capital par tête (Aghion, 2006 ; Chabossou, 2017). Les investissements constituent dons un moteur de la croissance économique au Cameroun. L'IDE est positif et statistiquement significatif au seuil de 5% et 10% (régression 6) dans toutes les régressions (ce résultat est conforme à ceux de Blomsrtöm, Lipsey and Zejan (1992) ; De Mello (1999) ; Herzer, Klasen and Nowak-Lehmann (2008) ; Azman-Saini, Baharumshah, and Law (2010)), sauf à la huitième régression (Yabi, (2010)).

L'éducation est négative et statistiquement significative au seuil de 10% uniquement dans la septième régression. Une augmentation d'une unité du niveau d'éducation diminue la croissance économique de 11,8 unités. Ce résultat est contraire au postulat de la théorie de la croissance endogène qui affirme que le capital humain dont est incluse l'éducation, est l'un des facteurs importants de la croissance économique et de sa qualité. Ce résultat rejoint celui de Quenum (2011) qui menant une étude sur les niveaux d'éducation et croissance économique dans les pays de l'UEMOA, trouve que le capital humain des niveaux post-primaires produit un effet négatif significatif sur la croissance économique. Il justifie son résultat par les problèmes de qualité de l'éducation ou de domaine de compétence du capital humain. D'autres auteurs comme Lau, Jamison, Liu et Rivikin (1991) et Charlot (1994) avancent les faibles taux d'investissement éducatifs. Dans le contexte camerounais, on peut évoquer cela par le rapport élevé entre le volume de l'output scolaire et la faible capacité d'absorption du marché du travail, la corruption observée lors de la sélection des élèves-enseignants dans les différentes écoles normales qui empiète sur la nature vocationnelle de ce métier et affecte par ricochet la qualité des enseignements futurs. Les dépenses gouvernementales affectent négativement et significativement la croissance économique au seuil de 5%. Une augmentation d'une unité des dépenses gouvernementales diminue la croissance économique de 2,09 unités. Les exportations (régression 5) ; le développement financier (régression 6) et les ressources naturelles (régression 7) sont positifs et statistiquement significatif sur la croissance économique. Un accroissement d'une unité des exportations, du développement financier et des ressources naturelles accroit la croissance économique de 0,41 ; 0,32 et 2,45 unités respectivement. Ces résultats corroborent

ceux de Vohra (2001) ; Subasat (2002) ; Lezona (2005) ; Saminirina et Adamson (2013) pour les exportations, Levine, Loayza et Beck (2000) ; Beck, Levine et Loayza (2000) ; Rioja et Valev (2004) ; Masten et al. (2008) ; Arcand et al. (2012) pour le développement financier et, Davis (1995) ; Bravo-Ortega et De Gregorio (2005) ; Brunnschweiler (2008) pour les ressources naturelles.

Tableau 6. Résultats de la régression à long terme (variable dépendante : y)

Long terme	1	2	3	4	5	6	7	8
	0,34	0,34	0,36	0,33	0,11	0,28	0,13	0,27
cf	(0,02)**	(0,00)**	(0,00)**	(0,00)**	(0,55)	(0,00)**	(0,38)	(0,01)**
	2,70	1,69	2,25	2,03	1,64	1,09	2,92	0,78
ke	(0,00)**	(0,01)**	(0,00)**	(0,00)**	(0,01)**	(0,07)***	(0,00)**	(0,22)
	-11,6	4,71	-1,87	-7,10	5,52	2,64	-11,8	19,05
ed	(0,10)	(0,52)	(0,82)	(0,56)	(0,48)	(0,57)	(0,05)***	(0,15)
		-2,09						-0,03
dp		(0,00)**						(0,96)
			0,30					0,12
ip			(0,13)					(0,49)
				0,69				2,70
up				(0,69)				(0,23)
					0,41			0,007
mg					(0,00)**			(0,88)
						0,32		0,19
bm						(0,00)**		(0,19)
							2,45	0,18
rn							(0,01)**	(0,85)
	-1,07	11,64	-9,48	-5,77	-9,44	-11,46	-4,17	-33,4
constante	(0,87)	(0,11)	(0,23)	(0,72)	(0,23)	(0,01)**	(0,48)	(0,11)

Source : Résultats sous Eviews

Note : (·) correspond à la valeur de la probabilité. $(\cdot)^{**}$ et $(\cdot)^{***}$ *correspondent respectivement à la signification statistique d'ordre 5% et 10%.*

A court terme (tableau 7 ci-dessous), l'investissement domestique est positif et statistiquement significatif au seuil de 5%. L'IDE est positif et statistiquement significatif au seuil de 5% et 10% (régression 2) sauf pour les régressions 6 et 8.

L'éducation (régression 7) et les dépenses gouvernementales (régressions 2 et 8) sont négatives et statistiquement significatives au seuil de 5% et 10% respectivement. Les résultats concernant les dépenses gouvernementales sont identiques à ceux de Ojo et Oshikoya (1995), Oyo et Shibata (2001) , Folster et Henrekson (2001), Dar et Amirkhalkhali (2002), Button et al., (2003).

L'urbanisation (régressions 4 et 8), les exportations (régression 5) et le développement financier (régression 6) sont positifs et statistiquement significatifs au seuil de 5% et 10% (pour bm). Ces résultats sont conformes à ceux de Akilou (2009) qui a étudié l'effet des exportations sur la croissance économique du Togo de 1960 à 2005 et a trouvé qu'à court terme, les exportations ont un effet positif sur la croissance économique au seuil de 10%.

Les coefficients du terme à correction d'erreurs pour chaque régression sont négatifs et statistiquement significatifs au seuil de 5% confirmant ainsi l'existence d'un mécanisme à correction d'erreurs : à long terme, les déséquilibres entre la variable dépendante et les variables indépendantes se compensent de sorte qu'ils ont des évolutions similaires sur la période de l'étude. Le coefficient de correction d'erreurs indique la vitesse à laquelle tout déséquilibre entre les niveaux désiré et effectif de la croissance économique est résorbé dans l'année qui suit le choc. Donc, 0,89 ; 1,01 ; 1,00 ; 1,04 ; 0,62 ; 1,12 ; 0,91 et 1,16 représentent les vitesses auxquelles le déséquilibre est résorbé dans les régressions 1à 8 respectivement. Un choc sur la croissance économique au Cameroun au cours d'une année est entièrement résorbé au bout d'un certain temps. Le modèle à correction d'erreur est donc satisfaisant.

Le coefficient de détermination varie entre 65% et 92%. Spécifiquement, 65%, 74%, 67%, 77%, 80%, 86%, 74% et 92% de la variable endogène est expliquée par les variables exogènes retenues dans chacune des régressions (1 à 8) respectivement.

Tableau 7. Résultats de la régression à court terme (variable dépendante : y)

Court terme	1	2	3	4	5	6	7	8
d (cf)	0,83	0,89	0,82	0,83	0,82	0,76	0,72	0,79
	(0,00)**	(0,00)**	(0,00)**	(0,00)**	(0,00)**	(0,00)**	(0,00)**	(0,00)**
d (ke)	1,13	0,89	1,06	1,08	1,02	0,49	1,20	0,23
	(0,03)**	(0,06)***	(0,04)**	(0,01)**	(0,01)**	(0,27)	(0,01)**	(0,67)
d (ed)	-10,33	4,77	-1,88	-7,44	3,45	-9,81	-10,81	7,21
	(0,10)	(0,52)	(0,82)	(0,56)	(0,48)	(0,33)	(0,05)***	(0,57)
d (dp)		-2,12						-2,03
		(0,00)**						(0,04)**
d (ip)			0,30					0,14
			(0,17)					(0,50)
d (up)				17,00				13,84
				(0,00)**				(0,04)**
d (mg)					0,19			0,008
					(0,00)**			(0,87)
d (bm)						0,11		0,07
						(0,06)***		(0,39)
d (rn)							0,0001	0,21
							(0,99)	(0,85)
ect (-1)	-0,89	-1,01	-1,00	-1,04	-0,62	-1,12	-0,91	-1,16
	(0,00)**	(0,00)**	(0,00)**	(0,00)**	(0,00)**	(0,00)**	(0,00)**	(0,00)**
R^2	0,65	0,74	0,67	0,77	0,80	0,86	0,74	0,92

Source : Résultats sous Eviews

Note : (·) correspond à la valeur de la probabilité. $(\cdot)^{**}$ et $(\cdot)^{***}$ *correspondent respectivement à la signification statistique d'ordre 5% et 10%.*

6.4 RÉSULTATS DE LA SENSITIVITÉ

Dans cette partie, nous présentons les résultats de l'analyse de la sensitivité à long (tableau 8) et court terme (tableau 9). Des régressions estimées précédemment, des modifications ont été opérées. Notamment par l'ajout : (i) d'une variable dummy pour étudier les effets de la crise financière mondiale des années 2007-2009 ; (ii), d'un certain nombre de termes interactifs dans l'optique de capturer les effets conjoints de l'IDE par chacune des variables de contrôle (sauf l'inflation) sur la croissance économique (IDE et l'investissement domestique (régression 1), IDE et l'éducation (régression 2), IDE et les dépenses gouvernementales (régression 3), IDE et l'urbanisation (régression 4), IDE et les exportations (régression 5), IDE et le développement financier (régression 6), IDE et les ressources naturelles (régression 7)). Le choix de l'exclusion de l'inflation du modèle est juste pour éviter d'avoir trop de variables afin de réduire la probabilité d'obtenir des résultats satisfaisants au test de cointégration en appliquant la méthode ARDL.

L'analyse du tableau 8 ci-dessous présente les résultats du test de cointégration et l'estimation des coefficients des variables à long terme. La lecture de la deuxième ligne indique que la valeur de la statistique de Fisher est statistiquement supérieure au seuil de 5% et 10% (régression 2) en différence première. La décision est par conséquent d'accepter l'hypothèse nulle de l'existence d'une relation de long terme entre les variables. Le test de cointégration pour l'application du modèle ARDL est confirmée. L'étude de long terme montre que dans la régression 1, aucune variable n'est statistiquement significative. Seule l'investissement domestique et l'IDE sont positifs et statistiquement significatifs aux seuils de 5% et 10% respectivement dans la régression 2. Résultat conforme à la théorie économique, qui place ces deux facteurs comme des leviers indispensables de la croissance économique. Dans la régression 3, l'investissement domestique (positif) et les dépenses gouvernementales (négatives) sont statistiquement significatifs au seuil de 5% et affectent la croissance économique en des signes opposés. L'investissement domestique (positif) et l'IDE (négatif) sont statistiquement significatifs aux seuils de 5% et 10% respectivement et affectent la croissance économique en des signes opposés dans la régression 4. Aussi, nous y constatons que la variable d'interaction pour cerner l'effet conjoint des IDE et de l'urbanisation est positive et statistiquement significative au seuil de 5% sur la croissance économique. Ceci peut être interprété de cette manière : plus l'urbanisation est importante, plus les effets positifs des IDE sur la croissance économique sont significatifs. Plus explicitement, les transferts de technologie auront plus d'effets sur la croissance économique en zone urbaine que rurale. Puisqu'un nombre important de mains d'œuvre scolarisées et qualifiées y sont concentrées. Dans la régression 5, l'IDE, les exportations et IDE-exportations affectent positivement et significativement la variable dépendante au seuil de 5%. Plus les exportations sont importantes, plus les effets

positifs des IDE sur la croissance économique le sont également. Dans la régression 6, l'IDE et le développement financier sont positifs et significatifs au seuil de 5%. Par contre, les variables dummy et IDE-développement financier sont négatives et statistiquement significatif au seuil de 5%. Le résultat concernant la variable dummy explique les adverses qu'a connu l'économie camerounaise pendant la période de crise financière de 2007-2009. On note également que durant la même période, plus la fragilité financière est élevée, plus les effets positifs des IDE sur la croissance économique sont affaiblis. Dans la régression 7, seules les ressources naturelles sont positives et statistiquement significatives au seuil de 10%. La dernière régression qui regroupe les variables d'intérêts, de contrôles et d'interactions, l'investissement domestique, l'IDE, l'éducation, l'urbanisation et les ressources naturelles sont positives et statistiquement significatives au seuil de 5%. Par contre, les variables IDE-éducation, IDE-dépenses gouvernementales et IDE-urbanisation sont négatives et statistiquement significatives au seuil de 5% et 10%.

Tableau 8. Résultats de la régression sensitive à long terme (variable dépendante : y)

	1	2	3	4	5	6	7	8
ARDL bound test	4,09**	3,39***	6,01**	9,10**	4,13**	12, 70**	3,89**	4,46**
Long terme								
	0,29	0,39	0,38	0,52	0,16	0,10	0,14	0,53
cf	(0,33)	(0,01)**	(0,00)**	(0,00)**	(0,32)	(0,32)	(0,43)	(0,01)**
	2,12	9,06	4,04	-6,26	1,59	3,15	3,40	51,40
ke	(0,67)	(0,06)***	(0,46)	(0,06)***	(0,01)**	(0,00)**	(0,27)	(0,00)**
	-9,33	8,30	8,94	4,79	7,67	-8,01	-8,73	119,16
ed	(0,30)	(0,52)	(0,28)	(0,76)	(0,28)	(0,20)	(0,24)	(0,00)**
			-1,97					-1,33
dp			(0,04)**					(0,21)
				-0,87				13,54
up				(0,75)				(0,00)**
					0,22			0,10
mg					(0,01)**			(0,10)
						0,49		-0,09
bm						(0,00)**		(0,22)
							2,52	2,56
rn							(0,07)***	(0,01)**
	-1,19	-1,16	-2,65	-1,51	-0,75	-4,03	-0,60	-2,70
dum	(0,75)	(0,19)	(0,29)	(0,48)	(0,80)	(0,02)**	(0,84)	(0,19)
	0,02							0,02
ke x cf	(0,90)							(0,89)
		-9,00						-24,48
ke x ed		(0,19)						(0,01)**
			-0,22					-1,51
ke x dp			(0,64)					(0,05)***
				1,96				-3,94
ke x up				(0,01)**				(0,00)**
					0,14			-0,07
ke x mg					(0,03)**			(0,10)
						-0,19		0,06
ke x bm						(0,01)**		(0,32)
							-0,11	-0,12
ke x rn							(0,91)	(0,85)
	-1,77	-16,27	6,42	-12,18	-12,09	-0,23	-7,04	-150,21
Constante	(0,87)	(0,15)	(0,61)	(0,59)	(0,09)***	(0,96)	(0,42)	(0,00)**

Source : Résultats sous Eviews

Note : variable dépendante : taux de croissance annuel du PIB. $(\cdot)$ *correspond à la valeur de la probabilité.* **,***, $(\cdot)^{**}$ et $(\cdot)^{***}$ *correspondent respectivement à la signification statistique d'ordre 5% et 10%.*

L'analyse des résultats de court terme présentée dans le tableau 9 ci-dessous, indique que l'investissement domestique dans les huit régressions est positif et statistiquement significatif au seuil de 5%. L'IDE est négatif et significatif au seuil de 10%

dans la régression 4, contrairement aux régressions 2, 5, 6 et 8 où il est positif et significatif aux seuils de 5% et 10%. Les exportations (régression 5) ; le développement financier (régression 6) ; l'éducation, l'urbanisation, les exportations, les ressources naturelles (régressions 8) sont positifs et statistiquement significatifs aux seuils de 5% et 10%. Les dépenses gouvernementales (régression 3) et la variable dummy (régression 6) sont négatives et significatives au seuil de 5%. Pour les variables d'interaction, nous constatons que l'IDE-développement financier (régression 6) et l'IDE-éducation, l'IDE-dépenses gouvernementales, l'IDE-urbanisation (régression 8) sont tous négatifs et statistiquement significatifs aux seuils de 5% te 10%. Par contre que l'IDE-urbanisation dans la régression 4 est positif et significatif au seuil de 5%.

L'un des résultats qui des plus important également et qui se dégage dudit tableau (9), est la négativité et la significativité du terme à correction d'erreurs pour chaque régression au seuil de 5%. Ceci confirme l'existence d'un mécanisme à correction d'erreur. Plus explicitement, 0,79 ; 0,84 ; 1,02 ; 1,15 ; 0,69 ; 1,04 ; 0,84 et 1,47 représentent les vitesses auxquelles le déséquilibre est résorbé dans les régressions 1à 8 respectivement.

Le coefficient de détermination varie entre 66% et 89%. Spécifiquement, 65%, 69%, 75%, 82%, 82%, 89%, 75% et 79% de la variable endogène est expliquée par les variables exogènes retenues dans chacune des régressions (1 à 8) respectivement.

Tableau 9. Résultats de la régression sensitive à court terme (variable dépendante : y)

Court terme	1	2	3	4	5	6	7	8
	0,72	0,79	0,94	1,15	0,83	0,76	0,59	0,78
d (cf)	(0,00)**	(0,00)**	(0,00)**	(0,00)**	(0,00)**	(0,00)**	(0,00)**	(0,00)**
	1,68	7,68	3,42	-7,25	1,10	1,68	2,86	75,99
d (ke)	(0,67)	(0,07)***	(0,53)	(0,05)***	(0,01)**	(0,02)**	(0,27)	(0,01)**
	-7,38	7,04	9,20	-10,49	5,30	-8,41	-7,35	176,18
d (ed)	(0,29)	(0,53)	(0,29)	(0,51)	(0,28)	(0,20)	(0,23)	(0,00)**
			-2,03					-1,97
d (dp)			(0,04)**					(0,23)
				4,79				20,02
d (up)				(0,25)				(0,00)**
					0,15			0,15
d (mg)					(0,00)**			(0,09)***
						0,23		-0,14
d (bm)						(0,00)**		(0,25)
							0,03	3,79
d (rn)							(0,97)	(0,01)**
	-0,94	-0,98	-2,73	-1,75	-0,52	-4,23	-0,50	-3,99
d (dum)	(0,74)	(0,72)	(0,29)	(0,48)	(0,80)	(0,02)**	(0,84)	(0,19)
	-0,03							0,03
d (ke x cf)	(0,87)							(0,89)
		-9,63						-36,20
d (ke x ed)		(0,11)						(0,03)**
			-0,22					-2,23
d (ke x dp)			(0,64)					(0,06)***
				1,89				-5,83
d (ke x up)				(0,02)**				(0,01)**
					0,03			-0,11
d (ke x mg)					(0,35)			(0,11)
						-0,09		0,09
d (ke x bm)						(0,06)***		(0,31)
							-0,68	-0,17
d (ke x rn)							(0,47)	(0,85)
	-0,79	-0,84	-1,02	-1,15	-0,69	-1,04	-0,84	-1,47
ect (-1)	(0,00)**	(0,00)**	(0,00)**	(0,00)**	(0,00)**	(0,00)**	(0,00)**	(0,00)**
R^2	0,66	0,69	0,75	0,82	0,82	0,89	0,75	0,79

Source : Résultats sous Eviews

Note : $(\cdot)$ *correspond à la valeur de la probabilité.* $(\cdot)^{**}$ et $(\cdot)^{***}$ *correspondent respectivement à la signification statistique d'ordre 5% et 10%.*

Nous constatons donc avec l'analyse de la sensitivité que l'IDE se greffe à certaines variables pour impacter soit positivement ou négativement la croissance économique au Cameroun. Pour confirmer les résultats présentés ci-dessus, des tests de robustesse sont indispensable. C'est ce qui fait l'objet de la section suivante.

6.5 TESTS DE ROBUSTESSE ET DE STABILITÉ

Tableau 10. Résultats des tests de robustesse et de stabilité des régressions originales et de sensitivité

A) Régression originale (de départ)								
Equation	1	2	3	4	5	6	7	8
Normalité	1,54	11,82	2,44	1,05	0,18	1,74	0,80	0,80
	(0,46)	(0,00)	(0,29)	(0,59)	(0,91)	(0,41)	(0,66)	(0,66)
Autocorrélation	1,32	0,34	1,96	0,01	0,30	0,80	0,07	3,90
	(0,25)	(0,56)	(0,17)	(0,89)	(0,58)	(0,38)	(0,79)	(0,07)
Hétéroscédasticité	1,13	0,08	4,28	0,50	3,27	1,21	0,03	0,45
	(0,29)	(0,77)	(0,04)	(0,48)	(0,08)	(0,28)	(0,86)	(0,50)
Test de Ramsey	1,18	14,19	2,24	1,36	0,80	3,59	1,90	11,58
	(0,28)	(0,00)	(0,14)	(0,25)	(0,37)	(0,07)	(0,18)	(0,00)
B) Régression de sensitivité								
Normalité	1,69	1,04	15,23	1,18	0,15	0,70	0,03	0,15
	(0,42)	(0,59)	(0,00)	(0,55)	(0,92)	(0,70)	(0,98)	(0,92)
Autocorrélation	0,10	0,001	0,04	1,13	0,32	2,03	0,60	0,01
	(0,74)	(0,96)	(0,84)	(0,30)	(0,57)	(0,16)	(0,44)	(0,89)
Hétéroscédasticité	0,19	0,18	0,10	2,32	1,18	0,006	0,85	1,99
	(0,66)	(0,67)	(0,74)	(0,14)	(0,28)	(0,93)	(0,36)	(0,16)
Test de Ramsey	0,65	0,03	21,63	0,54	1,44	4,59	0,33	0,56
	(0,42)	(0,85)	(0,00)	(0,47)	(0,24)	(0,04)	(0,57)	(0,46)

Source : Résultats sous Eviews

Note : variable dépendante : taux de croissance annuel du PIB. (·) *correspond à la valeur de la probabilité.*

Dans l'optique de valider les coefficients estimés dans la section précédente, un ensemble de tests est effectués pour confirmer que les résidus respectent les hypothèses d'une régression classique. L'analyse de la robustesse comprend les tests de normalité, d'autocorrélation et d'hétéroscédasticité. Celui de la stabilité est opérée par le test de Ramsey. Les résultats desdits tests est résumés dans le tableau 10 ci-dessus où ceux de la partie A concerne les régressions de départ et ceux de la partie B, les régressions de sensitivité. Dans les régressions de départ, on observe un problème de normalité des résidus et d'instabilité dans la régression 2, un problème d'hétéroscédasticité dans la régression 3. On note également un problème d'instabilité dans la régression 8 où la probabilité de la statistique de Student est inférieure à 5%. Pour ce qui est des régressions de sensitivité, on relève un problème de normalité des résidus et d'instabilité des paramètres à la régression 3. Ce problème d'instabilité est aussi observé à la régression 8.

7 CONCLUSION

La littérature nous a appris que l'IDE reste un sujet qui continue à intéresser au plus haut vol les économistes. Du fait de l'ambigüité de ces implications dans le développement des pays hôtes. Face à un monde en perpétuel mouvement marqué par l'évolution démographique, l'instabilité sociale, les catastrophes naturelles, les conflits pour ne citer que ceux-ci, nous nous sommes intéressés à la question de la réalité des IDE comme facteur de croissance économique. Tel était l'objectif de la présente étude, à vérifier dans le contexte camerounais. Pour atteindre cet objectif nous avons exploité des données secondaires sur la période allant de 1970 à 2016 et décidé d'appliquer la méthode autorégressive à retards échelonné (ARDL) après obtention des résultats des tests de racine unitaire. L'hypothèse de présence de cointégration entre les variables a été acceptée. D'où l'existence d'une relation de court et long terme entre les variables du modèle. L'estimation des paramètres des modèles atteste effectivement que les IDE sont un facteur de croissance économique au Cameroun et sont par ailleurs, positif et statistiquement significatif. Sur ce fait, il est donc impératif pour le gouvernement de déployer des mesures incitatives pour attirer au mieux les IDE, notamment dans des secteurs d'activités créatrice de valeurs ajoutées. Ceci pour booster considérablement la croissance économique afin de réduire la pauvreté et accélérer le processus de développement pour ainsi améliorer les conditions de vie des populations.

REFERENCES

[1] Adams S. (2009). "Foreign direct investment, domestic investment, and economic growth in Sub-Saharan Africa", *Journal of Policy Modeling*, 31, 939-949.

[2] Adams S. and Klobodu E. (2017). "Capital flows and economic growth revisited: Evidence from five Sub-Saharan African countries", *International Review of Applied Economics*, 31, 939-949.

[3] Arcand J.L., Berkes E. and Panizza U. (2012). "Too much finance?", IMF working paper 12/161/

[4] Aghion PH. (2006). « *Politique économique et croissance en Europe* », Rapport au CEA, la documentation française.

[5] Alguacil M., Cuadros A. and Orts V. (2011). "Inward FDI and growth: the role of macroeconomic and institutional environment", *Journal of Policy Modeling*, 33(3), 481-496.

[6] Akilou A., (2009). « Analyse des effets des exportations sur la croissance économique du Togo », *Revue Africaine de l'Intégration, Vol 3 n° 2*, 22 p.

[7] Akinlo A. (2004). "Foreign direct investment and growth in Nigeria An empirical investigation", *Journal of Policy Modeling*, 26, 627-639.

[8] Aschauer D.A. (1989). "Is public expenditure productive? ", *Journal on Monetary Economics*, No23

[9] Azman-Saini W.N.W., Baharumshah A. Z., and Law S. H. (2010). "Foreign direct investment, economic freedom and economic growth: international evidence", *Economic Modelling*, 27, 1079-1089.

[10] Barro R. (1990). "Government spending in a simple model of endogenous growth", *Journal of Political Economy*, 98, 103-126.

[11] Barro, R. J. and Lee, J. W. (1994). *Dataset for a Panel of 138 Countries*.
[Online] Available: http://www.nber.org/pub/barro.lee/ (18/07/2018).

[12] Beck T., Levine R. and Loayza N. (2000). "Finance and the sources of growth", Journal of Financial Economics, 261-300.

[13] Blomsrtöm M., Lipsey R., and Zejan M. (1992). *What explains developing countries growth?* National Bureau of Economic Research (NBER), Working Paper No. 4132, Cambridge.

[14] Borensztein E., Gregorio J.D. et al. (1998). "How does foreign direct investment affect economic growth", *Journal of International Economics* 45(1): 115-135.

[15] Bost F. (2004). « Les investissements directs étrangers, révélateurs de l'attractivité des territoires à l'échelle mondiale », *La Revue Mappemonde*, No 75 (3), 1-8.

[16] Bosworth B. and Collins S. (1999). "Capital flows to developing economies: Implications for saving and investment", *Brookings Papers on Economic Activity*, 1, 143-180.

[17] Brambila-Macias J. and Massa I. (2010). "The global financial crisis and Sub-Saharan Africa: The effects of slowing private capital inflows on growth", *African Devleopment Review*, 22(3), 366-3778.

[18] Bravo-Ortega C. et De Gregorio J. (2005). "The relative richness of the poor? natural resources, human capital and economic growth", *World Bank policy,* research working paper no. 3484

[19] Brunnschweiler C.N. (2008). "Cursing the blessings? natural resource abundance, institutions, and economic growth", *World Development,* Vol. 36, No. 3, p. 399-419

[20] Button K., Stough R., Higano H. et Nijkamp P. (2003). "*Telecommunication, Travel and Location*", Edward Elgar Publishing Limited, 208 p

[21] Carkovic M. V. et Levine R. (2002). "Does FDI accelerate economic growth?", U. of Minnesota Department of Finance Working Paper.

[22] Chabossou A. F. (2017). «Effets des technologies de l'information et de la communication sur la croissance économique du Bénin», *Revue "Repères et Perspectives Economiques"*
[Online] Available: http://revues.imist.ma/index.php?journal=rpe&page=article&op=view&path%5B%5D=10924. (Page consultée le 12/06/2018).

[23] CNUCED (2005). Rapport sur l'investissement dans le monde : les sociétés transnationales et l'internationalisation de la recherche-développement, Genève, CNUCED.

[24] C NUCED (2017). Rapport des investissements dans le monde : l'investissement et l'économie numérique, Genève, CNUCED.

[25] Dar A. et Amirkhalkhali S. (2002). "Government Size, Factor Accumulation and Economic Growth: Evidence from OECD Countries", *Journal of Policy Modeling*, Vol. 24 (7-8), p. 679 – 692.

[26] Davis G. A. (1995). "Learning to love the dutch disease: evidence from the mineral economies", *World Development,* Vol. 23 , p. 1765-1779

[27] De Mello L. R. (1997). "Foreign direct investment in developing countries and growth: A selective survey", *Journal of Development Studies*, 34, 1–34.

[28] De Mello L. R. (1999). Foreign direct investment led-growth: evidence from time series and panel data. *Oxford Economic Papers*, 51, 133-151.

[29] Dickey D.A. and Fuller W.A. (1979). "Distribution of the estimators for autoregressive time series with a unit root", *Journal of the American Statistical Association*, 72, 126-132.
[30] Elliott G., Rothenberg T.J. and Stock J.H. (1996). "Efficient tests for an autoregressive unit root", *Econometrica*, 64, 813-836.
[31] Folster S. et Henrekson M. (2001). "Growth Effects of Government Expenditure and Taxation in Rich Countries", *European Economic Review*, Vol. 45, N°8, p. 1501 – 1520.
[32] Herzer D., Klasen S., and Nowak-Lehmann F. (2008). In search of FDI-led growth in developing countries: the way forward. *Economic Modeling*, 25, 793-810.
[33] Johansen S. (1991). "Estimating and hypothesis testing of cointegration vectors in Gaussian vector autoregressive models", *Econometrica*, 59(6), 1551-1580.
[34] Kolstad I. et Tondel L. (2002). How do effective social development policies and institutions impcat on the investment climate in developing countries?, Social Developent Department of the World Bank
[35] Levine R., Loayza N. and Beck T (2000). "Financial intermediation and growth: causality and causes", Journal of monetary Economics, 46, 31-77.
[36] Lezona H., (2005). « *L'impact des exportations sur la croissance économique au Congo* » Brazzaville, IDEP, 95 p.
[37] Li X. and Lui X. (2004). "Foreign direct investment and economic growth: An increasingly endogenous relationship", *World Development*, 33(3), 393-407.
[38] Loots E. and Kabundi A. (2012). "Foreign direct investment to Africa: trends, dynamics and challenges", *South African Journal of Economic and Management Sciences*, 15(2), 128-141.
[39] Lumbia K. (2005). "What makes FDI work? A panel analysis of the growth effect of FDI in Africa", African Region Working Paper Series No. 80, February.
[40] Masten A., Coricelli F., Masten I. (2008). "Non-linear growth effects of financial developpement: does financial integration matter?, *Journal of International Money and Finance* 27:295-313.
[41] Moosa I. (2002). "Foreign direct investment: theory, evidence and practice", Palgrave Macmillan.
[42] Nair-Reichert, U. et Weinhold D. (2001). "Causality Tests for Cross-Country Panels: a New Look at FDI and Economic Growth in Developing Countries", *Oxford Bulletin of Economics and Statistics,* 63(2): 153-171.
[43] Ndambendia H. and Njoupougnigni M. (2010). "Foreign aid, foreign direct investment and economic growth in Sub-Saharan Africa: Evidence from pooled mean group estimator (PMG)", *International Journal of Economics and Finance*, 2(3), 39-45.
[44] Ndikumana L. and Verick S. (2009). "The linkages between FDI and domestic investment: Unravelling the developmental impact of foreign investment in Sub-Saharan Africa", *Development Policy Review*, 26(6), 713-726.
[45] Ojo O. et Oshikoya T. (1995). "Determinants of long term growth: some African results", *Journal of African Economies*, Vol. 4, N°. 2, p. 163 – 191.
[46] Oyo Y. et Shibata A. (2001). "Government Spending, Interest Rates and Capital Accumulation in Two-Sector Model", *Canadian Journal of Economics*, Vol. 34, No. 4, p. 903 – 920.
[47] Pesaran M., Shin Y. and Smith R. (2001). "Bounds testing approaches to the analysis of level relationships", *Journal of Econometrics*, 16(3), 289-326.
[48] Quenum V.C.C. (2011). « Niveaux d'éducation et croissance économique dans les pays de l'UEMOA », *Revue d'Economie Théorique et Appliquée*, Vol 1 (1), 41-62.
[49] Rama M. (2001). "Empirical Investment Equations for Developing Countries", World Bank Publications.
[50] Ramirez M. (2000). "Foreign direct investment in Mexico: A cointegration analysis", *The Journal of Development Studies*, 37(1), 138-162.
[51] Resmini L. (2003). "Economic integration, industry location and frontier economies in transition countries", Economic Systems, Vol 27, 205-221.
[52] Rioja F. and Valev N. (2004). "Does one size fit all? A reexamination of the finance and growth relationship," *Journal of Development Economics* 74: 429-447.
[53] Saminirina A., et Adamson R., (2013). «Exportations, croissance économique et intégration régionale : La relation entre exportations et croissance économique à Madagascar », Centre de Recherches, d'Etudes et d'Appui a l'Analyse Economique à Madagascar (CREAM), Cahier n°16, 27 p
[54] Sharma B. and Abekah J. (2008). "Foreign direct investment and economic growth of Africa", *Atlantic Economic Journal*, 36(1), 117-118.
[55] Subasat T. (2002). "Does Export Promotion Increase Economic Growth? Some Cross-Section Evidence", Development *Policy Review,* Vol. 20.
[56] Tomi S. (2015). "Foreign direct investment, economic growth and structural transformation: The case of West African Economies and Monetary Union Countries", MPRA Working Paper No. 62230.
[57] Yabi O. G. (2010). « Investissements directs étrangers et croissance. Théories et analyse économétrique appliquée aux pays en voie de développement », Sarrebruck : Éditions Universitaires Européennes.
[58] Wikipedia (2018). https://fr.wikipedia.org/wiki/Boko_Haram. (Page consultée le 13/09/2018).

International Journal of Innovation and Applied Studies
ISSN 2028-9324 Vol. 27 No. 1 Aug. 2019, pp. 279-294
© 2019 Innovative Space of Scientific Research Journals
http://www.ijias.issr-journals.org/

GOUVERNANCE MONETAIRE ET MESURE D'INDEPENDANCE DES BANQUES CENTRALES : REVUE THEORIQUE ET IDIOSYNCRASIE CONGOLAISE

Bobo B. KABUNGU

Doctorant en Business International, Assistant de Recherche au Centre de Recherche en Sciences Humaines (CRESH), RD Congo

Copyright © 2019 ISSR Journals. This is an open access article distributed under the ***Creative Commons Attribution License***, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

ABSTRACT: Since December 13, 2018, the Central Bank of Congo is governed by a new law that covers its organization and operation. This law reinforces its autonomy after the law n° 005/2002 of May 07, 2002 which had already recognized the central bank independence. On the basis of a theoretical framework excavated on the external governance of central banks, this article assesses the legal independence of the Congolese Monetary Authority, retraces the itinerary and achieves, thanks to an index of dependence vis-à-vis of policy, to identify areas where efforts are still expected.

KEYWORDS: External governance, legal independence, measure of independence, Central Bank of Congo, DRC.

RESUME: Depuis le 13 décembre 2018, la Banque Centrale du Congo est régie par une nouvelle loi qui porte sur son organisation et son fonctionnement. Cette loi vient renforcer son autonomie après la loi n°005/2002 du 07 mai 2002 qui lui avait déjà reconnu une certaine indépendance. Sur la base d'un cadre théorique fouillé sur la gouvernance externe des banques centrales, cet article évalue l'indépendance légale de l'Autorité monétaire congolaise, en retrace l'itinéraire et parvient, grâce à un indice de dépendance vis-à-vis du politique, de situer les domaines où des efforts demeurent attendus.

MOTS-CLEFS: Gouvernance externe, indépendance légale, mesure d'indépendance, Banque Centrale du Congo, RDC.

1 INTRODUCTION

Le débat sur l'indépendance des banques centrales ne date pas d'aujourd'hui. Si la question relative au mandat et à l'autonomie des banques centrales remontent depuis la mise en place des premières institutions du genre, les trente-quarante dernières années ont été les plus décisives en ce qu'elles ont conduit à un certain consensus quant à la nécessité pour l'autorité monétaire, de concevoir et de mettre en œuvre la politique monétaire en dehors de la coupole du pouvoir politique dont l'action peut être biaisé par l'approche des échéances électorales.

En effet, pour garantir leur efficacité, les banques centrales ont de plus en plus mis l'accent sur la priorité à réserver à l'objectif de la stabilité du niveau général des prix ainsi qu'à l'importance de leur indépendance (Kempf et Lanteri, 2008) [1]. C'est dans cet élan que la Banque Centrale du Congo (BCC), créée en 1951[1], s'est dotée, aux termes de la loi n°005/2002 du 07 mai 2002 portant constitution, organisation et fonctionnement de la BCC, des statuts qui lui confèrent son indépendance et précisent clairement son premier rôle de mise en œuvre de la politique monétaire du pays dont l'objectif principal est d'assurer la stabilité du niveau général des prix (BCC, 2004) [2].

Plus de 15 ans après l'entrée en vigueur de cette loi qui confère à la Banque Centrale du Congo son indépendance, il devient utile, lorsque l'on considère les velléités de l'école de la mise sous tutelle des banques centrales allant dans le sens de la restreindre sa liberté ainsi que les pressions des partisans de son autonomie plaidant pour le renforcement de cette indépendance, de procéder à une évaluation des résultats de l'application de cette loi. Cet exercice devient encore plus

[1] A l'époque, il s'agissait de la Banque Centrale du Congo Belge et du Ruanda-Urundi (BCCBRU).

pertinent d'autant plus qu'une nouvelle loi organique portant organisation et fonctionnement de la BCC vient d'être promulguée, après son adoption au niveau de la Commission mixte paritaire Assemblée Nationale – Sénat en vue de « faire ressortir la nécessité de conformer la loi aux engagements du pays et aux standards internationaux, particulièrement dans le domaine de la gouvernance et dans la stabilité financière. Par ailleurs, pour renforcer la résilience du secteur financier national dans le cadre de son objectif de stabilisation du cadre macroéconomique, le Gouvernement a pris l'option de restructurer la Banque Centrale du Congo dans la perspective de la recapitalisation de l'institution et du renforcement de sa transparence » (Commission mixte paritaire Assemblée Nationale – Sénat RDC, 2018, p. 1) [3].

Les opposants à l'indépendance de la Banque Centrale affirment, pour leur part, qu'une autonomie renforcée de l'Autorité monétaire du pays risque de causer préjudice à l'atteinte d'autres objectifs gouvernementaux, à l'exemple du soutien à la production et de la promotion de l'emploi. En sus, ils arguent que cette indépendance constituerait un biais à la coordination des politiques économiques, du fait que les acteurs politiques seraient poussés à réaliser d'importants déficits budgétaires en laissant à la seule Banque Centrale le soin ou la charge de contrer les pressions inflationnistes inhérentes à cette situation.

S'agissant particulièrement de la Banque Centrale du Congo (BCC), nous postulons que son indépendance telle que consacrée par la loi de 2002 est plus dans la lettre que dans la pratique malgré des avancées incontestées par rapport à la situation de la décennie 1990. Pour le vérifier, il faudrait mesurer l'indépendance légale de la BCC placée dans son contexte de gouvernance afin d'apprécier les progrès accomplis depuis 2002 et envisager de meilleures perspectives.

Cet article tente ainsi de répondre aux questions suivantes :

- La théorie économique est-elle tranchée au sujet de la gouvernance externe des banques centrales, spécialement en ce qui concerne le débat politique sur l'indépendance ou la mise sous tutelle de celles-ci ?
- La loi 005/2002 du 07 mai 2002 a-t-elle effectivement accordé à l'autorité monétaire congolaise une (plus grande) autonomie par rapport à l'ordonnance-loi n°93-002 du 28 septembre 1993, toutes relatives à la constitution et à l'organisation de la bcc ?
- Quelles perspectives offre la nouvelle loi n°18/027 du 13 décembre 2018 portant organisation et fonctionnement de la banque centrale ?

2 CADRE THEORIQUE

2.1 CADRE CONCEPTUEL : MANDAT ET GOUVERNANCE DES BANQUES CENTRALES

2.1.1 MANDAT DES BANQUES CENTRALES

Quasiment tous les pays du monde disposent d'une banque centrale. Celle-ci remplit des missions au cœur de l'économie. Kabungu (2018, p. 2) [4] mentionne que

« selon les pays, le législateur lui confie des missions particulières allant du maintien de la stabilité des prix à la contribution aux efforts de croissance économique, en passant par l'impression des billets de banque et des pièces de monnaie ayant cours légal, la définition et la mise en œuvre de la politique de change et la règlementation de l'activité bancaire. A ces missions, du reste non exhaustives, il sied d'ajouter le rôle joué par les banques centrales en matière de recherche et/ou de préservation de la stabilité financière, surtout après les crises économiques et financières qui ont émaillé l'évolution économique mondiale ces dix dernières années ».

Une banque centrale[2] fait donc partie du paysage institutionnel, économique et financier au niveau national et international. Du point de vue intérieur, Bini Smaghi (2014) [5] indique que les banques centrales sont, certes, des institutions indépendantes mais dont les actes sont, toutefois, régis par des contraintes institutionnelles précises. En effet, les banques centrales ne fonctionnent sans repères : elles interagissent avec d'autres institutions qui ont chacune leur légitimité et demeurent sous une surveillance constante pour s'assurer que leurs actions sont en cohérence avec le contexte institutionnel et pour savoir si celui-ci doit être modifié. D'où, par moment, la nécessité d'adapter le mandat de la banque centrale, notamment dans la perspective d'avoir à assurer la stabilité financière.

[2] L'évolution du rôle et du statut des banques centrales à travers l'histoire et la théorie oppose le *free banking* et le *central banking*, le second modèle s'étant largement imposé.

A ce sujet, Moser-Boehm, P. (2006) [6] souligne que le mandat de la banque centrale lui confère comme premier ou unique objectif de préserver la stabilité des prix. Il lui assure, en outre, une autonomie vis-à-vis de l'État, afin que des considérations politiques à court terme n'interfèrent pas avec la réalisation de cet objectif. Cette autonomie s'accompagne toutefois d'une obligation de rendre compte au pouvoir législatif (responsabilité) et à l'opinion publique (transparence).

Un tour d'horizon de la législation en vigueur dans 126 pays et unions monétaires révèle, suivant le FMI cité par Kabungu (2018) [7], que si en Amérique du Nord et en Asie (élargie au Pacifique), les objectifs poursuivis par la politique monétaire des banques centrales sont aussi bien la stabilité du niveau général des prix que d'autres objectifs macroéconomiques, en Europe, au Moyen-Orient (élargie à l'Asie du centre) et en Afrique, la stabilité des prix demeure le but principal et les autres objectifs macroéconomiques sont subsidiaires. Toutefois, plusieurs pays gardent encore la stabilité des prix comme le seul objectif poursuivi par leurs banques centrales. En outre, les disparités sont importantes entre l'Europe et le reste du monde au regard du fait que ce Continent prend à lui seul 30,0 % des pays et union monétaire dont le couple (stabilité des prix, autres objectifs macroéconomiques) demeure l'objectif de la politique monétaire.

Si l'on considère plutôt le niveau de revenu, on observe que la tendance se lisse avec la majorité des banques centrales des pays poursuivant à la fois la stabilité des prix et d'autres objectifs macroéconomiques, suivie du groupe des pays et unions monétaires dont les banques centrales sont chargées, en priorité, de préserver le pouvoir d'achat de la monnaie et de garantir, accessoirement, l'atteinte des autres objectifs. Les pays dont les banques centrales n'ont comme seul objectif la stabilité des prix constituent une minorité.

2.1.2 GOUVERNANCE DES BANQUES CENTRALES

2.1.2.1 LA NOTION DE GOUVERNANCE DES BANQUES CENTRALES

Pour permettre aux banques centrales d'atteindre leurs objectifs, le Législateur fixe et met à jour le cadre légal sur lequel vient se fixer le modèle de gouvernance jugé adapté aux ambitions du pays. Il s'en suit qu'au fil des années, des mutations s'observent en matière d'organisation interne, de rapport avec le pouvoir politique ou de stratégie de politique monétaire menée par les banques centrales.

Dans leur article paru dans le *Bulletin de la Banque de France*, Kempf et Lanteri (2008, p. 84) [8] affirment que :

« La question de la gouvernance des banques centrales est devenue un sujet majeur de débat lorsque les discussions tant académiques que pratiques sur l'indépendance se sont développées à partir des années quatre-vingt. En effet, si l'indépendance des institutions d'émission a été perçue comme une solution pertinente et une arme d'une grande efficacité dans une stratégie de contrôle de l'inflation, sa mise en œuvre a suscité de nouvelles interrogations, concernant notamment les contreparties de cette indépendance dans les sociétés démocratiques en termes de transparence et de responsabilité publique ("*accountability*"). La notion d'indépendance est alors apparue comme trop restreinte pour couvrir tous les aspects du fonctionnement d'une banque centrale. Plus généralement, le contexte dans lequel les banques centrales évoluent a changé et cela explique l'intérêt actuel pour les questions de gouvernance des banques centrales ».

2.1.2.2 GOUVERNANCE INTERNE ET GOUVERNANCE EXTERNE DES BANQUES CENTRALES

Kempf et Lanteri (2008) [9] distinguent deux aspects dans la gouvernance d'une banque centrale selon qu'il s'agit des relations avec l'environnement extérieur (gouvernance externe) ou de l'organisation de la prise de décision dans le domaine de la politique monétaire (gouvernance interne). Pour ce qui est de la gouvernance externe, il est à noter que l'environnement extérieur d'une banque centrale est constitué des secteurs public (autorités publiques) et privé (avec, en priorité les intermédiaires et marchés financiers). En ce qui concerne la gouvernance interne, elle fait allusion à l'organisation administration de la banque centrale, avec un accent sur l'articulation des services impliqués dans le pilotage de la politique monétaire.

Lorsque l'on parle de gouvernance externe des banques centrales, ce sont essentiellement les aspects liés au degré de leur indépendance auxquels on pense en premier. Cette indépendance renvoie à la nécessité de réduire le biais inflationniste et donc de mieux assurer un contrôle de l'évolution du rythme de formation des prix intérieurs. A cette dimension d'autonomie s'ajoutent les exigences de transparence et de responsabilité démocratique qui, ensemble, forment les trois piliers de la gouvernance externe d'une banque centrale. Dit en langage comptable, l'indépendance, la transparence et la responsabilité constituent les masses du bilan de la gouvernance externe des banques centrales.

ACTIF	PASSIF
Transparence	Indépendance
Cohérence des décisions	Indépendance d'objectifs (qualitatifs)
Formation efficiente des anticipations	Indépendance de cibles (quantitatifs)
Renforcement de la crédibilité de la banque centrale	Indépendance de jure
	Indépendance de facto
Responsabilité publique	Indépendance financière
Comptabilité des actes	…
Disposition à fournir des explications	
Aide à l'évaluation	

Fig. 1. Les grandes masses du « bilan » de la gouvernance externe des banques centrales

Source : Kabungu (2018, p. 14) [10]

Ainsi considérés, l'indépendance d'une banque centrale et le couple transparence – responsabilité sont respectivement le recto et le verso d'une même feuille. Poole (2003) [11] souligne que la prise de décision et la mise en œuvre de la politique monétaire d'une banque centrale doivent se conformer aux exigences de transparence. C'est ici le lieu de mentionner que la responsabilité politique ou démocratique peut être considérée comme une résultante de la transparence. Pour emprunter l'idée d'Amtenbrink reprise par la SADC (2011) [12], la transparence est une condition de la responsabilité.

Le Code de bonnes pratiques pour la transparence des politiques monétaire et financière du FMI est très explicite en ce qui concerne la transparence attendue de la banque centrale. Il voudrait que celle-ci communique sur son action en temps réel et sans ambiguïté ainsi que sur le soubassement de toutes ces décisions. Selon ce code, la transparence implique que « le public est informé avec clarté, accessibilité et sans délai des objectifs de l'action, de son cadre juridique, institutionnel et économique, des décisions y afférentes et de leur justification, des données et informations relatives aux politiques monétaire et financière, ainsi que des clauses qui rendent les organes financiers comptables de leurs actes » (FMI, 1999, p. 2) [13]. En d'autres termes, « la transparence suppose l'ouverture et la communication d'informations, ainsi que l'interaction avec le public sur les décisions de politique monétaire prises par la banque centrale » (SADC, 2011, p. 7) [14].

Quant à elle, la responsabilité voudrait, pour la banque centrale, qu'elle rende compte de son action au pouvoir législatif, au risque de prendre des mesures qui desservent l'intérêt général par « excès de prudence » notamment. La SADC (2011) [15] estime que cette obligation est à placer dans une logique de « pouvoirs et contre-pouvoirs », le Parlement constituant le cadre idéal où la banque centrale indépendante rend compte de son action, notamment pour des besoins d'évaluation à l'aune des objectifs prédéfinis.

2.2 REVUE DE LA LITTÉRATURE

2.2.1 COMPRENDRE LA NOTION D'INDÉPENDANCE DES BANQUES CENTRALES

Depuis la constitution des Etats, plusieurs pays ont cherché à disposer d'une banque centrale. Il s'agissait, au départ, des sociétés privées qui ont évolué vers des personnes morales de droit privé jouissant d'un statut particulier et d'une certaine autonomie. S'interrogeant sur les fondements de l'indépendance des banques centrales, Farvaque (2007) [16] montre que l'origine du principe d'indépendance est la philosophie politique américaine qui considère l'indépendance comme une condition essentielle du maintien de la démocratie.

Si aujourd'hui, quasiment tous les pays disposent d'une banque centrale, Mishkin (2007) [17] note qu'au-delà de leurs ressemblances liées aux fonctions qu'elles exercent, ces institutions diffèrent selon l'histoire monétaire et politique des pays concernés. « Deux modèles de banque centrale s'opposent : la banque centrale sous tutelle – placée sous l'autorité directe de l'Etat – et la banque centrale indépendante – qui ne reçoit aucune instruction du gouvernement. A partir des années 1980, il y a eu un mouvement très net en faveur du second modèle » (Mishkin, 2007, p. 425) [18].

Selon la Communauté de Développement d'Afrique Australe, ce besoin d'indépendance est né de l'objectif « d'instaurer une confiance et une certitude à long terme dans la politique monétaire, laquelle doit être tenue à une certaine distance du gouvernement (…) » SADC (2011, p. 4) [19]. Cette indépendance n'est donc pas à comprendre comme un isolement. Il s'agit plutôt d'une autonomie vis-à-vis des autorités politiques. C'est dans le même sens que va l'article de Patat (1992) [20]qui donne « quelques remarques sur la question de l'indépendance des banques centrales ». Un des points pivots de sa réflexion est que

l'indépendance ne peut se concevoir qu'en se référant à une mission bien ciblée, considérée comme un bien collectif et que l'on estime souhaitable de soustraire aux aléas de comportement et d'orientation d'un pouvoir politique d'essence démocratique. Ceci doit, en principe, transparaître dans la loi relative au statut d'une banque centrale.

A ce propos, Cukierman, Webb et Neyapti (1992) [21] précisent que ledit statut ne garantit pas, à lui seul, l'autonomie de l'institution. En effet,

« Le statut légal d'une Banque centrale est seulement un élément parmi plusieurs qui déterminent son autonomie effective. De nombreux statuts de banques centrales sont clairement incomplets et permettent de multiples interprétations. Dans ces conditions, des facteurs tels que la tradition ou bien la personnalité du gouverneur et des autres responsables de la banque conditionnent au moins partiellement le niveau d'autonomie effective dont celle-ci jouit. Même quand les textes sont très explicites, la réalité peut s'avérer bien différente de ce qu'ils prévoient » (Cukierman, Webb et Neyapti 1992, p. 361-363) [22]

L'on notera, par ailleurs, que la notion d'indépendance des banques centrales est abordée tantôt sur le plan politique, tantôt d'un point de vue opérationnel. D'autres études appréhendent la question sous un angle financier à l'instar d'Etienne (1983) [23] alors que d'autres encore préfèrent s'appesantir sur des aspects institutionnels, instrumentaux ou plutôt globaux. Quelle que soit la dimension privilégiée, l'indépendance des banques centrales prend généralement en compte les modalités et conditions de nomination des gouverneurs de banques centrales ainsi que les rapports avec les autres autorités, principalement budgétaires. Le tableau qui suit présente les types d'indépendance les plus répandus dans la littérature ainsi que leurs contenus respectifs.

Tableau 1. Sortes d'indépendance et contenus

Types d'indépendance	Contenus
Indépendance des objectifs ou indépendance politique	Pouvoir de définir les objectifs ultimes de la politique monétaire sans interférence des institutions politiques en général et du gouvernement en particulier
Indépendance des instruments	Capacité de la banque centrale à choisir, en toute liberté, ses instruments de politique monétaire susceptibles de concourir à l'atteinte de ses objectifs et ce, sans immixtion notamment politique
Indépendance institutionnelle	Pouvoir d'exécuter son mandat, sur la base du droit administratif et du fondement juridique de la banque centrale dotée de sa propre personnalité juridique, sans crainte ni obligation de requérir préalablement un avis extérieur. L'indépendance est ici garantie par un (des) texte (s) légal (aux).
Indépendance de la gestion du personnel ou indépendance organisationnelle	Liberté de nommer et de définir la durée des mandats, les motifs et les procédures de révocation, les règles relatives aux conflits d'intérêts s'appliquant aux dirigeants, dont les Gouverneurs et le Conseil d'administration (le Conseil).
Indépendance fonctionnelle ou opérationnelle	Absence de nécessité d'approbation des actions de la banque centrale par une autre entité.
Indépendance financière[3] [24]	Possibilité d'avoir un revenu distinct du budget de l'Etat et non soumis à la validation du gouvernement ou de l'exécutif. Exclusion de toute obligation de consentir un crédit à l'Etat.

Source : Kabungu (2018, p. 17) [25] inspiré de SADC (2011) [26].

2.2.2 BANQUE CENTRALE SOUS TUTELLE OU INDÉPENDANTE ?

Il y a de cela une décennie qu'Amtenbrink et Nyberg (2006) [27] affirmaient déjà que l'indépendance de la banque centrale était au cœur des débats institutionnel, économique et juridique des banques centrales. Depuis, plusieurs recherches sont venues enrichir la littérature existante sur le sujet et les résultats auxquels ils aboutissent confortent certains faits stylisés d'alors ou vont dans le sens de les nuancer. Quoi que de nos jours une grande majorité d'économistes est convaincue de l'intérêt économique de l'indépendance de la banque centrale, nombreux sont ceux qui estiment que cette institution devrait purement et simplement dépendre du gouvernement.

[3] Archer& et Boehm (2013) soulignent que la faiblesse financière d'une banque centrale peut remettre en cause l'efficacité de son action indépendante, surtout lorsqu'il s'agit des pays dont le système financier est peu développé et qui ont un long historique de problèmes de gouvernance économique.

Ainsi, Collier (2007) [28] souligne que les banques centrales des pays du nord ont penché pour une plus grande indépendance pour répondre à « l'asymétrie des horizons temporels ». Pour lui, les gouvernements ont compris que l'indépendance des banques centrales jouait en faveur de l'atteinte des objectifs économiques d'ensemble. Ils ont donc accepté de renoncer à leurs prérogatives et pouvoirs discrétionnaires, quitte à voir augmenter leur capacité à réaliser leurs objectifs globaux. La déclaration du Président sud-africain Mbeki, alors en exercice, est très édifiante à ce propos : « En ce qui nous concerne, nous avons compris que la politique monétaire ne doit pas être sous la coupe des partis aux pouvoirs au regard de leur instabilité » [Mbeki, 2001 (traduction personnelle)] [29].

Mishkin (2007) [30] liste, pour sa part, une série d'arguments économiques et politiques en faveur ou contre l'indépendance de la banque centrale. Les partisans d'une banque centrale indépendante partent du cas où, à l'approche des élections, les gouvernements préfèrent des taux d'intérêt bas même si la conjoncture économique exige qu'on les relève. Après le scrutin, la tentation de les relever au-delà du niveau optimal est forte avec le risque d'une surévaluation de la monnaie.

En sus, l'indépendance de la banque centrale qui rompt le lien entre le gouvernement et la création de la monnaie évite deux sources d'inflation que sont (i) le seigneuriage[4] qui peut attiser la tentation de financer le déficit budgétaire par la voie de la création monétaire ou pousser à des dévalorisations délibérées de la monnaie et (ii) l'incohérence temporelle[5] qui obstrue la lisibilité des perspectives en matière de décision politique. Niels (1995) [31] fait partie des défenseurs de l'indépendance des banques centrales. Son analyse s'inscrit en faux par rapport aux conclusions de Creel et Sterdyniak qui prétendent, notamment, que l'indépendance de la banque centrale est source potentielle de conflits et d'inefficacité.

En revanche, ceux qui s'opposent à l'indépendance de la banque centrale arguent, sur le plan économique, que (i) cette autonomie au service de la stabilité des prix peut compromettre l'atteinte des objectifs de production et d'emploi et que (ii) la prise en compte, dans le chef des autorités chargées de la politique budgétaire, de l'objectif de lutte contre l'inflation à charge de la banque centrale pourrait encourager la réalisation de déficits budgétaires structurels. Si Mishkin (2007, p. 434) [32] souligne que la portée du premier argument « reste limitée car il est généralement admis qu'il n'existe pas à long terme d'arbitrage possible entre inflation et croissance », il reconnaît néanmoins que le second s'avère irréfutable.

Sur le plan politique, la première critique est du ressort du « thème du déni de démocratie » lorsque l'on s'interroge, entre autres, sur les risques encourus par l'Etat en concentrant « trop » de pouvoirs entre les mains d'une institution à l'abri de tout contrôle politique ou sur la compatibilité entre les objectifs de la banque centrale et les priorités d'un gouvernement qui compte réaliser un programme pour lequel il a été mis sur pied. Dans la continuité de la réflexion, on aurait l'impression que l'indépendance de la banque centrale va à l'encontre des principes de démocratie représentative.

Notons que Jácome et Mancini-Griffoli (2014) [33] tempèrent les craintes liées à la négligence d'autres objectifs que celui de la stabilité des prix en faisant remarquer que les banques centrales sont de plus en plus incitées à adjoindre à leur mission de surveillance de l'inflation des objectifs politiquement sensibles tels que l'emploi et la croissance. Ainsi, Knight (2006) [34] estime que les banques centrales peuvent contribuer à relever le défi du développement.

D'un point de vue technique, Friedman cité par Mishkin (2007) [35] s'oppose à l'indépendance de la banque centrale pour trois motifs : (i) le risque de dilution de responsabilités en cas de partage du pouvoir monétaire entre la banque centrale et l'organe ou la structure chargée de la gestion de la dette par exemple ; (ii) le risque de surévaluation de l'importance accordée aux banquiers centraux dont le changement serait source d'incertitude ; (iii) le risque d'accorder plus d'attention aux effets de la politique monétaire sur les marchés au regard de la proximité des banquiers et ce, au détriment d'autres effets. Ces pesanteurs relèvent aussi de la pensée de l'école autrichienne connue pour ses positions critiques à l'égard de l'action des banques centrales qu'elle qualifient de responsables des crises financières à répétition. C'est ainsi que Friedman a, par exemple, attribué la spirale déflationniste des années 1930 à l'échec de la Réserve fédérale américaine à mettre à la disposition du marché assez de liquidités en période de contraction : il est allé jusqu'à plaider carrément la suppression de la Réserve fédérale.

[4] Le seigneuriage est le revenu tiré de la frappe de la monnaie.

[5] C'est la propension des autorités publiques (pouvoir politique) à revenir sur leurs promesses.

Au-delà de ce qui précède, il demeure que, dans la pratique, la banque centrale peut être totalement indépendante du pouvoir politique, à l'instar de la Banque centrale européenne (BCE), ou partiellement, comme la Réserve fédérale des États-Unis (la Fed)[6].

3 METHODOLOGIE

3.1 MÉTHODOLOGIE GÉNÉRALE

Afin de parvenir à de bons résultats, nous avons reposé notre cheminement sur deux méthodes principales :

(i) La méthode documentaire qui nous a permis de consulter des ouvrages et divers documents imprimés ou électroniques disponibles sur la toile (internet) relatifs à notre sujet ;

(ii) La méthode appliquée en orientant la recherche vers des recommandations pratiques en vue d'améliorer une situation de départ.

Sur le plan des techniques, nous avons mis l'accent sur l'observation et la conduite d'entrevues notamment avec plusieurs cadres au sein de la Banque Centrale du Congo et des experts relevant des institutions partenaires à l'instar de la Primature, du Parlement, du Ministère des Finances...[7]

3.2 MÉTHODOLOGIE SPÉCIFIQUE : MESURE DE L'INDÉPENDANCE LÉGALE

Deux indicateurs principaux sont utilisés pour mesurer l'indépendance légale: celui de Grilli, Masciandaro et Tabellini (1991) [36], appelé l'*indicateur GMT*, et celui de Cukierman, Webb et Neyapti (1992) [37]. Les deux évaluent les lois des banques centrales en calculant un index numérique qui situe chaque institution à un rang donné.

Par ailleurs, à l'occasion de ses travaux sur l'indépendance légale des banques centrales d'Amérique Latine durant la décennie 1990, Jacome (2001) [38] a proposé une grille d'évaluation de l'autonomie de ces dernières en se référant aux textes légaux et aux pratiques dans différents pays d'Amérique du Sud. Nous nous inspirons de cette étude pour tenter une évaluation commentée de l'indépendance légale de la BCC obtenue en 2002 grâce à la promulgation de la loi 005/2002 du 07 mai 2002 portant constitution, organisation et fonctionnement de la Banque Centrale du Congo, après un exercice similaire sur la base de l'ordonnance-loi n°93-002 du 28 septembre 1993 relative à la constitution et à l'organisation de la Banque du Zaïre.

Notons que Jacome (2001) [39] propose dix critères (notés entre 0 et 1, avec une note intermédiaire de 0,5) pondérés (1 à 3) pour appréhender l'indépendance légale d'une banque centrale :

- Son objectif allant d'une multiplicité à la seule stabilité des prix (poids 2) ;
- Le principe de désignation des membres du conseil d'administration et la durée de leur mandat (poids 2) ;
- La structure du conseil (poids 2) ;
- Les raisons du renvoi des membres du conseil (2) ;
- L'interdiction ou non d'accorder des crédits au gouvernement (poids 3) ;
- Les modalités d'application de la qualité de prêteur en dernier ressort (poids 2) ;
- L'autonomie totale ou limitée dans l'utilisation des instruments de politique monétaire (poids 3) ;
- L'indépendance financière du fait de l'intégrité du capital de la banque centrale garantie par la banque centrale (poids 1) ;
- La responsabilité vis-à-vis de la chambre des représentants du peuple (poids 1) ;
- La transparence et la publication des états financiers (poids 1).

Au sujet des notes ou des valeurs à attribuer pour chaque critère, l'auteur en suggère trois : 0 ; 0,5 et 1, suivant que la situation traduit une dépendance, une mi-dépendance ou une indépendance totale. Le score final est par addition des notes pondérées retenues pour chacun des critères. Par la suite, nous déduisons de ce résultat représentant l'indice d'indépendance ce que nous appelons le « degré de dépendance de la banque centrale » qui s'obtient par la formule ci-après :

[6] Pour le cas de la Fed, le Conseil Fédéral des Gouverneurs (The Federal Board Of Governors) et les 12 banques fédérales, toutes à capitaux privés, coexistent.

[7] Pour des raisons de convenance personnelle, la majorité a préféré garder l'anonymat.

$$w = [1 - (\frac{\sum_{i=1}^{n} Zi}{\sum_{i=1}^{n} Xi})] \times 100$$

Avec : $Z_i = Y_i X_i$

Où Z_i est la note pondérée du critère i ;

Y_i représente la note obtenue pour le critère i ;

X_i, le poids du critère i

W, le degré de dépendance de la banque ;.

4 RESULTATS

4.1 EVALUATION DE L'INDÉPENDANCE DE LA BCC SUIVANT L'ORDONNANCE-LOI DE 1993

Parmi les dix critères retenus par Jacome (2001) [40] et que nous avons présentés précédemment, deux ont la pondération 3 (octroi des crédits au Gouvernement ; indépendance dans l'utilisation des instruments), cinq ont 2 (objectif de la banque centrale ; désignation des membres du Conseil et durée de leur mandat ; structure du Conseil ; renvoi de ses membres ; qualité de prêteur en dernier ressort) et trois ont un poids de 1 (indépendance financière et capital ; responsabilité ; transparence et publication des états financiers). Ces pondérations traduisent l'importance accordée à chacun des critères. Partant de cette méthodologie, nous avons abouti à une appréciation notée de l'indépendance de la BCC avant 2002 (précisément durant la décennie 1990). Pour cette phase, nous nous sommes référés à l'examen de l'Ordonnance-loi n°93-002 du 28 septembre 1993 relative à la constitution et à l'organisation de la Banque du Zaïre dont l'analyse est consignée dans le tableau ci-après.

Tableau 2. Evaluation du degré d'indépendance de la BCC avant 2002 : cas de l'Ordonnance-loi n°93-002 du 28 septembre 1993 relative à la constitution et à l'organisation de la Banque du Zaïre

	Critères	Poids	Note	Note pondérée	Observations
1	Objectif de la BCC	2	1	2	La Banque a pour objet essentiel de maintenir la stabilité monétaire par une politique du crédit et du change favorable au développement équilibré de la République du Zaïre. Son action s'inscrit dans le cadre de la politique économique du Gouvernement de la République du Zaïre.
2	Désignation des membres du Conseil et durée du mandat	2	0	0	Nomination par le Président de la République (sur proposition du Gouvernement pour les membres autres que le Gouverneur et le Vice-Gouverneur).
3	Structure du Conseil	2	0	0	Intégration d'un Représentant du Gouvernement revêtu du pouvoir de suspendre toute décision du Conseil.
4	Renvoi des membres du Conseil	2	0	0	Aucun mécanisme de prise de décision du renvoi associant la Chambre des représentants n'est envisagé.
5	Octroi des crédits au Gouvernement	3	0	0	Aucune interdiction d'accorder des avances au Trésor n'est reprise dans le texte légal. Et dans la pratique, les déficits occasionnés par le Gouvernement sont financés par la planche à billets, avec toutes les conséquences qui s'en suivent.
6	Qualité de prêteur en dernier ressort	2	0	0	La loi ne dit rien sur le sujet. Seules des avances à accorder aux institutions financières inscrites peuvent être consenties et ce, contre garantie et pour une période n'excédant pas 180 jours. Dans la pratique, l'on observe cependant que la Banque accorde des appuis aux institutions en situation de déséquilibre pour des périodes plus longues.
7	Indépendance dans l'utilisation des instruments	3	0,5	1,5	Du fait de la participation d'un Représentant du Gouvernement au Conseil et de son pouvoir sur les décisions qui y sont prises, il appert qu'il peut bien influencer l'utilisation des instruments de politique monétaire et orienter ainsi l'action de la Banque dans le sens voulue par l'Exécutif, privant ainsi l'Autorité monétaire de jouir de son indépendance opérationnelle en totalité.
8	Indépendance financière et capital	1	1	1	60,0 % des bénéfices nets de chaque exercice sont versés au compte de réserve générale et le solde est crédité au compte du Trésor de la République. En cas de perte subie par la Banque, l'Etat la prend à sa charge.
9	Responsabilité devant la Chambre des représentants	1	0	0	La Banque Centrale ne publie qu'un rapport annuel.
10	Transparence et publication des états financiers	1	0,5	0,5	Publication annuelle régulière des états financiers mais non certifiés par un auditeur externe.
	Degré d'indépendance de la BCC	**19**		**5**	**Avec une note de 5/19, le degré d'indépendance de la Banque du Zaïre est très faible.**

Source : Calculs personnels.

Il ressort de cette analyse que, sur les dix critères retenus, la Banque du Zaïre (Banque Centrale de l'époque) n'avait le maximum de la note que pour ce qui est de l'indépendance financière, encore qu'il ne faille pas comprendre par là qu'elle avait tous les moyens de sa politique du fait de la rentabilité de ses actifs. Pour les autres critères, la Banque Centrale avait soit une note minimale, soit moyenne, ramenant ainsi sa dépendance à plus de 73,68 %. En effet, en posant que le degré de dépendance s'obtient en déduisant le score obtenu du score maximal, puis en multipliant le résultat par 100, on aurait :

$$(19/19\text{-}5/19)*100 = (14/19)*100 = 73{,}68\ \%$$

4.2 EVALUATION DE L'INDÉPENDANCE DE LA BANQUE CENTRALE SUIVANT LES DISPOSITIONS DE LA LOI 005/2002 DU 07 MAI 2002

4.2.1 CONTEXTE DE PROMULGATION ET APPORT

La veille du 07 mai 2002, la BCC était encore régie par deux textes de loi : l'ordonnance-loi n°93-002 du 28 septembre 1993 relative à la constitution et à l'organisation de la Banque du Zaïre et le décret-loi n°187 du 21 janvier 1999 portant organisation et fonctionnement de la Banque Centrale du Congo. Dans un contexte de rupture entre la gestion économique chaotique du pays dans la décennie 1990 et l'ambition de revenir aux grands équilibres macroéconomiques à court terme, la nouvelle loi visait le recentrage des missions de la BCC en mettant en exergue les principes devant favoriser la réinsertion de la République Démocratique du Congo dans les communautés économiques régionales et la reprise de la coopération internationale.

S'agissant particulièrement de l'indépendance de la Banque Centrale, le nouveau texte précise sa mission et étend son mandat. L'autonomie dont jouit désormais la BCC se focalise essentiellement sur la conception et la conduite de la politique monétaire dont l'objectif principal est d'obtenir et de maintenir la stabilité du niveau général des prix intérieurs. En outre, la Loi 005/2002 du 07 mai 2002 [41] consacre l'absence des Membres du Gouvernement au sein du Conseil de la Banque Centrale.

Sur le chapitre de la transparence, ladite loi [42] prévoit que les Commissaires aux Comptes transmettent des rapports au Gouvernement et exige la publication annuelle des comptes certifiés de la BCC au Journal Officiel. Dans ses relations avec le Gouvernement, il est désormais interdit à la Banque Centrale d'accorder des avances au Trésor, le Gouvernement devant s'adresser aux marchés en cas de besoin. Signalons cependant une ouverture coulée dans les dispositions transitoires et finales qui voudrait que des avances directes soient tolérées, durant un an à dater de la promulgation de la loi, afin de lisser les recettes ordinaires de l'Etat.

4.2.2 DÉTERMINATION DU DEGRÉ D'INDÉPENDANCE DE LA BCC DEPUIS 2002

Dans le tableau qui suit, nous tentons, à présent, d'évaluer l'indépendance légale de la Banque Centrale du Congo en ayant pour soubassement la loi de 2002.

Tableau 3. Evaluation du degré d'indépendance de la BCC depuis 2002

	Critères	Poids	Note	Note pondérée	Observations
1	Objectif de la BCC	2	1	2	La stabilité des prix est l'objectif fondamental de la BCC
2	Désignation des membres du Conseil et durée du mandat	2	0	0	Nomination par le Chef de l'Etat pour un mandat précis. Constat de dépassement à répétition handicapant la validité de certaines décisions.
3	Structure du Conseil	2	0	0	Existence de personnes extérieures, notamment un représentant du Ministère des Finances (Directeur du Trésor et de l'Ordonnancement), un du secteur privé (Président actuel de la Fédération des Entreprises du Congo) et un du monde universitaire (Professeur).
4	Renvoi des membres du Conseil	2	0	0	Aucun mécanisme de prise de décision du renvoi associant la Chambre des représentants n'est envisagé.
5	Octroi des crédits au Gouvernement	3	1	3	Interdiction d'accorder des avances au Trésor. Mais en pratique des crédits s'octroient par moment.
6	Qualité de prêteur en dernier ressort	2	0	0	La loi reste muette sur cette question. La pratique s'assimile pourtant à un pouvoir discrétionnaire pour des prêts d'urgence accordés à des institutions en situation de déséquilibre.
7	Indépendance dans l'utilisation des instruments	3	1	3	Indépendance totale dans l'utilisation des instruments monétaires malgré quelques tentatives avortées d'orientation.
8	Indépendance financière et capital	1	1	1	Les pertes éventuelles de la BCC doivent être à la charge de l'Etat. Mais cette prise en charge tarde à prendre effet dans toutes ses dimensions, y compris lorsqu'elle entraîne une recapitalisation. Les intérêts sur la créance dite titrisée se confondent avec une subvention, avec comme conséquence une révision de leur hauteur sans repères objectifs. Toutefois, cette pratique a poussé la BCC à contenir ses dépenses.
9	Responsabilité devant la Chambre des représentants	1	1	1	Au-delà du rapport annuel publié régulièrement et communiqué aussi bien au Parlement qu'à l'Exécutif, la BCC, par la voix de son gouverneur, éclaire souvent la lanterne de la Chambre de représentants sur toutes les questions qui concernent les missions de la Banque Centrale ou par rapport à un sujet précis qui requiert son avis.
10	Transparence et publication des états financiers	1	1	1	Publication annuelle régulière des états financiers certifiés par un auditeur externe. Toutefois, le rapport ad hoc est souvent publié avec un léger retard par rapport à d'autres banques centrales ou aux prévisions.
	Degré d'indépendance de la BCC	**19**		**11**	**Avec un score de 11/19, la BCC entre dans l'hémisphère de l'indépendance mais reste encore éloignée du « pôle » caractérisée par la plénitude de l'autonomie.**

Source : Calculs personnels.

L'analyse faite à travers ce tableau révèle que, grâce à la Loi de 2002, la Banque Centrale du Congo a « réussi » à six critères sur dix. Des efforts restent à fournir en ce qui concerne la désignation, la structure et les modalités de renvoi des membres du Conseil ainsi que la qualité de prêteur en dernier ressort qu'il faudrait bien expliciter dans la loi. Ceci se traduit bien avec un degré de dépendance de 42,11 % obtenu par la formule spécifiée supra :

$$(19/19\text{-}11/19)*100 = (8/19)*100 = 42{,}11\ \%$$

4.2.3 COMPARAISON DES SITUATIONS D'INDÉPENDANCE AVANT ET APRÈS 2002

En nous basant sur les résultats des exercices d'évaluation de l'indépendance de la BCC pour les deux périodes, une comparaison peut permettre de situer les secteurs où des avancées ont été enregistrées et ceux dans lesquels il siérait de s'investir davantage.

Tableau 4. Indépendance de la BCC avant et depuis 2002 : analyse comparative

	Critères	Note 1993	Note 2002	Observations
1	Objectif de la BCC	2	2	La stabilité des prix demeure l'objectif fondamental de la BCC
2	Désignation des membres du Conseil et durée du mandat	0	0	Pas d'évolution notable enregistrée. Nécessité d'obtenir la confirmation du Parlement pour renforcer la position des membres du Conseil.
3	Structure du Conseil	0	0	Evolution non significative. Besoin d'exclure du Conseil tout représentant du Gouvernement ou du secteur privé.
4	Renvoi des membres du Conseil	0	0	Pas d'évolution observée. Nécessité d'intégrer des mécanismes de prise de décision du renvoi associant le Parlement pour plus de transparence et d'objectivité.
5	Octroi des crédits au Gouvernement	0	3	Amélioration sensible avec l'inscription de l'interdiction d'accorder des avances au Trésor. Nécessité, tout de même, de veiller scrupuleusement au respect de ce principe.
6	Qualité de prêteur en dernier ressort	0	0	En dehors des facilités offertes aux institutions financières admises en chambre de compensation, le rôle de prêteur en dernier ressort est limité. Nécessité d'élargir le mandat de la BCC et la doter des moyens de son action.
7	Indépendance dans l'utilisation des instruments	1,5	3	Tendance réelle au renforcement de cette indépendance.
8	Indépendance financière et capital	1	1	L'indépendance financière est menacée du fait que le processus de recapitalisation, en dehors de la transformation des pertes de plusieurs exercices en créance titrisée, tarde à aboutir suivant le schéma tracé à cet effet.
9	Responsabilité devant la Chambre des représentants	0	1	Des avancées substantielles sont notées. Mais il importe de le consigner dans les textes de manière explicite et de veiller à ce qu'on s'y conforme dans la pratique.
10	Transparence et publication des états financiers	0,5	1	Evolution encourageante. Nécessité de multiplier les domaines de communication avec des rapports spécifiques suivant les missions de la Banque tout en rendant le site internet plus « professionnel » et à jour.
	Degré d'indépendance de la BCC	**5**	**11**	**Amélioration du score et intégration de l'hémisphère de l'indépendance. Efforts attendus pour progresser vers le « pôle » caractérisée par la plénitude de l'autonomie.**

Source : Calculs personnels.

En somme, entre les textes légaux de 1993 et ceux de 2002, il s'observe une amélioration du score relatif à l'indépendance (légale) de la Banque Centrale du Congo. En effet, depuis 2002, la gouvernance de la BCC lui a permis d'intégrer « l'hémisphère de l'indépendance ». Cependant, tout en reconnaissant des changements notables enregistrés notamment en ce qui concerne l'octroi des crédits à l'Etat et l'indépendance dans l'utilisation des instruments, il s'est observé d'une part, une recrudescence des pressions envers l'Autorité monétaire afin d'accorder des avances (de fait) au Gouvernement[8] et, d'autre part, des velléités des politiques allant dans le sens d'orienter certains instruments[9].

[8] Au premier semestre de 2017, ces avances de fait accordées au Gouvernement en couverture de son déficit ont accéléré la détérioration du cadre macroéconomique. Un ajustement budgétaire traduit par la gestion sur base caisse avait permis de revenir à une situation de stabilité.

[9] La question de base est de savoir si les invitations faites à la BCC pour participer les réunions stratégiques du Gouvernement, il y a quelques années, sont à considérer comme une pression pour une « soumission aux injonctions » de l'Exécutif ou plutôt une coordination des politiques.

Quoi qu'il en soit, des efforts demeurent attendus pour progresser vers le « pôle » caractérisée par la plénitude de l'autonomie. Ceci a été rappelé aux députés nationaux et sénateurs à l'occasion de plusieurs interventions du Gouverneur de la BCC au Parlement au sujet de la crise que traverse une banque de grande importance dont la situation financière préoccupait les représentants du peuple.

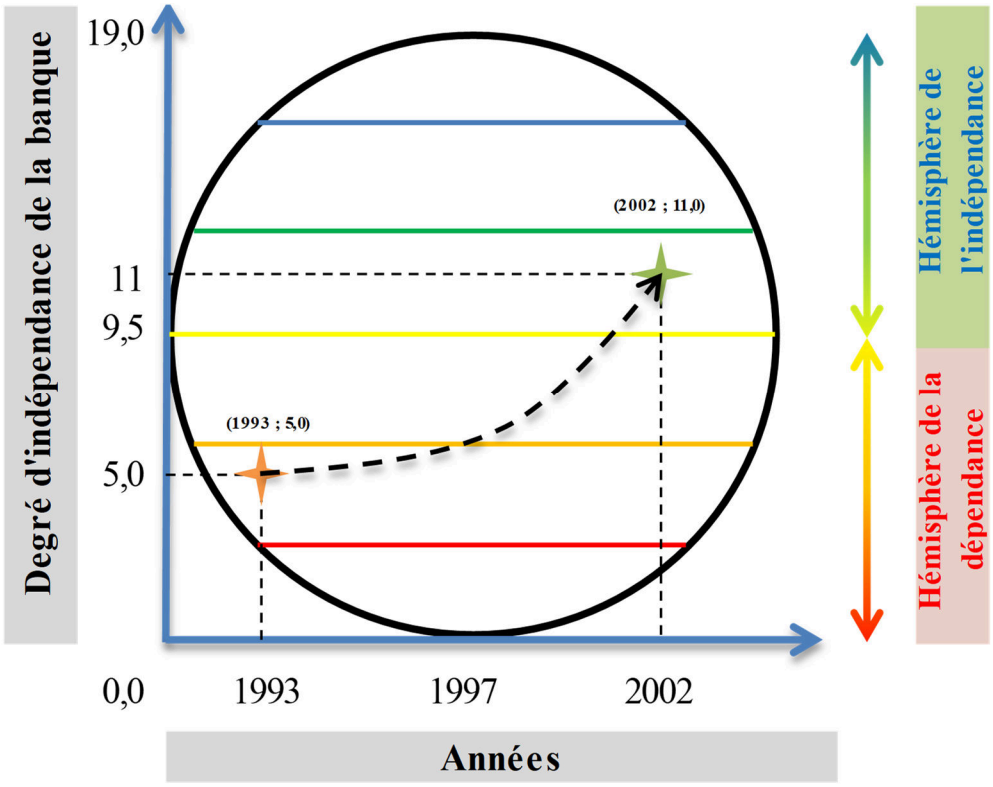


Fig. 2. Itinéraire d'indépendance de la Banque Centrale du Congo

Légende :

: position des dispositions légales sur l'hémisphère considéré
(a ; di) : (année, degré d'indépendance correspondant)
: itinéraire d'indépendance ou de dépendance
: début du pôle de l'hémisphère de la dépendance
: début du pôle de l'hémisphère de l'indépendance
: tropique de la dépendance
: tropique de l'indépendance
: séparateur des deux hémisphère
: axes

5 DISCUSSION

5.1 DE LA MÉTHODOLOGIE

La méthodologie empruntée à Jacome (2001) [43] a permis de parvenir à des résultats appréciables en matière de mesure de l'autonomie de la BCC. Cependant, il nous faudrait reconnaitre le fait que si les indicateurs choisis permettent d'appréhender l'indépendance légale des banques centrales, les évaluations qu'ils permettent de réaliser ne sont pas exemptes de critiques. Mangano (1998) [44], à titre exemplatif, reprochent à ces indices le fait que leur valeur dépend beaucoup trop, d'une part, des critères repris dans l'indice, de l'interprétation difficilement univoque et de l'évaluation de la loi liées à chaque

critère individuel, et d'autre part, de la pondération et de l'agrégation des évaluations qui conduisent au score global. Ces remarques ont poussé d'autres économistes à envisager de mesurer autrement l'indépendance des banques centrales. Il siérait, par conséquent, d'enrichir la présente étude par une autre qui capterait l'indépendance réelle des banques centrales à travers : (i) le changement du top management de celles-ci (turnover rate de Cukierman, Webb et Neyapti (1992) [45]; (ii) l'influence politique dans la mise en œuvre de la politique monétaire (Alpanda et Honig, 2009) [46] et (iii) l'application effective des dispositions légales spécifiant le statut d'une banque centrale (Eijffinger et Keulen, 1995) [47].

5.2 DES PERSPECTIVES OFFERTES AVEC LA LOI N°18/027 DU 13 DÉCEMBRE 2018

Le 13 décembre 2018, le Chef de l'Etat a promulgué la loi n°18/027 portant organisation et fonctionnement de la Banque Centrale. Dans son exposé des motifs, il est relevé que la loi n°005-2002 du 07 mai 2002 relative à la constitution, à l'organisation et au fonctionnement de la Banque Centrale du Congo, prise dans le cadre du décret-loi n°180 du 10 janvier 1999 modifiant et complétant le décret-loi constitutionnel n°003 du 27 mai 1997 relatif à l'organisation et à l'exercice du pouvoir en République Démocratique du Congo, était devenue obsolète par rapport à l'évolution juridique, économique et financière.

En outre, son évaluation a mis en exergue le besoin de rapprocher la loi des engagements du pays et des standards internationaux, notamment en matière de gouvernance. Aussi, y est-il clairement établi que la loi « se fonde principalement sur deux principes directeurs, à savoir : (i) l'indépendance de la Banque Centrale du Congo ; (ii) la responsabilité et la transparence financière pour mieux ressortir son obligation de rendre compte de ses missions » (Journal Officiel de la RDC, 2018, p. 3) [48].

Une autre piste de recherche serait donc d'intégrer les avancées enregistrées avec cette nouvelle loi et les comparer aux standards internationaux et/ou aux recommandations des regroupements sous-régionaux auxquels appartient la RDC. Cette étude pourrait prendre en compte, entre autres, les aspects liés aux exigences de contrepartie de l'indépendance ainsi renforcée : la transparence dans le fonctionnement, la collégialité dans les prises des décisions, l'élargissement de la composition du Conseil, l'indépendance des administrateurs, la mise en place du comité d'audit au sein du Conseil, etc.

5.3 DU LIEN ENTRE L'INDÉPENDANCE DES BANQUES CENTRALES ET LES RÉSULTATS MACROÉCONOMIQUES

S'il est vrai que la latitude de manipuler à sa guise les instruments de politique monétaire offre à une banque centrale une certaine indépendance sur le plan opérationnel, le mandat de son gouverneur est également une référence en matière d'autonomie. C'est ici où la nouvelle loi de 2018 vaut son pesant d'or dans la mesure où il est prévu que les membres des organes de la Banque actuellement en place assument leurs fonctions jusqu'au terme de leurs mandats.

Par ailleurs, il siérait de ne pas se limiter à mesurer cette indépendance mais en vérifier le lien avec les résultats économiques, notamment l'inflation et le taux de croissance économique. Cet exercice pourrait éclairer d'un nouveau jour le débat sur la pertinence du choix de l'indépendance de l'Autorité monétaire en RDC.

6 CONCLUSION

Ce travail s'est principalement proposé de mesurer l'indépendance de la BCC sur la base des prescrits de la loi mais aussi en ayant à l'esprit les aspects pratiques ou d'autonomie réelle et ce, sur la base de la théorie économique, d'une méthodologie documentaire et des techniques d'observation et d'entrevue. Notre étude est née du postulat selon lequel l'indépendance de la Banque Centrale du Congo consacrée dans la loi de 2002 est faible.

De cet objectif global ont découlé plusieurs objectifs spécifiques, notamment (i) définir et circonscrire le champ des concepts-clés de notre étude ; (ii) présenter une revue de la littérature qui cadre avec la question ; (iii) présenter la méthodologie utilisée ; (iv) apprécier le degré d'indépendance de la BCC et (v) aborder les perspectives que semble offrir la récente loi du 13 décembre 2018.

Il en ressort que la tendance actuelle est à l'indépendance des banques centrales plutôt qu'à leur mise sous tutelle, les gouvernements ayant compris qu'il y allait d'un intérêt commun que représente la stabilité des prix. Cependant, cette liberté dont jouit l'Autorité monétaire dans son action a une double contrepartie : la transparence et la responsabilité publique sans lesquelles l'autonomie de la banque centrale devient synonyme d'opacité dans la gestion d'un domaine au cœur de la politique économique.

La partie empirique de notre travail nous a permis de tracer l'itinéraire suivi par la BCC qui progresse, depuis les années 1990 vers son indépendance consacrée en 2002. Cependant, entre les prescrits et la réalité, un écart demeure, l'autonomie de l'Autorité monétaire congolaise n'étant évaluée qu'à un score de 11,0 sur une échelle de 0,0 à 19,0 suivant l'indice de Jacome

(2001) [49]. Reste à savoir si, avec la promulgation de la loi n°18/027 du 13 décembre 2018 qui tient à renforcer cette indépendance, la gouvernance externe de la Banque Centrale du Congo sera améliorée et que les résultats économiques s'en suivront.

REFERENCES

[1], [8], [9] Kempf, H. & Lanteri, M. (2008). La gouvernance des banques centrales dans les pays émergents et en développement : le cas de l'Afrique subsaharienne. *Bulletin de la Banque de France*. N°71, 83-98

[2] BCC (2004). *Plan stratégique du développement de la Banque Centrale du Congo et du système financier international*. Kinshasa : Auteur

[3] Commission mixte paritaire Assemblée Nationale – Sénat RDC (2018). Projet de Loi organique portant organisation et fonctionnement de la Banque Centrale du Congo. Kinshasa : Palais du Peuple

[4], [7], [10], [25] Kabungu, B. B. (2018), Gouvernance de la Banque Centrale du Congo et performances économiques : enjeux et perspectives d'une indépendance de gestion. *Projet de recherche doctorale*. Paris : Horizons University

[5] Bini Smaghi, L. (2014). L'évolution du rôle des banques centrales dans la crise. *Revue d'économie financière*. 25-33

[6] Moser-Boehm, P. (2006). Relation entre la banque centrale et le gouvernement. In Banque des Règlements Internationaux, *Les banques centrales et le défi du développement* (pp. 45-64). Suisse, Bâle : BRI

[11] Poole, W. (2003). Institutions for Stable Prices: How to Design an Optimal Central Bank Law. *Federal Reserve Bank of St Louis Review*. 85(5). https://files.stlouisfed.org/files/htdocs/publications/review/03/09/Poole.pdf [consulté le 03 octobre 2018 à 10 : 35 heure de Kinshasa]

[12], [14], [15], [19], [26] Southern African Development Community. [SADC] (2011). *Note Explicative du Modèle de loi pour les Banques Centrales de la SADC*. Botswana, Gaborone : Auteur

[13] Fonds monétaire international [FMI]. 1999. *Code de bonnes pratiques pour la transparence des politiques monétaire et financière*, Washington D.C. : Auteur

[16] Farvaque, E. (2007). Fondements constitutionnels de l'indépendance des banques centrales : des pères fondateurs de la nation américaine à la banque centrale européenne. *Revue d'économie financière*. N°87. 235-239. https://doi.org/10.3406/ecofi.2007.4245 [consulté le 10 septembre 2018 à 11 : 20 heure de Kinshasa]

[17], [18], [30], [32], [35] Mishkin, F. (2007). *Monnaie, banque et marchés financiers* (8ème éd.). Paris : Nouveaux Horizons

[20] Patat, J-P. (1992). Quelques remarques sur la question de l'indépendance de la Banque centrale. *Revue d'économie financière*. 22 (L'indépendance des Banques centrales), 5-12

[21], [22], [37], [45] Cukierman, A., Webb, S. B. & Neyapti, B. (1992). Measuring the Independence of Central Banks and Its Effect on Policy Outcomes. *The World Bank Economic Review*. 6(3), 353-398

[23] Etienne, G. (1983). Le revenu des Banques Centrales : un schéma simple sur sa formation et son affectation. *Revue économique*. 34(6), 1164-1187

[24] Archer, D. & Moser-Boehm, P. (2013). Les finances des banques centrales. *BIS Papers*. N°71

[27] Amtenbrink, F. & Nyberg, L. (2006). *The Framework of Modern Central Banking*. Contribution présentée lors de la Conférence sur la réforme de l'État au Vietnam, Hanoï, 21 mars 2006

[28] Collier, P. (2007). Central Bank Independence: Is it Bad for the Ministry of Finance?. *Contribution présentée lors d'un séminaire de la Bank of Zambia sur l'indépendance des banques centrales intitulé : Does it Hurt the Treasury?*, Zambie : Livingstone

[29] Mbeki, T. (2001). *Address at the 25th Meeting of the Association of African Central Bank Governors*, South Africa : Johannesburg

[30] Niels, T. (1995). Pourquoi la Banque centrale doit être indépendante. *Revue de l'OFCE*. N°54, 101-104

[33] Jácome, L. & Mancini-Griffoli, T. (2014). Un mandat élargi. *Finances & Développement*. Juin 2014, 47-50

[34] Knight, M. D. (2006). Les banques centrales et le défi du développement: résumé des débats. In Banque des Règlements Internationaux, *Les banques centrales et le défi du développement* (pp. 11-18). Suisse, Bâle : BRI

[36] Grilli, V., Masciandaro, D. et Tabellini, G. (1991), Political and Monetary Institutions and Public Financial Policies in the Industrial Countries, *Economie Policy. A European Forum*, n° 13, 342-376

[38],[39], [40], [43], [49] Jácome, L. (2001). Legal Central Bank Independence and Inflation in Latin America During the 1990s. *IMF Working Paper*. WP/01/212. 1-40

[41], [42] Journal Officiel de la RDC (2011, 20 janvier). *Recueil de textes législatifs et règlementaires en matière de monnaie, de change, de crédit, surveillance des intermédiaires financiers, lutte contre le blanchiment des capitaux et le*

financement du terrorisme - Loi 005/2002 du 07 mai 2002 portant constitution, organisation et fonctionnement de la BCC. 52ème année. 77-89

[44] Mangano, G. (1998). Measuring Central Bank: a tale of subjectivity and of its consequences, *Oxford Economic Papers*, 50, 468-492

[46] Alpanda, S. et Honig. A. (2009). Political monetary cycles and a de facto ranking of central bank independence. Article préparé en prévision d'une parution dans le *Journal of International Money and Finance*. http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.620.7953&rep=rep1&type=pdf

[47] Eijffinger, S & van Keulen, F. (1995). Central bank independence in Another Eleven Countries. *Banco Nazionale del Lavoro Quaterly Review*, 192, 39-83

[48] Journal Officiel de la RDC (2018, 28 décembre). *Loi n°18/027 du 13 décembre 2018 portant organisation et fonctionnement de la Banque Centrale*. 59ème année

International Journal of Innovation and Applied Studies
ISSN 2028-9324 Vol. 27 No. 1 Aug. 2019, pp. 295-300
© 2019 Innovative Space of Scientific Research Journals
http://www.ijias.issr-journals.org/

NIVEAU DE CONTAMINATION DES TOMATES (*LYCOPERSICON ESCULENTUM P. MILL*) ET DES CHOUX (*BRASSICA OLERACEA L. VAR CAPITATA*) PAR LES RESIDUS DE PESTICIDES

[LEVEL OF CONTAMINATION OF TOMATOES (LYCOPERSICON ESCULENTUM P. MILL) AND CHOUX (BRASSICA OLERACEA L. VAR CAPITATA) BY RESIDUES OF PESTICIDES]

DIARRA Moussa[1], KOUADIO Léonce David[1], ABOUA Kouassi Narcissse[2], SORO Donafologo Baba[2], TRAORE Karim Sory[2], MAMADOU Koné[2], and DEMBELE Ardjouma[3]

[1]Laboratoire des Sciences et Technologies de l'Environnement,
Université Jean Lorougnon Guédé, UFR Environnement, BP 150 Daloa, Côte d'Ivoire

[2]Laboratoire des Sciences de l'Environnement,
Université Nangui Abrogoua, UFR Sciences et Gestion de l'Environnement, P 801 Abidjan 08, Côte d'Ivoire

[3]Laboratoire Central d'Agronomie et d'Écotoxicologie (LCAE) LANADA, 04 BP 612 Abidjan04, Côte d'Ivoire

Copyright © 2019 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 carried out on tomatoes (Lycopersicon esculentum P. Mill) and cabbages (Brassica oleracea L. var capitata) grown in Daloa. It covered ninety samples of vegetables including 60 tomato samples and 30 samples of cabbage collected during three field campaigns in a locality in Côte d'Ivoire (Daloa). These samples were processed using a SHIMADZU brand liquid chromatograph to determine pesticide residues. The results revealed contamination of tomatoes (Lycopersicon esculentum P. Mill) and cabbages (Brassica oleracea L. var capitata). Four pesticide residues, three of which belong to the organophosphorus family (chlorpyrifos, dimethoate, profenophos) and one from the pyrethroid family, were detected in tomatoes with detection percentages of 39%, 25%, 22% and 14%. The results of the analysis also showed the presence of four other pesticides including two from the organophosphorus family (profenophos and diazinon) and two others from the Carbamate family (carbaryl and dithiocarbamate) in cabbages with a rate of detection of 10% and 27%, 10% and 53% respectively. However, the remaining pesticide levels detected in tomatoes and Daloa cabbages are all below the Codex Alimentarius Standards (MRLs).

KEYWORDS: Residues, Phytosanitary products, Standard, Tomatoes (Lycopersicon esculentum P. Mill) and Cabbages (Brassica oleracea L. var capitata).

RÉSUMÉ: L'étude a été faite respectivement sur les tomates (*Lycopersicon esculentum P. Mill)* et les choux (*Brassica oleracea L. var capitata*) cultivés dans la localité de Daloa. Elle a porté sur Quatre-vingt-dix échantillons de légumes dont 60 échantillons de tomates et 30 échantillons de choux collectés au cours de trois campagnes de terrains dans une localité de Côte d'Ivoire (Daloa). Ces échantillons ont été traités à l'aide d'un chromatographe en phase liquide de marque SHIMADZU dans le but de déterminer les résidus de pesticides. Les résultats observés révèlent une contamination des tomates (*Lycopersicon esculentum P. Mill)* et des choux (*Brassica oleracea L. var capitata*). En effet, 4 résidus de pesticides dont trois de la famille des organophosphorés (chlorpyrifos, diméthoate, profenophos) et 1 de la famille des pyréthrinoïdes ont été détectés dans les tomates avec des pourcentages de détection respectifs de 39%, 25%, 22% et 14%. Les résultats de l'analyse ont également montré la présence de quatre autre pesticides dont deux de la famille des organophosphorés (le profenophos et le diazinon) et deux autres de la famille des Carbamates (le carbaryl et le dithiocarbamate) dans les choux avec un taux de détection respectif de 10% et 27% , 10% et 53%. Toutefois, les concentrations résiduelles de pesticides détectées dans les tomates et dans les choux de Daloa sont toutes inférieures aux Normes (LMR) établies par le *Codex Alimentarius.*

MOTS-CLEFS: Résidus, Produits phytosanitaires, Norme, Tomates et Choux.

Corresponding Author: DIARRA Moussa

1 INTRODUCTION

La Côte d'Ivoire, dans sa politique agricole de diversification et d'autosuffisance alimentaire, s'est orientée dans la production des cultures maraîchères ; notamment dans la production des légumes. En effet, riches en vitamines, sels minéraux et protéines, les légumes jouent un grand rôle dans la sécurité alimentaire à savoir: la lutte contre la malnutrition chez les enfants surtout chez les femmes enceintes et les personnes atteintes de maladies cardiovasculaires [1]. Aussi, de par leurs richesses en vitamines, en sels minéraux et en protéines, les légumes, procurent à l'homme une diète équilibrée.

Ainsi, face au souci de satisfaire les besoins alimentaires d'une population en perpétuelle croissance, le gouvernement ivoirien, dans le plan directeur du développement agricole 1992-2015 adopté en juillet 1993, a défini les objectifs majeurs de la politique sectorielle agricole qui s'appuient en partie sur une modernisation des exploitations agricoles. Cette modernisation va s'accompagner par une utilisation croissante des intrants agricoles notamment les pesticides qui occupent une place de choix [2].

Cette utilisation excessive de ces intrants a permis une amélioration des rendements des cultures maraichères notamment la tomate et le chou avec une production mondiale respective de 150 millions [3] de tonnes et de 37 millions de tonnes [4].

Dans la localité de Daloa (Côte d'Ivoire), la culture de la tomate et du chou obéit à ce principe qui consiste à utiliser les produits phytosanitaires dans la chaîne de production. Cependant, des inquiétudes apparaissent chez les consommateurs de ces légumes réputés pour ses valeurs nutritionnelles, car pour être consommés ou exportés, les produits doivent respecter les normes de consommation selon les normes internationales.

C'est dans ce contexte que s'inscrit notre étude qui a pour but d'évaluer le niveau de contamination de la tomate et du chou par les produits phytosanitaires. Ainsi, de façon spécifique, il s'agira pour nous de déterminer qualitativement et quantitativement les résidus de pesticides présents dans ces fruits et de faire une étude comparative entre la concentration de pesticides présents dans nos matrices avec la LMR (Limite Maximale de Résidus). Ce qui permettra d'envisager la réduction du risque lié à la santé humaine suite à la consommation de ces fruits par les populations.

2 MATERIEL

2.1 MATÉRIEL BIOLOGIQUE

Le matériel d'étude est un ensemble de 90 légumes composé 60 échantillons de tomates (*Lycopersicon esculentum* P. Mill*)* et de 30 échantillons de choux (*Brassica oleracea L. var capitata*), prélevés par nos soins dans différentes zones périphériques de Daloa (le grand marché, orly et abattoir 1).

2.2 MATÉRIEL D'ANALYSE DES ÉCHANTILLONS

2.2.1 MATÉRIEL DE LABORATOIRE

Le matériel d'analyse pour la détection des résidus de pesticides se compose de: une verrerie, un mixeur électrique pour le broyage des échantillons à analyser, une balance électronique pour la pesée des échantillons, un agitateur pour homogénéiser les extraits d'échantillon, une centrifugeuse pour la séparation des différentes phases des extraits d'échantillon à analyser, un turbovap Buchi pour évaporer les solvants des extraits, un ultrason servant à dissoudre l'échantillon après évaporation des solvants, du papier Wathman pour filtrer les extraits, des pro-pipettes de 100 µL à 1000 µL, des vials pour recueillir l'extrait, une micro-seringue pour l'injection de l'extrait au HPLC et un appareil HPLC pour la séparation des résidus recherchés.

2.2.2 RÉACTIFS ET SOLVANTS

Les solvants sont composés de l'eau bidistillée, du MeOH (Méthanol), du DCM (Dichlorométhane), un tampon borate, du FMOC (Chlorure de Chloroformiate de (9-fluorénylméthyle)), d'hexane, de la soude et de l'acide chloridrique.

3 METHODES

3.1 ÉCHANTILLONNAGE

La méthode utilisée est celle recommandée par la FAO [5]. Cette méthode vise à ce que le prélèvement dans un lot, d'un échantillon soit représentatif en vue de vérifier la conformité des produits aux Limites Maximales de Résidus (LMR).

Afin d'avoir des composites beaucoup plus représentatifs, les échantillons sont prélevés sur trois (3) sites (marchés) de façon aléatoire en raison de vingt (20) tomates et dix (10) choux par site. Ainsi, sur les trois sites soixante (60) tomates et trente (30) choux ont été prélevés. Les échantillons sont emballés dans du papier aluminium avec des étiquettes d'identification puis placés dans du sachet aliment étiqueté. L'ensemble a été conservé dans deux glacières puis transporté en vue de les préparer pour les analyses au laboratoire.

3.2 EXTRACTION DES RÉSIDUS DE PESTICIDES

L'extraction a été faite à froid par élution sur colonne par un solvant approprié. Cette méthode est rapide et a un pouvoir de récupération situé autour de 80 à 90% [6]. En effet, 50 g d'échantillon sont prélevés à partir d'un broyat homogène de chaque légume et mixés avec 100 mL de 0,02 N HCl /MeOH (80/20, V/V) pendant 5 minutes à l'aide d'un mixeur ultra turrax. Le mélange obtenu est centrifugé à 4000 rpm pendant 15 minutes puis filtré sous vide sur un filtre de verre. Une quantité aliquote (20 mL) de cette solution est ramenée à pH 7,5 avec de la soude diluée et passée sur une colonne Extrelat-20 de marques Merck. Après 20 minutes d'adsorption, l'élution se fait avec 100 mL d'un mélange d'hexane et de dichlorométhane dans les proportions 80% et 20% (V/V). L'éluât est évaporé à sec à l'évaporateur rotatif à 45°C. Les résidus sont récupérés avec du méthanol (2 mL). 20 µL de cette solution méthanolique sont injectées dans le chromatographe liquide à haute performance.

3.3 PURIFICATION

Cette étape a permis d'éliminer les co-extraits; c'est-à-dire d'autres substances pouvant interférer avec les molécules recherchées lors des analyses. Une colonne en verre contenant le fluorisil est conditionnée avec 5 mL d'acétone; les 10 mL d'extrait sont passés 1 à 2 gouttes par second. Le filtrat est recueilli dans un ballon et agité pendant environ une minute puis laissé au repos pendant 10 à 15 minutes. U n aliquote de 5 mL du filtrat est évaporé à sec à 81,6^{o}C dans un rotavapor. Les échantillons sont récupérés avec 5 mL d'hexane puis transvasés dans des fioles pour la quantification des résidus de matières actives.

3.4 IDENTIFICATION ET QUANTIFICATION

La détection des pesticides a été réalisée à l'aide d'une chaîne de Chromatographie Liquide à Haute Performance couplée d'un détecteur Ultra-Violet. La colonne de séparation est une colonne de type shimpack VP-ODS. Les longueurs d'onde des molécules de pesticide se situent entre 210 et 254 nm tandis que les volumes d'injection sont 10 µL et 20 µL. A partir des chromatogrammes obtenus, les molécules chimiques ont été identifiées.

4 RESULTATS ET DISCUSSION

Les tableaux I et II présentent respectivement les résultats d'analyse de recherche de pesticides dans les échantillons de tomates et dans les échantillons de choux provenant des marchés de Daloa.

Tableau 1. Résultats d'analyse des pesticides dans les échantillons de tomates

Résidus de pesticides	TOMATES
	Teneur Moy. (mg/kg)
Profenophos	0,09
Chlorpyrifos	0,16
diméthoate	0,10
Cypermétrine	0,06

Tableau 2. Résultats d'analyse des pesticides dans les échantillons de choux

Résidus de pesticides	CHOUX
	Teneur Moy. (mg/kg)
diazinon	0,27
dithiocarbamate	0,6
Profenophos	0,13
carbaryl	0,35

Il ressort du tableau I tout comme du tableau II, la présence d'une part des résidus de pesticides (le chlorpyrifos, le diméthoate, le profenophos et la cypermétryne) à des concentrations respectives de 0,16 mg/kg; 0,10 mg/kg; 0,09 mg/kg et 0,06 mg/kg dans les tomates et d'autre part, des résidus de pesticides (le profenophos, le carbaryl, le diazinon et le dithiocarbamate) avec des concentrations respectives de 0,13 mg/kg; 0,35 mg/kg; 0,27 mg/kg et 0,6 mg/kg dans les choux. Leur présence pourrait s'expliquer par leur utilisation dans le cadre de la lutte contre les nuisibles afin de rehausser la productivité des légumes d'une part, et d'autre part du fait de l'ignorance de certains producteurs quant à la bonne pratique agricole [7]. Aussi le transfert, la volatilisation et la persistance de ces produits pourraient être des sources de contamination de ces légumes [8].

4.1 NIVEAU DE CONTAMINATION DES TOMATES ET DES CHOUX DES DIFFÉRENTS MARCHÉS DE DALOA

La figure 1 et 2 présentent respectivement les résidus de pesticides détectés et les pourcentages de détection des pesticides dans les tomates sur les marchés d'Orly, d'Abattoir 1 et du Grand Marché de Daloa.

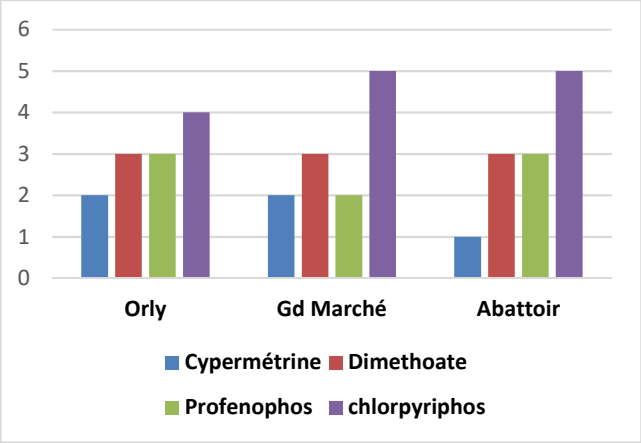


Fig. 1. Résidus de pesticides détectés dans les tomates des différents marchés de Daloa

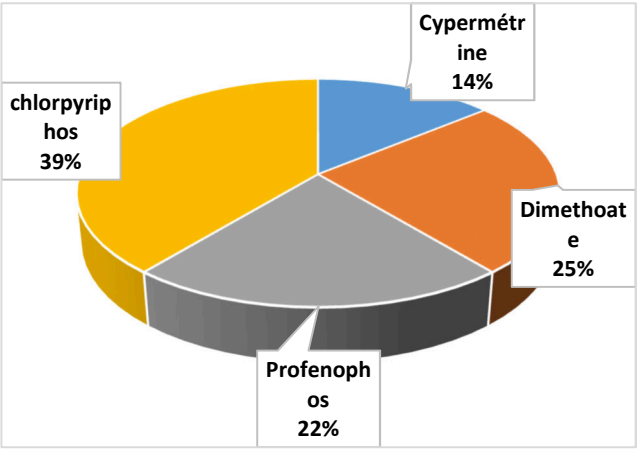


Fig. 2. Pourcentages de détection des pesticides dans les tomates

Les résidus de pesticides trouvés dans les tomates de Daloa sont de la catégorie des insecticides. Ils appartiennent dans leur majorité à la famille des organophosphorés: le chlorpyrifos, le diméthoate et le profenophos avec des pourcentages de détection respectifs de 39%, 25%, 22% suivis de la cypermétryne de la famille des pyréthrinoïdes avec un taux de détection de 14%. (Figure 2).

Quant aux figure 3 et 4, elles présentent respectivement les résidus de pesticides détectés et les pourcentages de détection des pesticides dans les choux sur les mêmes sites.

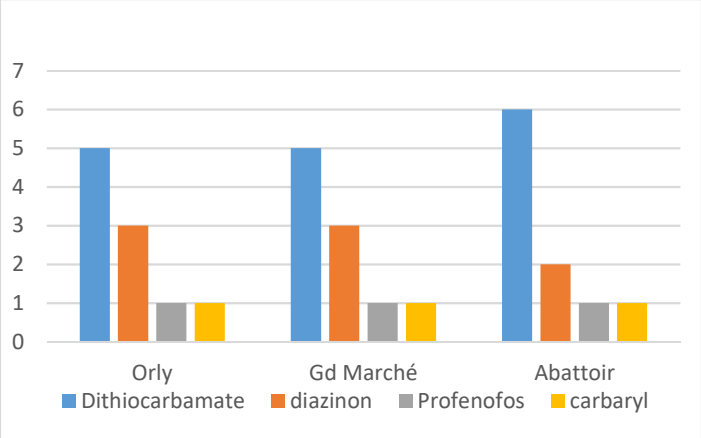


Fig. 3. Résidus de pesticides détectés dans les choux des différents marchés de Daloa

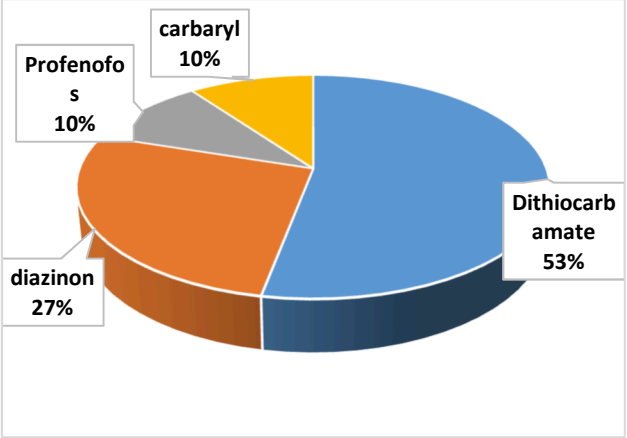


Fig. 4. Pourcentages de détection des pesticides dans les choux

L'analyse des figures 3 et 4 montre la présence de quatre (4) substances actives dans les choux. Deux sont de la famille des organophosphorés: le profenophos et le diazinon avec un taux de détection respectif de 10% et 27% (figure 4). Les deux autres sont de la famille des Carbamates: le carbaryl et le dithiocarbamate avec un taux de détection respectif de 10% et 53% (figure 4). Ces substances sont toutes de la catégorie des insecticides, sauf le dithiocarbamate appartenant à la famille des fongicides.

En effet, selon les travaux de Congo (2013) réalisés sur les maraîchers au Burkina, ces deux familles de pesticides sont la plupart utilisées en cultures maraîchères. Dans cette même étude, l'enquête réalisée auprès des paysans Burkinabés a révélé que sur 20 pesticides utilisés, 15 sont des insecticides et 2 des fongicides. Quant à l'étude réalisée par Ahouangninou en 2013, il affirme par une enquête menée dans le sud-Benin, que les principaux pesticides utilisés en cultures maraîchères sont les insecticides (100%) et les fongicides (82,74%). En effet, le maraîchage est une activité pratiquée généralement dans les bas-fonds en raison de ses besoins réguliers en eau. Toutefois ces zones représentent de véritables sources de nuisances pour ces cultures Les travaux de Ngom [9] révèlent une plus grande utilisation des pesticides organophosphorés comparés aux autres familles. En réalité, l'utilisation des organophosphorés est mondialement importante en raison de leur faible coût, de leur large spectre d'activité et de leur faible persistance dans l'environnement [10].

4.2 TENEURS MOYENNES DES RÉSIDUS DE PESTICIDES DANS LES LÉGUMES (TOMATES ET CHOUX)

Les figures 5 et 6 présentent respectivement les concentrations moyennes des résidus de cypermétrine, de profenophos, de chlorpyriphos et du diméthoate détectées dans les tomates et celles des résidus de dithiocarbamate, de profenophos, de diazinon et du cabaryl détectées dans les choux provenant de Daloa.

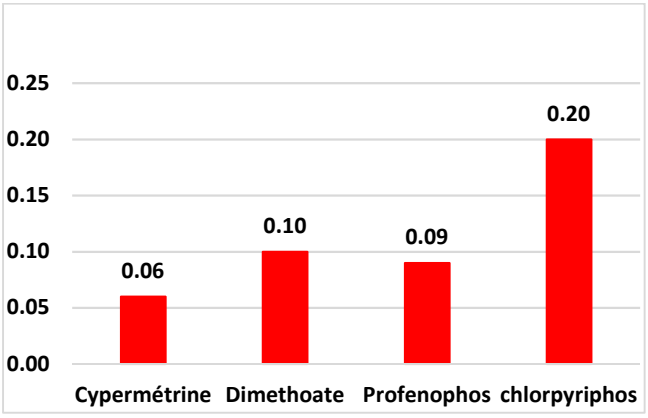


Fig. 5. Teneurs moyennes des résidus de pesticides détectées dans les tomates

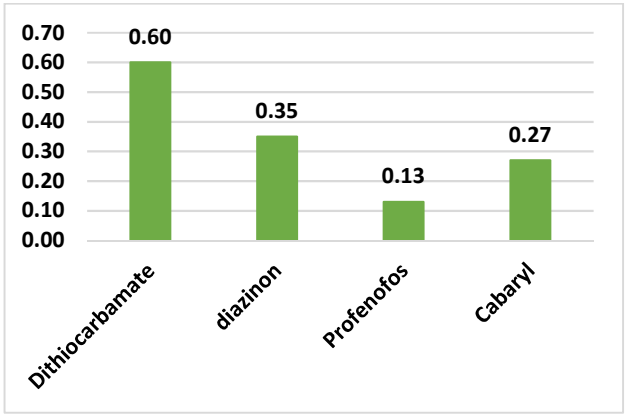


Fig. 6. Teneurs moyennes des résidus de pesticides détectées dans les choux

IL ressort de la figure 5 que le chlorpyriphos a la concentration la plus élevée (0,2 $mg.kg^{-1}$) et la cyperméthrine la concentration la plus basse (0,06 $mg.kg^{-1}$). Quant au diméthoate et le profenophos, ils ont sensiblement les mêmes concentrations respectives de 0,1 $mg.kg^{-1}$ et 0,09 $mg.kg^{-1}$. Par contre la figure 6 montre après analyse, que le dithiocarbamate (0,60 $mg.kg^{-1}$) a la concentration la plus élevée, suivi du diazinon (0,35 $mg.kg^{-1}$) puis du carbaryl (0,27 $mg.kg^{-1}$) et du Profenophos (0,13 $mg.kg^{-1}$).

5 COMPARAISON DES TENEURS DES RÉSIDUS DES PESTICIDES DÉTECTÉES DANS LES LÉGUMES AVEC LES NORMES (*CODEX ALIMENTARIUS*)

Les tableaux III et IV comparent respectivement les concentrations moyennes des résidus de pesticides dans les tomates et dans les choux de Daloa avec les normes du *Codex Alimentarius*

Tableau 3. Comparaison de la concentration moyenne des résidus de pesticides détectés dans les tomates avec les normes (Codex alimentarius, 2010) [11]

Légume	TOMATES			
Résidus de pesticides	Cypermétrine	Dimethoate	Profenophos	chlorpyriphos
teneurs (mg/kg)	0,06	0,10	0,09	0,20
Normes (mg/kg)	0,5	1	2	0,5

Tableau 4. ***Comparaison de la concentration moyenne des résidus de pesticides détectés dans les choux avec les normes (Codex alimentarius, 2010) [11].***

Légume	CHOUX			
Résidus de pesticides	Dithiocarbamate	diazinon	Profenofos	Cabaryl
teneurs (mg/kg)	0,60	0,35	0,13	0,27
Normes (mg/kg)	5	0,5	1	4

L'analyse de ces deux tableaux montre que le chlorpyrifos a la concentration la plus élevée dans les tomates (0,2 mg/kg) et le dithiocarbamate, la concentration la plus élevée dans les choux (0,60 mg/kg). Toutefois, ces deux tableaux montrent que les concentrations moyennes des résidus de pesticides détectés dans les échantillons de tomates et dans les échantillons de choux sont inférieures aux normes du *Codex Alimentarius*.

Au regard des normes fixées par le *Codex Alimentarius,* tous les tomates et choux provenant de Daloa présentent une conformité. En effet, les teneurs moyennes des résidus de pesticides détectés dans les différents échantillons de tomates et de choux sont en dessous des seuils (Tableaux III et IV). Cela pourrait s'expliquer soit par le fait que ces paysans utilisent les bonnes pratiques agricoles telles que le délai de récolte, le dosage, la fréquence d'utilisation...etc qui sont les clés de la réussite d'une agriculture saine et sans danger pour le consommateur. Soit une infime partie des résidus de pesticides contaminent ces parcelles par volatilisation et par transfert [8].

Aussi, Onil *et al.* [11], affirment-ils qu'en matière de sécurité alimentaire, le respect du délai constitue, avec l'utilisation de bonnes pratiques agricoles et de techniques alternatives aux pesticides, la principale mesure préventive permettant d'atteindre des niveaux résiduels faibles de pesticides dans les aliments. A cela, s'ajoute le manque de moyens financiers qui serait une raison fondamentale de conformité des normes. Les producteurs qui n'ont pas de moyens pour se procurer les pesticides produisent des légumes sans toutefois utiliser de pesticides. Cela favorise une production légumière de bonne qualité intrinsèque (dépourvue de résidus) mais de mauvaise qualité extrinsèque (faible rendement, légumes présentant des taches et souvent de petite taille).

RÉFÉRENCES

[1] Sangaré A., Koffi E., Akamou F. & Fall C. A., État des ressources phytogénétiques pour l'alimentation et l'agriculture: Second rapport national, Côte d'Ivoire 65p. ,2009.

[2] N'Dah E., Plan de gestion des pestes et pesticides. Projet d'Appui au Secteur de l'Sgriculture de Côte d'Ivoire (PSAC), rapport final 1 Côte d'Ivoire 55 p. ,2012.

[3] Grasselly D., Navez B. & Letard M., Tomate, pour un produit de qualité. Lavoisier. pp 25-35. 2000.

[4] Gry L., Rentrons dans l'univers des choux, Semences et Progrès N°. 73, 1992.

[5] Food et Agricultural Organization (FAO), Utilisation efficiente et sans risques des pesticides en Afrique. UNDP / FAO, Rome, 19 p., 1995.

[6] Dembele A., Biomonitoring des pesticides organochlorés avec les œufs de volailles (*Gallu gallus domesticus*) dans le Nord de la Côte d'Ivoire: résidus et effets toxicologiques. Thèse, dipl. Ph D., Saarbrücken.268 p., 1992.

[7] Ngom S., Traore S., Thiam B.M. & Manga A., Contamination des produits agricoles et de la nappe phréatique par les pesticides dans la zone des Niayes au Sénégal. Rev. Sci. Technol, synthèse 25, pp. 119–130., 2012.

[8] Traoré K.S., Contribution à l'étude des pesticides et produits pharmaceutiques en régions agricoles de Côte d'Ivoire: Suivi, risques à la santé et remédiassions. Thèse d'Etat, Université d'Abobo Adjamé, Abidjan, 325 p., 2008.

[9] Diop A., Diagnostic des pratiques d'utilisation et quantification des pesticides dans la zone des Niayes de Dakar Sénégal. Thèse de doctorat, Discipline de Chimie Analytique, Université du Littoral Côte d'Opale, 244 p., 2013.

[10] Codex Alimentaruis (FAO/OMS), Résidus de pesticides dans les aliments (limites maximales de résidus). Ed. FAO. 87 p., 2010.

[11] Onil S., Louis S-L., Phaneuf D., Stéphane Buteau S., Bourgault M-H. & Belleville D., Mesures de réduction de l'exposition aux pesticides dans les aliments (Institut National de Santé Publique du Québec). Direction de la santé environnementale et de la toxicologie N° 1165, 108 p. http://www.inspq.qc.ca., 2010.

International Journal of Innovation and Applied Studies
ISSN 2028-9324 Vol. 27 No. 1 Aug. 2019, pp. 301-310
© 2019 Innovative Space of Scientific Research Journals
http://www.ijias.issr-journals.org/

Evaluation des risques sanitaires liés à l'ingestion du nitrate de l'arsenic et mercure contenus dans les eaux souterraines d'un environnement minier aurifère

[Assessment of the health risks associated with the ingestion of nitrates, arsenic, mercury contained in the groundwater in the gold mining environment]

K. S. Konan, A. H. Y. Yapi, K. L. Akpetou, K. S. Gbamelé, D. L. Kouadio, and B. K. Dongui

Mathématiques physiques Chimie Physique, UFR Environnement, Université Jean Lorougnon Guédé, BP 10, Daloa, Côte d'Ivoire

Copyright © 2019 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 aims at assessing the health risks related to consumption of groundwater contaminated by Nitrate and heavy metals such as Arsenic and Mercury at the Ity goldfields. The levels of Nitrate contamination and those of metallic trace elements have been assessed according to the sulfosalicylic acid, by the AAS (Atomic Absorption Spectrophotometry) method, and by the AFS (Atomic Fluorescence Spectrometry) method, respectively. The reported results reveal that the surrounding populations are exposed to health risks with hazard levels greater than 1 for both Arsenic and Mercury in all investigated stations.

KEYWORDS: Waters, Pollution, Quality, Ingestion, Contamination, Population, Health risks.

RESUME: La présente étude vise à évaluer le risque sanitaire que court la population du prospect aurifère d'Ity (Côte d'Ivoire) lié à l'ingestion des nitrates, de l'arsenic et le mercure contenus dans les eaux souterraines. Les teneurs en nitrates et en éléments traces métalliques ont déterminées respectivement selon la norme ISO 7890-3, par la méthode de spectrophotométrie d'absorption atomique et par spectrométrie de fluorescence atomique. De ces résultats, on retient que cette population coure des risques sanitaires avec des quotients de danger évalués supérieurs à 1 pour l'arsenic et le mercure dans toutes les stations.

MOTS-CLEFS: Eaux, Pollution, Qualité, Ingestion, Contamination, Population, Risques sanitaires.

1 INTRODUCTION

Les eaux issues des nappes souterraines et superficielles sont des ressources exploitées pour divers usages [1]. La composition chimique d'une eau issue du milieu naturel est très variable. Elle dépend de la nature géologique du sol et aussi des substances réactives qu'elle aurait pu rencontrer lors de l'écoulement. Ainsi, la composition quantitative et qualitative de l'eau souterraine en matières en suspension et dissoutes, de nature minérale ou organique, détermine sa qualité [2]. Cependant, cette qualité peut être altérée lorsque des substances entrent en contact avec la nappe aquifère. Tel est le cas des substances indésirables qui rendent l'eau souterraine impropre pour la consommation domestique [3]. Dans les pays en développement, obtenir une eau saine est devenu un sérieux problème du fait d'un manque de protection de l'environnement [4]. Dans le prospect aurifère d'Ity (Zouan Hounien, Côte d'Ivoire), la qualité des eaux de boissons est une source de préoccupation pour les autorités locales. En effet, dans cette région éloignée de l'ouest de la Côte d'Ivoire, les sources de pollution métalliques des eaux souterraines sont nombreuses. Nous pouvons citer entre autres, une pollution d'origine

Corresponding Author: A. H. Y. Yapi

naturelle due aux caractéristiques géochimiques particulier du prospect aurifère, le bassin de décantation de la mine d'or d'Ity et les eaux d'infiltration issues des stériles et des résidus de traitement miniers sont autant de vecteurs de pollution qui peuvent dégrader la qualité chimique des eaux souterraines [5], [6]. En outre, les sources d'approvisionnement de la population en eau de boisson notamment, les puits paysans et les forages se trouvent aux abords des villages ou même au milieu des habitations où l'insalubrité est remarquable. Par conséquent, ces eaux souterraines peuvent être victimes de polluants organiques issues des activités domestiques : latrines, dépôts d'ordures, infiltration des eaux sales, etc. [3], [7].

En Côte d'Ivoire, les études effectuées en zone rurale et sur les eaux souterraines ont eu pour objectif principal l'évaluation de leurs qualités chimiques [8], [9], [10], [11], [6]. Cependant, peu de travaux se sont intéressés à l'évaluation des risques sanitaires qu'en courent les populations liées à la consommation de ces eaux de boissons (eaux souterraines).

Pour cette étude, il convient pour le besoin de la santé publique de cerner la qualité chimique et d'évaluer les risques sanitaires liés à la consommation des eaux souterraines dans le prospect aurifère d'Ity. Cette évaluation quantitative des risques sanitaire est d'autant plus importante compte tenu de la vulnérabilité ces populations vivant en zone forestière. Pour ce faire, nous avons déterminé les concentrations en arsenic, en mercure et en nitrates des eaux souterraines des villages de SMI (S_1), Débarkadaire (S_2), Daapleu (S_3), Kouizonpleu (S_4) et Gaapieu (S_5) de ce prospect et par calcul déterminer les risques de toxicités liés à l'ingestion de ces substances dans les eaux de boissons pour toute une vie.

2 MATERIELS ET METHODES

2.1 PRÉSENTATION DE LA ZONE D'ÉTUDE

Ity est un village situé à l'ouest de la Côte d'Ivoire, dans la région du Tonkpy. Le village d'Ity se trouve à 740 km de la ville d'Abidjan. On y accède en passant par la ville de Man. L'étude hydrologique montre que la zone d'étude est arrosée par la fleuve Cavally et son affluent le Nuon. Cependant, plusieurs villages doivent faire face à une sérieuse pénurie d'eau pendant la grande saison sèche [12]. Les sols de type ferralitique à fertilité chimique moyenne sont dominants dans la région et présentent, d'une manière générale, un faible couvert végétal. Il y existe également des sols développés sur des roches basiques, des sols hydro-morphes dans les bas fonds. La géologie locale est difficile à définir, car il n'existe pas d'affleurement dans la zone [13]. À cette difficulté, s'ajoute la présence d'une couverture végétale dense. Le gisement aurifère d'Ity est situé dans l'unité birimienne Toulépleu-Ity localisée à l'ouest de la faille du Sassandra, dans le domaine Kénema-Man. Cet ensemble s'oriente selon une direction NE-SW [13].

2.2 ECHANTILLONNAGE

Les points d'échantillonnages ont été retenus en tenant compte des zones soumises à la pression des activités anthropiques. Sur cette base nous avons retenu 5 stations d'eaux souterraines (S_1, S_2, S_3, S_4 et S_5) qui sont des forages. Ces forages, sont les principales sources d'approvisionnement de la population des villages SMI (S_1), Débarkadaire (S_2), Daapleu (S_3), Kouizonpleu (S_4) et Gaapieu (S_5). Les échantillons d'eaux prélevés ont été mis dans des glacières avec du matériel réfrigérant.

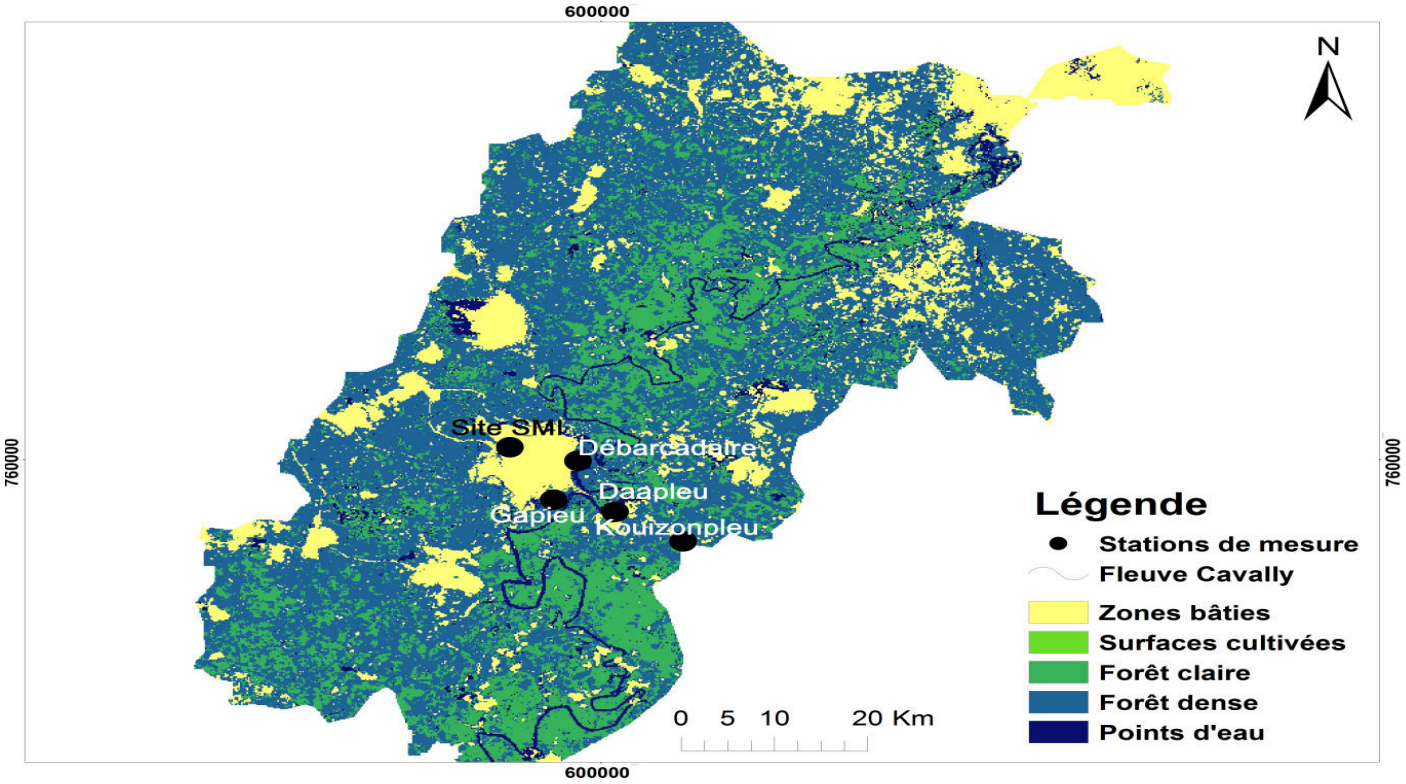


Fig. 1. Stations de prélèvements sur le périmètre d'exploitation de la SMI

2.3 MESURES DES PARAMÈTRES PHYSICOCHIMIQUES

La température, le pH, la conductivité et le Total Solide Dissous (TDS) ont été mesurés *in situ* à l'aide du multi paramètre HACH Q 40d. Au laboratoire, les échantillons d'eaux ont été préalablement filtrés à l'aide d'un filtre GFC Wattman 0,45 µm, puis les teneurs en nitrates, en arsenic et en mercure ont été mesurés respectivement par la méthode spectrométrique avec l'acide sulfosalicylique, par spectroscopie d'émission dont la source est un plasma généré par un couplage inductif (ICP-AES) et par spectrométrie de fluorescence atomique [14].

2.4 EVALUATION DES RISQUES SANITAIRES LIÉS À LA CONSOMMATION DES EAUX POLLUÉES PAR LES ÉLÉMENTS TRACES MÉTALLIQUES (EFFET À SEUIL)

L'évaluation des risques sanitaires est une méthode qui permet d'estimer par calcul les risques pour la santé auxquels est soumise une population exposée à une pollution particulière d'origine industrielle ou naturelle. L'évaluation des risques sanitaires liés à la consommation de l'eau polluée par les éléments traces suivra quatre principales étapes [15], [16].

- L'identification du danger des substances chimiques : elle permet de sélectionner les substances à prendre en compte dans l'évaluation quantitative du risque sanitaire (EQRS) et d'identifier les effets qui peuvent en dériver : effet aigu, subchroniques chronique, effet à seuil, effet sans seuil.
- L'évaluation de la relation dose réponse : elle a pour but de définir une relation quantitative entre la dose administrée ou absorbée et l'incidence de l'effet, à partir de laquelle on établit les valeurs toxicologiques de référence(VTR) ou Dose de Référence (RfD). Dans le cadre de cette étude, les VTR relatives aux éléments étudiés seront choisies d'après [17], [18], [19].
- L'évaluation de l'exposition : Cette étape consiste à déterminer les voies de passage de la substance étudiée de la source vers le récepteur humain, ainsi qu'à estimer la fréquence, la durée et l'importance de l'exposition. Ceci aboutit au calcul de la dose journalière d'exposition (DJE). Les scénarios d'exposition où l'individu est le plus exposé (hypothèse maximaliste) seront utilisés. De ce fait, nous envisageons les scénarios d'exposition suivants :

Dans cette étude, la consommation moyenne en eau de boisson est estimée à 2 L par jour (soit 2kg/j) pour les adultes et à 1 L par jour (soit 1kg/j) pour les enfants et 0,75 L (soit 0,75 kg/j) par jour pour les nourrissons [20]. Il sera considéré que l'individu

consomme cette quantité d'eau 7 jours/7 jours. La dose journalière d'exposition aux polluants par la consommation de l'eau polluée est déterminée de la manière suivante: DJE = CxQxF/P

DJE : Dose journalière d'exposition liée à la consommation de l'eau polluée (mg/kg/j) ;
C : Concentration d'exposition relative à l'eau polluée exprimée en mg/kg;
Q : Quantité de l'eau consommée par jour, exprimée en kg/j ;
F : Fréquence ou taux d'exposition (sans unité): l'eau est consommée 7j/7j d'où F= 1;
P : Poids corporel de la cible (kg) ;

Le poids corporel moyen des nourrissons de 0 à 2 ans 5 kg, des enfants de 2 à 15 ans 10 kg et celui d'un adulte est conventionnellement égale à 60 kg [17] ;

- La caractérisation du risque : représente une estimation de l'incidence et de la gravité des effets indésirables susceptibles de se produire dans une population humaine en raison de l'exposition à l'ensemble des substances. La caractérisation du risque pour les effets à seuil est exprimée par le quotient de danger (QD). Il est calculé pour la voie d'exposition orale (consommation de l'eau) de la manière suivante :QD = DJE/RfD

  DJE = Dose Journalière d'Exposition (mg/kg/j) RfD = Dose de Référence (mg/kg/j) ou VTR.

  Si QD < 1 la survenue d'un effet toxique est peut probable ;

  Si QD > 1 l'apparition d'un effet toxique ne peut pas être exclu.

Cette formule s'applique à chaque substance prise individuellement et ne renseigne pas sur l'effet résultant de l'exposition à un mélange de substances.

2.5 Evaluation du niveau de risque associé à un dépassement de la limite de qualité pendant toute une vie (Effet sans seuil).

Les substances cancérogènes génotoxiques comme l'arsenic sont considérées agissant sans seuil et à des niveaux d'exposition même très faibles sont associés à des risques de cancer. Dans cette étude, nous avons calculé l'Excès du Risque Individuel (ERI) associé à l'ingestion pendant les vies entières de 70 [20] et 58 [21] ans respectivement pour la population mondiale et ivoirienne, d'une eau dont la concentration $C_i = n * C_{LQ}$ est supérieure à la limite de qualité.

$$ERI_{(n*C_{LQ},70\ ans)} = 10\left[\left(n * C_{LQ} * \frac{Consommation}{Poids}\right) * ERU * \left({}^{2ans}/_{70\ ans}\right)\right] + 3 * \left[\left(n * C_{LQ} * \frac{Consommation}{Poids}\right) * ERU * \left({}^{13ans}/_{70\ ans}\right)\right] + 1 * \left[\left(n * C_{LQ} * \frac{Consommation}{Poids}\right) * ERU * \left({}^{55ans}/_{70\ ans}\right)\right]$$

ERI : Excès de risque individuel
ERU : Excès de Risque Unitaire
C_{LQ} : Concentration égale à la limite de qualité

Il faut noter qu'afin de prendre en compte une éventuelle susceptibilité particulière des nouveaux nés et des jeunes enfants, l'US-EPA propose d'appliquer un facteur de 10 pour une période allant à 2 ans et un facteur de 3 pour la période de 2 à 15 ans.

3 Resultats Et Discussion

3.1 Résultats

3.1.1 Température, pH, conductivité, Total Solide Dissous des eaux

La température des eaux souterraines est comprise entre 27,25 et 25,9°C avec une valeur moyenne de 26,3 °C. Les résultats d'analyse de l'eau montrent que le pH des eaux des souterraines varie de 6,1 (S_3 et S_5) à 7,3 (S_1). Dans l'ensemble, on constate une faible minéralisation des eaux étudiées. En effet, la conductivité des eaux des stations S_1, S_2, S_3 et S_5 est inférieure à 100 µS.Cm^{-1} à l'exception des souterraines du village de Kouizonpleu (S_4) qui ont la plus forte conductivité (400 µS.Cm^{-1}). Comme pour la conductivité, les eaux de boissons du village de Kouizonpleu (S_4) ont de forts taux de solides dissous (200 mg/L) (Tab. 1). Cependant, les teneurs en TDS dans les autres stations sont toutes inférieures à 50 mg/L.

Tableau 1. Température, pH, conductivité, Total Solide Dissous (TSD)

	Température (°C)	pH	Conductivité (µS/cm)	TDS (mg/L)
S_1	25,7	7,3	55,5	23,6
S_2	27,3	6,3	36,75	14,42
S_3	26,4	6,1	67,3	31,07
S_4	26,2	6,8	400	202
S_5	25,9	6,1	19,65	6,6

3.1.2 ARSENIC ET MERCURE ET NITRATES DANS LES EAUX SOUTERRAINES

Les concentrations en nitrates dans les eaux étudiées sont relativement faibles. En effet, elles ne dépassent pas 40 mg/L (Tab. 2) avec une concentration maximale dans les eaux souterraines du village de Kouizonpleu (S_3 (35,5 mg/L)).

Tableau 2. Teneurs de nitrates (NO_3^-), d'arsenic (As) et de mercure (Hg) dans les eaux souterraines

	NO_3^- (mg/L)	As (mg/L)	Hg (mg/L)
S_1	12,47	0,023	0,018
S_2	10,2	0,035	0,005
S_3	35,5	0,021	0,02
S_4	8,3	0,015	0,013
S_5	24,52	0,007	0,008

Le Tab. 2, présente également les résultats obtenus pour l'arsenic et le mercure dans les stations d'eaux souterraines (eaux de boisson) S_1, S_2, S_3, S_4 et S_5. De ces résultats, on note, la présence de ces éléments traces métalliques (ETM) dans toutes les eaux de boissons. Les concentrations maximales d'arsenic et de mercure ont été déterminées respectivement dans les eaux souterraines des villages de Debarkadaire (S_2 (0,035 mg/L)) et Daapleu (S_3 (0,02 mg/L)). On note également que pour la majorité des stations d'eaux souterraines, les teneurs en arsenic sont supérieures à celles du mercure à l'exception de la station S_5

3.1.3 EVALUATION DES RISQUES LIÉS À LA CONSOMMATION DES EAUX DE BOISSONS DE LA ZONE AURIFÈRE D'ITY (EFFET À SEUIL)

Pour cette étude, nous avons évalué les risques sanitaires à l'ingestion de l'arsenic et du mercure et des nitrates contenus dans les souterraines du prospect aurifère d'Ity. Ceci, à cause de leur présence dans un environnent minier, de la disponibilité de leur VTR et de leurs effets toxiques sur la santé humaine. Cette évaluation porte sur la voie orale et concerne les expositions chroniques uniquement. Les VTR retenues pour cette étude sont celles issues principalement des études épidémiologiques chez l'homme, les plus protectrices donc les plus faibles et les années de révision les plus récentes. Ainsi, l'OMS préconise-t-elle pour le As 3 10^{-4}mg/Kg/j [17] le mercure 3 10^{-4}mg/Kg/j [18] et pour les nitrates 3,65 mg/Kg/j [19], les résultats ci-dessous ont été obtenus à partir des concentrations moyennes des métaux pour toutes les stations d'eaux souterraines.

Les résultats de l'évaluation de l'exposition à l'As, au Hg et aux nitrates liés à la consommation de l'eau ainsi que les quotients de danger (QD) correspondants chez les adultes, les enfants et les nourrissons sont reportés dans les tab. 3, 4 et 5.

La survenue d'un effet toxique provenant des nitrates liés à la consommation des eaux souterraines des villages de SMI (S_1), Débarkadaire (S_2), Daapleu (S_3), Kouizonpleu (S_4) et Gaapleu (S_5) est peu chez les adultes. Cependant, Chez les nourrissons et les enfants (Tab. 3), on peut s'attendre à des effets toxiques pour la consommation des eaux de boissons des villages de Daapleu (S_3) et Gaapleu (S_5).

Concernant l'arsenic et le mercure (Tab. 4,5) toute la population vivant dans ce prospect aurifère coure des risques liés à la consommation des eaux souterraines. En effet, les quotients de danger calculés pour toute cette population sont tous supérieurs à 1 (QD>1). Il faut noter que pour ETM étudiés les adultes du village de Gaapleu courent moins de risques (0,5 < QD <1).

L'on trouve également que les quotients de danger issus de la consommation de l'eau chez les nourrissons et les enfants sont tous supérieurs à ceux des adultes pour toutes les substances étudiées.

Tableau 3. Dose journalière d'exposition et quotient de danger chez les nourrissons, les enfants et les adultes pour les nitrates

Stations	Conc. (mg/Kg)	DJA (mg/Kg)	P			DJE			Q		
			Nou*	Enf*	Adt*	Nou	Enf	Adt	Nou	Enf	Adt
S_1	12,47	3,65	5	10	60	1,87	1,25	0,42	0,51	0,34	0,12
S_2	10,2	3,65	5	10	60	1,53	1,02	0,34	0,42	0,28	0,09
S_3	35,5	3,65	5	10	60	5,32	3,6	1,18	1,46	0,7	0,32
S_4	8,3	3,65	5	10	60	1,25	0,83	0,28	0,34	0,23	0,075
S_5	24,52	3,65	5	10	60	3,68	2,45	0,8	1,01	0,67	0,2

**Nou. Nourrisson, Enf. Enfant, Adt. Adulte*

Tableau 4. Dose journalière d'exposition et quotient de danger chez les nourrissons, les enfants et les adultes pour l'arsenic

Stations	Conc. (mg/L)	DJA(mg/Kg p.c.j)	P(Kg)			DJE(mg/Kg p.c.j)			QD		
			Nou	Enf	Adt	Nou	Enf	Adt	Nou	Enf	Adt
S_1	0,023	310^{-4}	5	10	60	$3,4510^{-3}$	$2,3\ 10^{-3}$	$7,710^{-4}$	11,5	7,67	2,57
S_2	0,035	310^{-4}	5	10	60	$5,2510^{-3}$	$3,5\ 10^{-3}$	$1,110^{-3}$	17,5	11,67	3,3
S_3	0,021	310^{-4}	5	10	60	$3,1510^{-3}$	$2,110^{-3}$	$7\ 10^{-4}$	10,5	7	2
S_4	0,015	310^{-4}	5	10	60	$2,1510^{-3}$	$1,5\ 10^{-3}$	$5\ 10^{-4}$	7,17	5	1,43
S_5	0,007	310^{-4}	5	10	60	$1,0510^{-3}$	$7\ 10^{-4}$	$2,310^{-4}$	3,5	2,3	0,77

Tableau 5. Dose journalière d'exposition et quotient de danger chez les nourrissons, les enfants et les adultes pour le mercure

Stations	Conc. (mg/L)	DJA (mg/Kg p.c.j)	P			DJE (mg/Kg p.c.j)			QD		
			Nou	Enf	Adt	Nou	Enf	Adt	Nou	Enf	Adt
S_1	0,018	310^{-4}	5	10	60	$2,710^{-3}$	$1,810^{-3}$	$6\ 10^{-4}$	9	6	2
S_2	0,005	310^{-4}	5	10	60	$7,5\ 10^{-4}$	$5\ 10^{-4}$	$1,710^{-4}$	2,5	1,67	0,57
S_3	0,02	310^{-4}	5	10	60	310^{-3}	$2\ 10^{-3}$	$6,710^{-4}$	10	6,67	2,23
S_4	0,013	310^{-4}	5	10	60	210^{-3}	$1,310^{-3}$	$4,310^{-4}$	6,5	4,43	1,43
S_5	0,008	310^{-4}	5	10	60	$1,2\ 10^{-3}$	$8\ 10^{-4}$	$2,710^{-4}$	4	2,67	0,9

3.2 EVALUATION DES RISQUES LIÉS À LA CONSOMMATION DES EAUX DE BOISSONS DE LA ZONE AURIFÈRE D'ITY (EFFET SANS SEUIL)

Les résultats du tableau 6 mettent en évidence les risques associés au dépassement de limite de qualité pour les effets sans seuil (arsenic) pour toute vie et pour les effets de cancer de la peau.

Tableau 6. Estimation du niveau de risque lié à l'ingestion d'une eau présentant un dépassement de la limite de qualité en arsenic (0,01 µg/L) [20]

Stations	Niveau de dépassement de la valeur guide C_i (mg/L)	Dépassement pour toute une vie (70 ans)	Dépassement pour toute une vie (51 ans)
S_1	2,3 * 0,01	$4,3\ 10^{-3}$	$4,9\ 10^{-3}$
S_2	3,5 * 0,01	$6,5\ 10^{-3}$	$8,2\ 10^{-3}$
S_3	2,1 * 0,01	$4,1\ 10^{-3}$	$4,5\ 10^{-3}$
S_4	1,5 * 0,01	$2,9\ 10^{-3}$	$3,710^{-3}$
S_5	0,7*0,01	$1,110^{-3}$	$1,510^{-3}$

Du tableau 6, on retient que les probabilités d'apparition de cancers de la peau pour les deux types de population sont du même ordre de grandeur. Cependant, elle est plus élevée au niveau de la population ivoirienne. Aussi, pour des teneurs inférieures à la limite de qualité (S_5), les probabilités de risques de cancers sont du même ordre que celle supérieures à cette limite.

3.3 DISCUSSION

3.3.1 PARAMÈTRES PHYSICOCHIMIQUE ÉTUDIÉS

La température des eaux souterraines est de 26,3°C. Comparée à la directive de l'OMS, l'eau de du prospect aurifère d'Ity semble chaude. Mais, cette région se trouvant dans un pays tropical, la température ambiante moyenne descend très rarement en dessous de 25 °C. C'est pourquoi, selon [22], 30 °C doit être considérée comme une température moyenne des eaux souterraines en Afrique de l'Ouest à cause des conditions climatiques.

Les valeurs de pH obtenues sont caractéristiques des eaux souterraines [23]. Les eaux de boissons des stations S_1 et S_4 ont des pH compris entre les valeurs préconisées par l'OMS (6,5-9,5) [24] en ce qui concerne l'eau potable.

Les résultats obtenus concernant la minéralisation des eaux sont en accord avec ceux obtenus par [11] sur les eaux des aquifères fissurés de la zone Guiglo-Duékoué. Ce qui laisse suggérer que les eaux souterraines de l'ouest montagneux Ivoiriens sont faiblement minéralisées. Cependant, [25] et [26] ont montré que, des eaux souterraines (eaux de boissons) en Côte d'Ivoire pouvaient être fortement minéralisées et atteindre respectivement les valeurs 1750 et 1450 $\mu S.Cm^{-1}$.

Les solides totaux dissous (TDS) décrivent les sels inorganiques présents en solution dans l'eau indiquant présence de calcium, magnésium, des carbonates, sulfates et des chlorures. Ces faibles mesurés au notre étude laissent supposer la présence de faibles teneurs en cations et en anions dans les eaux souterraines.

La présence des nitrates dans les eaux souterraines révèle la vulnérabilité de ces eaux car elles sont considérées comme être à l'abri de la pollution [27], [28]. Par contre, les faibles teneurs constatées laissent suggérer une pollution récente en nitrates. Les polluants domestiques sont la source principale de présence de sels nutritifs (nitrates) dans les eaux souterraines. En effet, ses forages se trouvent au milieu des habitations. En outre, nous avons constaté le vieillissement de ces installations. Ce qui pourrait amener à penser que les équipements installés pour les protéger contre les activités anthropiques ne soient plus efficaces. La référence [29] a fait ce même constat au cours de l'étude des eaux souterraines de la nouvelle boucle du cacao dans le département de Soubré. Aussi, les activités d'exploitation aurifère entraînent-elles la destruction de la forêt produisant ainsi de la matière organique qui en se décomposant libère de l'azote. Cet azote sera ensuite lessivé à la suite des pluies abondantes qui tombe sur la région occasionnant la pollution des eaux de surfaces et souterraines. En plus, la région étant une zone forestière agricole, les apports de ces activités dans la minéralisation sont marqués par l'enrichissement des eaux en sels nutritifs [30].

La présence d'arsenic et mercure peut être due à la dissolution des minéraux sulfureux comme l'arsénopyrite présents généralement dans les sols aurifères [5] et aux caractéristiques géochimiques propres aux différentes stations. Ces concentrations déterminées sont toutes inférieures aux teneurs déterminés dans les eaux souterraines lors de l'étude du prospect aurifère de Bonikro (Côte d'Ivoire) [6]. En outre, les teneurs d'arsenic et de mercure déterminées sont toutes supérieures aux normes OMS d'eaux destinées à la consommation humaine sauf pour le mercure à la station S_2(0,005 mg/L) et l'arsenic S_5 (0,007 mg/L). Ces valeurs guides sont de 0,01 mg/L [24] pour l'arsenic et de 0,006 mg/L [24] pour le mercure.

3.3.2 EVALUATION QUANTITATIVE DES RISQUES SANITAIRES (EQRS)

De notre étude, on retient que la survenue d'un effet toxique lié à l'ingestion des nitrates contenus dans les eaux de boisson est peu probable. L'étude de la toxicité des nitrates et de leurs dérivés transformés dans l'organisme les nitrites et les nitrosamines, a donné lieu à de nombreuses publications scientifiques, souvent contradictoire. Historiquement, les nitrates et leurs dérivés ont été incriminés dans la survenue à long terme d'un cancer digestif dans la population générale [19], [31], [32]. Les acquisitions récentes concernant le métabolisme des nitrates ainsi que l'analyse des données expérimentales et de la littérature épidémiologique accumulée depuis une trentaine d'années montrent que leur toxicité pour l'homme a été largement surestimée [19]. A l'opposé des nitrates l'ingestion d'arsenic et de mercure contenus dans les eaux de boissons peut causer des risques sanitaires à la population vivant dans notre zone d'étude. Cependant, leurs concentrations sont très faibles par rapport aux nitrates. Nous pouvons l'expliquer par leurs faibles Valeurs Toxicologiques de Références (VTR).

Aussi, malgré la faible consommation journalière d'eau 0,75L pour le nourrisson, 1L pour l'enfant contre 2L pour l'adulte d'après notre scenario d'exposition, la survenance d'effet toxique chez les nourrissons et les enfants serait due à leur faible poids corporel et de leur fragilité sur le plan physiologique étant donné que les contaminants sont facilement absorbés dans leur organisme [33].

Par ailleurs, on retient qu'une substance peut avoir une teneur inférieure à la valeur guide de l'OMS mais présenter des risques sanitaires pour la population. En effet, les concentrations en nitrates, mercure et arsenic respectivement dans les

stations S_3 (35,5 mg/L), S_5 (0,005 mg/L) et S_5 (0,007mg/L) traduisent ce constat avec des quotients de danger supérieur à 1. En outre, les stations S_1, S_2, S_3 ,S_4 et S_5 se trouvant dans le prospect aurifère d'Ity, il n'est pas exclu que les habitants des villages SMI (S_1), Débarkadaire (S_2), Daapleu (S_3), Kouizonpleu (S_4) et Gaapieu (S_5) utilise ces eaux souterraines comme eau de boisson sans aucun traitement préalable tout en ignorant les effets de ces substances sur la santé de l'homme. Il faut noter, que cette population coure moins de risques liés à l'ingestion de l'arsenic et du mercure que celle vivant dans le prospect aurifère de Bonikro (Côte d'Ivoire) [6]. En effet, les études effectuées par [6] ont révélé des teneurs moyennes en arsenic et en mercure largement supérieures à celles déterminées au cours de cette étude. Ces risques se traduisent, par la survenue d'effets liés à l'ingestion de ces substances contenues dans les eaux souterraines (eaux de boissons).

L'arsenic et le mercure font partie des 10 métaux les plus toxiques. Dans les eaux naturelles l'arsenic inorganique est prédominant [34]. Les effets aigus, suite à l'ingestion d'arsenic inorganique, sont typiquement gastro-intestinaux associant nausées, vomissements, hémorragies gastro-intestinales, douleurs abdominales et diarrhées qui prennent parfois l'aspect ≪ eau de riz ≫, décrite sous le nom de ≪ cholera arsenical ≫, pouvant conduire au décès. Ces symptômes surviennent rapidement, dans les heures suivant l'ingestion [35], [36]. Quant au mercure, ses manifestations toxiques varient en fonction de sa nature [37]. L'organe cible du mercure inorganique est le rein où il peut induire une néphrite qui est une inflammation du rein [36]. Le mercure organique, essentiellement le méthylmercure, cible le système nerveux central [38] où il peut notamment causer une paresthésie (fourmillements, engourdissements, etc.), une ataxie (manque de coordination des mouvements volontaires) ou une neurasthénie (sensation générale de fatigue et de déprime).

Pour les substances cancérogènes comme l'arsenic, les calculs montrent une probabilité plus élevée d'apparition de cancer de la peau au sein de la population ivoirienne que celle de la population mondiale. Cela est dû à l'espérance de vie de cette population qui est inférieure à celle de la population mondiale. Pour une population ingérant ces eaux de boissons, les ERI obtenus sont supérieures $1\ 10^{-5}$ [20]. Ce qui traduit de fortes probabilités d'apparition de cancer cutané au sein de la population du prospect aurifère d'Ity. En effet, pour une population ingérant dès son plus jeune âge, pendant toute une vie des eaux dont les concentrations sont inférieures ou égales à 3,5 fois la limite de qualité développera au plus 9 cas de cancers supplémentaires pour une population de plus de 1000 habitants.

En outre, de cette étude, on retient que consommer des eaux contenant des ETM dont les concentrations sont inférieures à la limite qualité OMS peuvent occasionner des pathologies au sein de la population voire provoquer des cas de cancers. Les habitants du village de Gaapieu traduisent ce constat. En effet, les concentrations en arsenic sont inférieures à la limite de qualité (0 ;01 mg/L) cependant la probabilité d'apparition de cancer de la peau est réel. Cela se traduit par au plus deux cas cancers cutané pour une population de 1000 habitants.

Il faut noter que compte tenu de la nature probabiliste de l'ERI, ces fortes valeurs d'ERI obtenus au cours de cette étude ne traduisent de cas certains de cancers cutanés.

4 CONCLUSION

De cette étude, on retient que les eaux souterraines du prospect aurifère d'Ity sont contaminées par les nitrates, l'arsenic et le mercure. On a pu observer des teneurs maximales en arsenic de 0,035 mg/L et du mercure de 0,02 mg/l dans les eaux souterraines qui sont supérieures aux normes de l'OMS pour l'eau potable. Ces résultats traduisent l'évidence de la mauvaise qualité de ces eaux souterraines.

Le calcul des quotients de danger pour les effets à seuil a révélé que toute la population de ce prospect aurifère coure de réels risques sanitaires liés à l'ingestion de l'arsenic et du mercure contenus dans les eaux de boissons. Cependant, pour les sels nutritifs, en particulier les nitrates, les nourrissons et les enfants peuvent courir des dangers en consommation les eaux souterraines des villages de Daapleu (S_3) et Gaapieu (S_5).

En outre, nos études ont mis en évidence des risques de cancer de la peau pour les substances à effets sans seuil comme l'arsenic. En effet, elles prévoient au plus 9 cas de cancers supplémentaires dans la population des villages du prospect aurifère d'Ity. Cependant, ces résultats ne traduisent pas des risques certains de cancers de la peau.

REFERENCES

[1] J. Margat. *Exploitations et utilisations des eaux souterraines dans le monde*. Programme Hydrologique International (PHI), 2008.

[2] P. JAIN, J.D. SHARMA, D. SOHU, and P. SHARMA, "Chemical analysis of drinking water of villages of Sanganer Tehsil, Jaipur District,". *Int. J. Environ. Sci. Tech*., vol. 2, no. 4, pp. 373-379 , 2005.

[3] S. K. TRAORE, K. MAMADOU, A. DEMBELE, P. LAFRANCE, P. MAZELIER, and P. HOUENOU , "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*, vol. 1, no. 9, pp. 1-9, 2006

[4] V. Ayraud. *Détermination du temps de résidence des eaux souterraines : application au transfert d'azote dans les aquifères fracturés hétérogènes*, Thèse de Doctorat, Université de rennes 1, Rennes, France, 2005.

[5] N. Miramond, D. Miau, and F. Brochard. *Diagnostic du phénomène Drainage Minier Acide sur des mines d'or primaire en Guyane françaises : Evaluation des risques associés*. Rapport, GEM Impact-DIREN,Guyane française, 2006.

[6] Y.H.A. YAPI, B.K. DONGUI, A. TROKOUREY, Y.S.S BARIMA, Y ESSIS, and P. ATHEBA, "Evaluation de la pollution métallique d'un environnement minier aurifère à Hiré (Côte d'Ivoire)," *International journal of biological and chemical sciences*, vol.8, no.3, pp. 1281-1289, 2014.

[7] K.T. Yao, *Hydrodynamisme de l'eau souterraine dans les aquifères de socle cristallin et cristallophyllien du Sud-Ouest de la Côte d'Ivoire : cas du département de Soubré. Apports de la télédétection, de la géomorphologie et de l'hydrogéochimie,* Thèse de Doctorat, Conservatoire National des Arts et Métiers, Paris, France 2009.

[8] N. Soro, *Hydrochimie et géochimie isotopique des eaux souterraines du carré de Grand-Lahou et ses environs (Sud-Ouest de la Côte d'Ivoire). Implication hydrologique et hydrogéologique*. Thèse de Doctorat, Université de Cocody, Abidjan, côte d'Ivoire, 2002.

[9] D. GONE, I. SAVANE, Y.A N'GO, J. BIEMI, "*Mobilité relative des cations lors de l'altération des roches et acquisition de la minéralisation des eaux souterraines dans le degré carré de Man (Ouest de la Côte d'Ivoire)*," *Sciences de la Nature*, vol. 2, no. 1, pp. 85-94, 2005.

[10] M-S OGA, LASM, K.T. YAO, N. SORO, M.B SALEY, D. KOUASSI, and F GNAMBA. *Caractérisation chimique des eaux des aquifères de fracture : cas de la région de Tiassalé en Côte d'Ivoire*. European Journal of Scientific Research, vol. 31, no. 1, pp. 72-87, 2009

[11] M.A. KOUASSI, E.K. AHOUSSI, B.Y. KOFFI, Y.A. AKE, J. BIEMI, " *Caractérisation hydrogéochimique des eaux des aquifères fissurés de la zone Guiglo-Duekoué (Ouest de la Côte d'Ivoire),*" *International journal of biological and chemical sciences vol.6, no.1, 2012.*

[12] D. Z. Ettien, *Étude d'évaluation de l'impact des exploitations minières sur l'environnement et les populations en Afrique occidentale : Cas de la mine d'or d'Ity dans la région semi-montagneuse de l'Ouest de la Côte d'Ivoire. Apport du Système d'Informations Géographiques (S.I.G) et de la télédétection*, Thèse Doctorat, Université de Cocody, Abidjan, Côted'Ivoire, 2005.

[13] BRGM: Bureau de Recherches Géologique et Minière. La gestion de l'eau des mines. 2005

[14] Rodier, J., B Legube, B., N Merle, N., *L'analyse de l'eau*, Dunod 9ème édition, Dunod, pp. 215-332, 2009.

[15] ADEME/SYPREA/FP2E/INERIS, *Méthodologie d'évaluation quantitative des risques sanitaires relatifs aux substances chimiques*, Convention, 2007.

[16] ASTEE, *Association Scientifique et Technique de l'Eau et de l'Environnement.* Guide méthodologique pour l'évaluation du risque sanitaire de l'étude d'impact des installations de compostage soumises à autorisation, 2006.

[17] IRIS, Mercuric *chloride (HgCl2) (CASRN 7487-94-7)*. *In* USEPA. *Integrated Risk Information System*, 1995.

[18] AFSSA, Agence Française de Sécurité Sanitaire des Aliments. Evaluation des risques sanitaires liés au dépassement de la limite de la qualité de l'arsenic dans les eaux destinées à la consommation humaine. 2004

[19] D Zmirou, D Bard, W Dab. Quels risques pour notre santé ? Syros, 2000, 335.

[20] OMS. Tetrachloroethylene in: Guidelines for Drinking-water Quality, third edition, volume 1, 2004.

[21] CIA world factbook-version du mars 11, 2017

[22] J Rodier, C Bazin, J.P Broutin, P Chambon, H Chapsaup, L Rodi. L'analyse de l'eau : Eaux naturelles, eaux résiduaires, eaux de mer. Ed. Dunod, Paris, 1086

[23] OMS, Déclaration d'Helsenki sur l'environnement et la santé en Europre. 1994.

[24] OMS, Les lignes directives sur la qualité en eau potable : Référence en ce qui concerne la sécurité en matière de l'eau potable 2006.

[25] Biémi J. *Contribution à l'étude géologique hydrogéologique et par télédétection des bassins versants subsahariens du socle précambrien d'Afrique de l'ouest : hydrostructurale, hydrodynamique, hydrochimie et isotopique des aquifères discontinus de sillons et aires granitiques de lahaute Marahoué (Côte d'Ivoire)*. Thèse de Doctorat, Université d'Abidjan, Abidjan, Côte d'Ivoire, 1992

[26] A.S. Tapsoba, *Contribution à l'étude géologique et hydrogéologique de la région de Dabou (Sud-Est de la Côte d'Ivoire).* Doctorat 3e cycle, Université de Cocody, Abidjan, Côte d'Ivoire, 1995.
[27] H. Nkotagu, Origins of high nitrate in groundwater in Tanzania, *Journal of African Earth Sciences*, vol.21, no.4, pp. 471-478, S1996
[28] E.A JAOUAD, K. SANAE, E.A NAMIRA, H ABDERRAUF, "*Impact des activités anthropiques sur la qualité des eaux souterraines de la communauté Mzamza (Chaouia, Maroc)*," Revue desSciences de l'Eau, vol. 20**,** no. 3, pp. 309-321, 2007.
[29] T.K YAO, O. FOUCHE, M-S OGA, D. BAKO, C. PERNELLE, J BIEMI, "*Évaluation de la potabilité chimique des Seaux souterraines dans un bassin versant tropical : cas du Sud-Ouest de la Côte d'Ivoire*," International Journal of Biological and Chemical Sciences, vol. 6, no. 6, pp. 7069-7086, 2012.
[30] K.E AHOUSSI, Y.B KOFFI, A.M KOUASSI, G SORO, J. BIEMI, "Étude hydrochimique et microbiologique des eaux de source de l'ouest montagneux de la Côte d'Ivoire : Cas du village de Mangouin-Yrongouin (sous-préfecture de Biankouman)," *Journal of Applied Biosciences*, vol. 63,4703-4719, 2013.
[31] Testud, F., Engrais minéraux. EMC Toxicologie, pp. 672, 2004.
[32] Vilaginès, R., Eau, Environnement et santé publique. Introduction à l'hydrologie. Editions Tec & Doc, 2emeédition, pp. 109, 2003.
[33] RCAP. Royal Commission on Aboriginal Peoples, Gathering Strengh. Ottawa, Canada Communication Group. 1996, 3,185
[34] ATSDR. Toxicological Profile for Lead. *In* ATSDR. Agency for Toxic Substances and Disease Registry, 2007.
[35] M.P KERSJES, J.R MAURER, J.H TRESTRAIL, "*An analysis of arsenic exposures referred to the Blodgett Regional Poison SCenter*. Vet Human Toxicol, vol. 29, no. 1, pp. 75-78, 1987.
[36] Marsha, D., and Ford, *Arsenic. Toxicologic emergencies. Norwalk. L. R. Golfrank, N. E.Flomenbaum, N. A. Lewin, R. S. Weisman and M. A. Howland*, vol Appleton-Century-Crofts, pp. 1261-1273, 1998.
[37] Nadeau F. *Évaluation des risques toxicologiques et écotoxicologiques d'un terrain par des métaux*, Maître en environnement, Centre Universitaire de formation en environnement, Québec, Canada, pp. 21-37. 2012.
[38] S. Gilbert, *A Small Dose of Toxicology*. *In* Toxipedia. 2010.

International Journal of Innovation and Applied Studies
ISSN 2028-9324 Vol. 27 No. 1 Aug. 2019, pp. 311-322
© 2019 Innovative Space of Scientific Research Journals
http://www.ijias.issr-journals.org/

Study of the Solar Potential and Five Meteorological Parameters (Climates) of the Nigerien City of Zinder: Case Study, Niger

Aboubacar ALI[1], Makinta BOUKAR[1], Ibrah SEIDOU SANDA[2], and Saïdou MADOUGOU[1]

[1]Laboratoire d'Energétique, d'Electronique, d'Electrotechnique, d'Automatique, et d'Informatique Industrielle (LAERT-LA2EI), Niger

[2]Centre Régional AGRHYMET, Niger

Copyright © 2019 ISSR Journals. This is an open access article distributed under the ***Creative Commons Attribution License***, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

ABSTRACT: This article proposes a study of the solar field and five climatic parameters of the Nigerien city of Zinder (Zinder city extends between the parallels 12° 48' and 17° 30' North and in longitude between 7° 20' and 12° 0' East. They are among the sunniest areas of Niger) from 1961 to 2010 based on experimental data. Most of the researchers work in this area uses few measured values to evaluate solar radiation. In this study we use fifty years (50 years) of experimental data. We will use two models most frequently used in the literature by researchers that are well adapted to the Niger region. After deep analysis of the evolution of global solar radiation, wind speed, temperature, duration of insolation, and precipitation during this period in this city located in the eastern part of the country, it is clear that : all solar energy applications require a rigorous, detailed and complete knowledge of solar radiation and climatic parameters of the site.

KEYWORDS: Irradiation models, diffuse, temperatures, wind speed, rain and duration of sunshine.

1 INTRODUCTION

Niger, due to its geographical location, is one of the sunniest countries in the world. It benefits from more than 3000 hours of sunshine per year, or approximately 2,300 kWh / m^2 / year [1]. The region of Zinder, located in the south-eastern part of Niger, extends between 12 ° 48 'and 17 ° 30' North and in longitude between 7 ° 20 'and 12 ° 0' East. It is one of the sunniest areas in Niger. The duration of sunshine in Niger varies very little in space during the year and is about 9 hours on average, but it is higher in the dry season than in the rainy season.

All applications of solar energy, namely domestic hot water production [2], [3], space heating [4], [5], solar air conditioning [6], drying of agro-food products [7], [8], [9], solar water [10], solar photovoltaic [11], [12] and thermodynamic solar [13] require a thorough and detailed knowledge of sunlight, maximum and minimum temperature, and the thermo-anemometer. Measurements of global radiation, maximum and minimum temperatures and wind speed for the Nigerien town of Zinder over the period 1961 to 2010 (50 years) were obtained from the Nigerien National Meteorological Service in Niamey.

2 METHODOLOGY

2.1 COLLECTION OF EXPERIMENTAL DATA

The collection of global solar radiation from Zinder is done at the National Center for Solar Energy (CNES), other parameters such as temperature, wind speed, rainfall and duration of Zinder city sunshine are collected at the national center for Meteorology.

2.2 SOLAR RADIATION

Experimental knowledge and even the forecast of solar radiation are of paramount importance for the reliable dimensioning of solar energy systems. Several studies have been conducted as part of the Solar Energy Potential assessment.

Ground-based experimental data on global solar radiation are not however always available in most places [14], [15], [16], [17], [18]. It is in that sense that Samuel Chukwujindu Nwokolo et al. conducted a study to classify and review the empirical models used to estimate global solar radiation in West Africa. They classified the empirical models used into six main categories and presented them according to the input parameters used. They also classified them into several subgroups and were finally presented according to their year of development. A total of 356 empirical models and 68 functional forms are presented in the literature for estimating solar radiation in West Africa [19].

The solar radiation comprises the following components [20]: Direct radiation (S_b) which is the radiation that goes through the atmosphere without being modified; the diffuse radiation (D_d) which is the part of the solar radiation diffused by the solid or liquid particles suspended in the atmosphere (air, cloudiness, aerosols, etc.) and the total solar radiation which is the sum of the direct radiation and comprises the total of the radiation scattered in the atmosphere as well as some of the radiation reflected from the ground.

$$G_g = S_b + D_d \quad (1)$$

Where:

G_g stands for global radiation

S_b stands for direct radiation

D_d stands for diffuse radiation

The earth reflects some of the direct sunlight. This quantity is called the albedo stream. Albedo is generally defined as the ratio of solar energy reflected on a surface to direct solar energy [19].

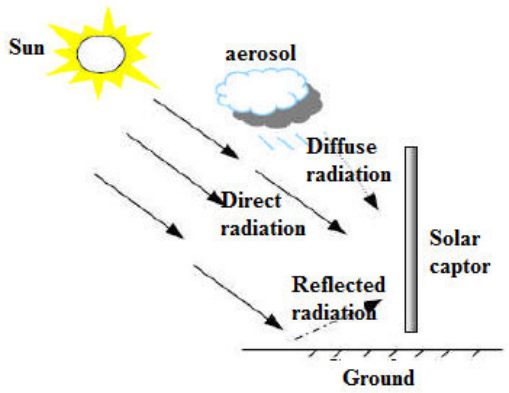


Fig. 1. Different forms of solar radiation [29]

2.3 MODELING OF TEMPERATURE AND SOLAR RADIATION INCIDENT

Several models for the approximation of solar radiation [22] are based on several variables such as water vapor determined by the condensable water depth and the atmospheric cloud factor defined by the ANGSTRÖM coefficient. Many researchers have been interested in the theoretical study of this solar radiation.

The works carried out by C. ZIDANI et al. [22] on a simulation of the apparent position of the sun at any time of the day and year, followed by a simulation of the instantaneous, Orientation. A. BAIG et al [24] conducted studies to establish a model based on the Gaussian distribution function to estimate daily global illumination. H. AROUDAM et al. [25] developed a model of the correlations between clarity index, cloud number and sunshine fraction. A physical model based on the general equation of radiative transfer of solar radiation in the soil-atmosphere system was used by A. MECHAQRANE et al [26] to estimate the global hourly and daily irradiations on a horizontal ground surface from the satellite sat-2 satellite measurements. A. Moummi et al. [27] proposed a comparison study between two empirical approaches to calculate the solar field.

In this article we are going to use the two semi-empirical approaches of PERRIN DE BRICHAMBAUT and LIU JORDAN to evaluate the city of Zinder solar field. For the determination of the ambient temperature (minimum and maximum), we are using three models: the theoretical model, the corrected theoretical model and the IDLIMAN model.

The different components of solar radiation vary according to the height of the sun, the angle of incidence, the weather and the visibility of the atmosphere. Perrin BRICHAMBAUT presented an empirical method to estimate the energy received by any orientation sensor [28].

For a clear sky, the illuminations of the diffuse radiation D_d and of the direct radiation S_b, received by a sensor are given by the following relations:

$D_d = \left(\frac{1+\cos(\theta)}{2}\right) D_H + \left(\frac{1-\cos(\theta)}{2}\right) \mu * G_H$ **(2)**

$S_b = A_1 + \cos(i) \exp\left(-\frac{1}{A_3 . \sin(h+2)}\right)$ **(3)**

$D_H = A_2 (\sin(h))^{0,4}$ **(4)**

$G_H = A_2 (\sin(h))^{8}$ **(5)**

Where D_H: Diffused illumination received by a horizontal surface.

G_H: Overall illumination received by a horizontal surface.

θ : Angle of inclination of the plane with respect to the horizontal in degree (°)

The global radiation Gg is deduced from the following formula: $G_g = S_b + D_d$ **(6)**

$$\mu = \begin{cases} \text{0.9 to 0.8 Snow} \\ \text{0.8 to 0.4 light floor} \\ \text{0.4 to 0.2 Greenery} \end{cases} \quad \textbf{(7)}$$

μ : Albedo of the ground

$A_1 A_2$ and A_3: Are constants that depend on the state of the atmosphere.

Table 1. Parameters describing the state of the atmosphere [22]

State of the atmosphere	A_1	A_3	A_2
Dark blue sky	1300	6	87
Light blue sky	1230	4	125
Milky blue sky	1200	2.5	187

In most cases, it is more appropriate to estimate the overall illumination on a plane inclined by the generalized LIU JORDAN relation in the form [22]:

$E_c = E_0[1+0.033\cos\left(\frac{360}{365}\right) N]$ **(8)**

$T_b = a_1 + a_2 \exp\left(\frac{-k}{\sin h}\right)$ **(9)**

$a_1 = R_0[0.4237-0.00821 (6-Z)^2]$ **(10)**

$A_2 = R_1 [0.5055-0.00595 (6.5-Z)^2]$ **(11)**

$K = R_k[0.2711-0.1858 (2.5-Z)^2]$ **(12)**

$\sin(h) = \sin(L).\sin(d) + \cos(L).\cos(d).\cos(\emptyset)$ **(13)**

$\emptyset = 15(STT-12)$ **(14)**

Where STT is Solar Time True

$d = 23.45\sin[0.986(N+284)]$

L stands for Latitude of the place in degrees (°)

d stands for declination of the sun in degrees (°) **(15)**

N stands for the Number of the day from January 1st

Ø stands for the Solar angle in degree (°)

Z stands for the altitude of the location expressed in km and R_0, R_1, R_k, k are dimensionless correction constants.

Table 2. Dimensionless correction constants [22]

Type of Time	R_0	R_1	R_k
Tropical	0.95	0.98	1.02
Summer (average altitude)	0.97	0.99	1.02

The direct radiation on a horizontal plane is given by the relation:

$S_b = I_c.\tau_b.(\sin(h))$ **(16)**

The diffuse radiation by a clear sky on a horizontal plane is given by the relation

$D_d = I_c(0.2710-0.2939.\tau_b).(\sin(h))$

I_c stands for constant solar

τ_b stands for correction constant **(17)**

The global radiation is given by

$G_g = S_b + D_d$ **(18)**

In most cases, the ambient temperature is taken as the mean value of the two extreme temperatures. Its evolution from sunrise to sunset is marked by minimum values at sunrise and sunset and a maximum value in the middle of the day. These are the only values given by meteorological stations. The modeling of air temperature generally used as heat transfer fluid in the solar collectors is of key importance.

The minimum and maximum temperature values given by meteorological stations are not sufficient to monitor its development over the course of a day because many heat transfer phenomena are linked to it. The variation of temperature is closely related to the radiant temperature of the celestial vault (temperature of the sky). Indeed, for sites in altitude, thermal losses must be taken into account. The equivalent ambient air temperature can be calculated from the following expression [29]:

$$T_{eq} = \frac{T_a.h_{cve} + T_{ciel}.h_{rve}}{h_{ve}} \quad \textbf{(19)}$$

Where: Ta is the ambient temperature of the air

h_{cve} : Is the coefficient of thermal losses by convection between the front face of the sensor and the external environment.

h_{rve} : Is the coefficient of the thermal losses by radiation between the face of the sensor and the external environment

$$T_{sky} = [\, T_a^4 - \frac{R}{S}]^{0.25} \quad \textbf{(20)}$$

T_a stands for ambient temperature

In this relation, R represents the net flux of radiation exchanged by the coolant for the low wavelengths, often measured by meteorological stations (sometimes called R4), and depends substantially on the altitude. If the R value cannot be determined, the temperature of the sky (Tsky) can be calculated by Swimbank's law:

$$T_{sky} = 0{,}0552.\, T_a^{1.5} \quad \textbf{(21)}$$

The theoretical evolution of the ambient temperature can be modeled by the equation (22):

$$T_e(t) = \frac{T_{max} + T_{min}}{2} + (\frac{T_{max} - T_{min}}{2}) \cos(\frac{2\pi t}{\Delta t}) \quad \textbf{(22)}$$

Tmax, Tmin and Δt are respectively maximum temperature, minimum temperature and duration of the solar day.

In this model, the maximum temperature is reached at midday solar true time at which the density of the heat flux is at maximum. This model does not correspond to the reality because it is considered that the maximum temperature is reached only at the solar thermal noon which corresponds to the instant of the true solar noon plus 1/8 of the duration of the solar day (Δt) [29]. This is mainly due to the thermal inertia of the soil, the thermal equilibrium between the environment and the soil.

The theoretical model is modified to take into account the notion of the "solar thermal noon" at which the instant maximum ambient temperature is obtained. The ambient temperature is considered as the average temperature. The ambient temperature can be modeled by the following relation [29]:

$$T_e(t) = \frac{T_{max}+T_{min}}{2} + \left(\frac{T_{max}-T_{min}}{2}\right)\cos\left(\frac{2\pi\left(t-12-\frac{\Delta t}{8}\right)}{\Delta t}\right) \quad \textbf{(23)}$$

According to this D'IDLIMAN model,, the ambient temperature is evaluated according to the following expression:

$$T_e(t) = T_1 + T_2\cos\left[(14 - STT)\frac{\pi}{12}\right] \quad \textbf{(24)}$$

With :

$$T_1 = (T_{max} + T_{min})/2 \quad \textbf{(25)}$$

$$T_2 = (T_{max} - T_{min})/2 \quad \textbf{(26)}$$

T_{max} and T_{min}Represent the maximum and minimum ambient temperatures during a day.

3 RESULTS AND DISCUSSIONS

We selected for our study the monthly averages of the minimum and maximum temperatures, wind speed and global radiation of 11 years of the study period. Indeed, the reason for choosing these years is to avoid the curves congestion.

Fig 2 below gives the average duration of sunshine. The months of February, July, August and September record the shortest duration of sunshine. The longest duration of sunshine, 10.13 hours a day is recorded by the months of March and November and the shortest is recorded by the month of July (7.74 hours per day). The entire city is illuminated by the sun about 9 hours on average per day.

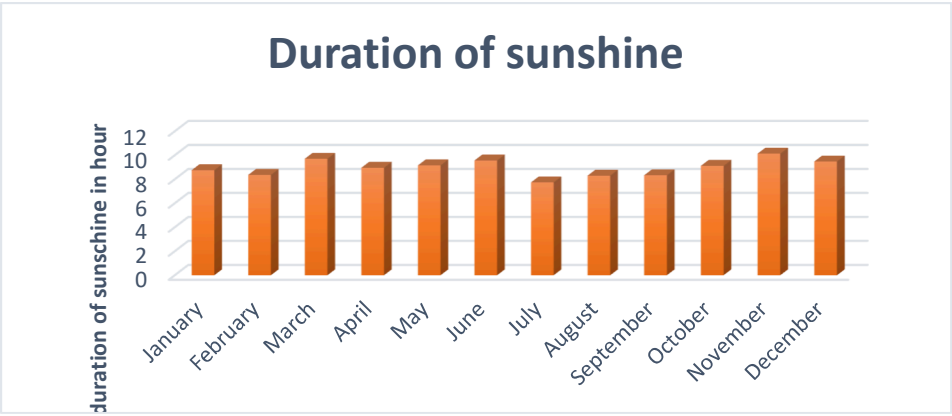


Fig. 2. The average monthly insolation duration

Figure 3 below shows the average rainfall (rainfall) measured from the Zinder station during the period. We note that it reaches its peak in July which corresponds to the period of the greatest rainfall in Niger. May, June, September and October have the lowest rainfall. The months of January, February, March, April, November and December correspond to periods without rain (dry and hot seasons).

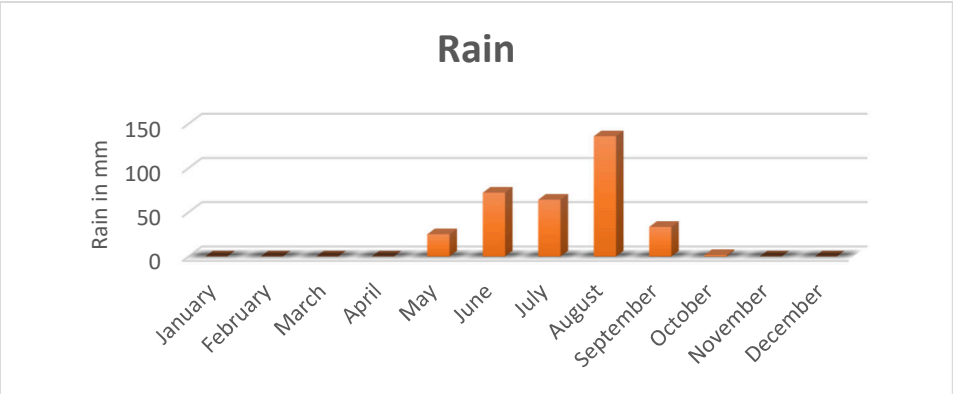


Fig. 3. Average monthly rain

The variations of these quantities are represented by FIGS. 2, 3, 4 and 5 below

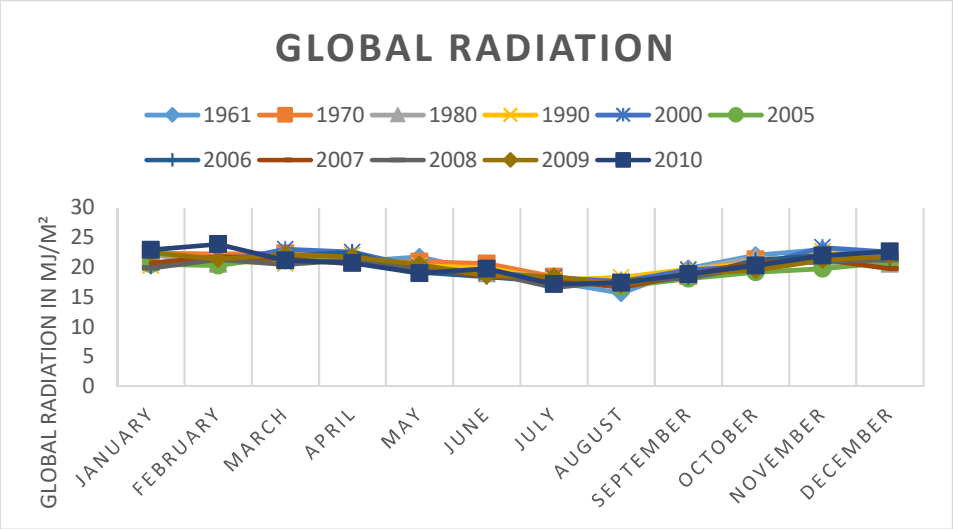


Fig. 4. The average monthly minimum temperature

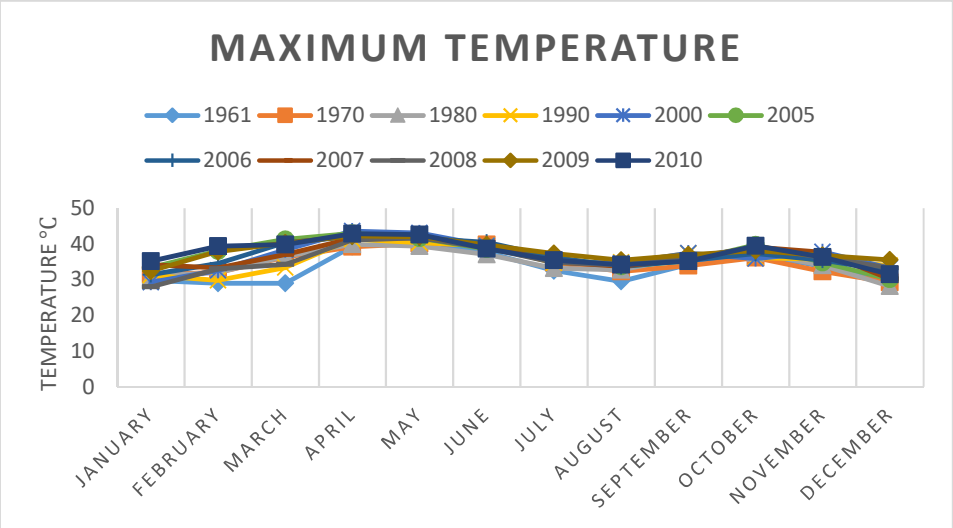


Fig. 5. The average monthly maximum temperature

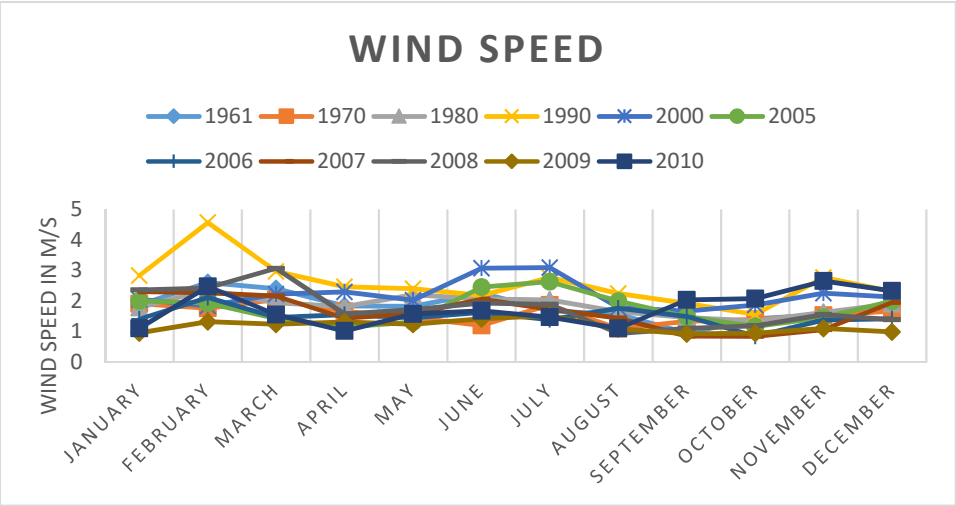


Fig. 6. Average monthly wind speed

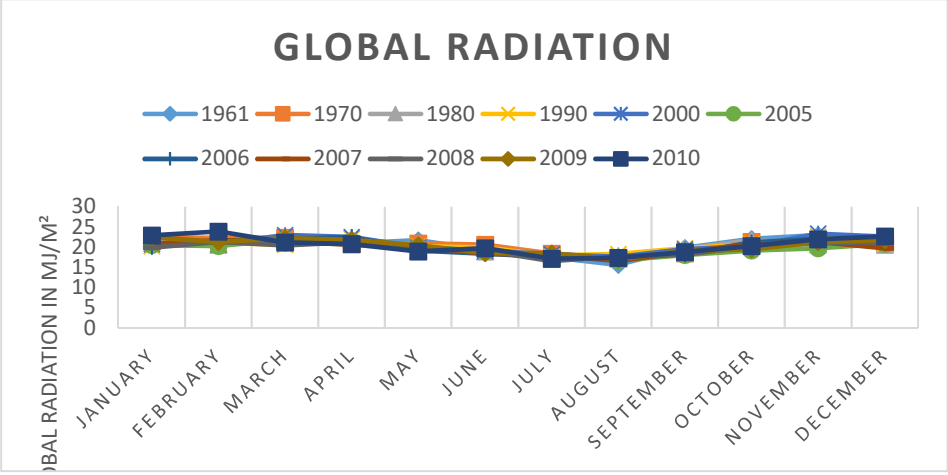


Fig. 7. The average monthly total write-off

We notice that in Figures 2 and 3, monthly averages of minimum temperatures vary from 15 ℃ to 28 ℃, monthly averages of maximum temperatures range from 30 ℃ to 42 ℃. The month of January records the lowest temperature that corresponds to the period of coolness and the month of May records the highest temperature which corresponds to the period of heat. In conclusion, the minimal and maximum temperatures obtained from this city make it possible to make a good dimensioning of a photo-thermal energy system.

Fig 4 shows the evolution of the mean wind speed measured from the Zinder station during the 1961 to 2010 period. This average speed is almost less than 3 m / s. We note that it reaches its peak in February which corresponds to the period of the harmattan wind and for the rest of the period its value is around 2 m / s. For a photo-thermal system, the wind is a cooling factor, so for the month of February, this cooling will have an important effect because it is one of the warmest m878vf b l months and records the highest wind speed. For the other months that have low average speeds, the wind has no great influence.

The analysis of FIG. 5 shows that the lowest values of the average global radiation are obtained during the months of August, July and September. These months correspond to the periods when rainfall is high. The decrease in global radiation is explained by the fact that aerosols (especially clouds) cover the sun's rays. By comparing the annual mean value over the period 1961-2010 (50 years) of the total irradiation of the town of Zinder 20,35 MJ / m².day and that obtained from the city of Ouagadougou for example 17,45 MJ / M².day over the period 1992-2006 (14 years) [4] ; we can say that the town of Zinder is sunnier than that of Ouagadougou.

The simulations of the different models are done under the environment of R version 2.2.3 software on February 28, 2010 where the number of the day N corresponds to 59 from January 1st. The choice of February 28 is not peculiar; it corresponds to the day of the simulations.

FIGS. 6, 7, 8, 9, 10 and 11 represent the evolvement of the diffuse, direct and overall radiation of the two models during the day of 28 February, which corresponds to the day when we made the simulations. FIGS. 12 and 13 show the evolution respectively of the solar constant corrected according to the numbers of the days and the ambient temperatures. The analysis of Figures 6, 7, 8, 9, 10 and 11 shows that the models give a good estimate of solar radiation. The model of Perrin BRICHAMBAUT gives a good estimate more than that of LIU JORDAN contrary to the conclusions of A. MOUMMI [21].

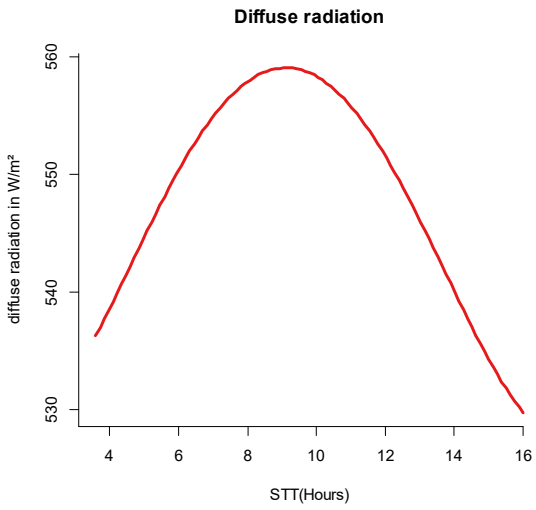


Fig. 8. Diffuse radiation of the model LIU JORDAN model

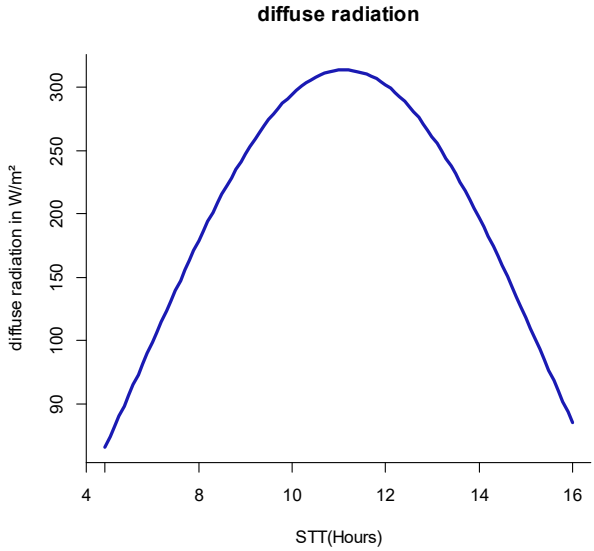


Fig. 9. Diffuse radiation of the model Perrin BRICHAMBAUT model

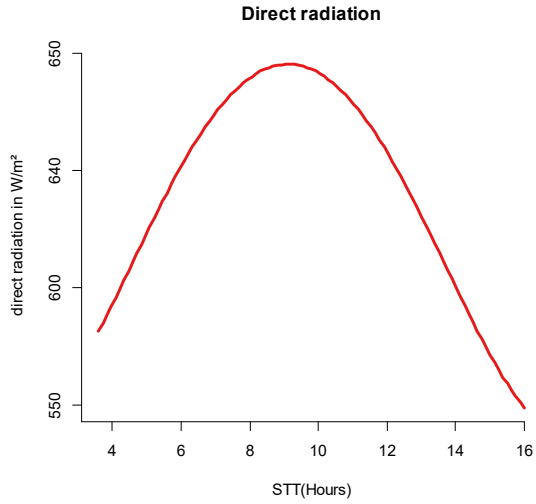


Fig. 10. direct radiation of the model LIU JORDAN model

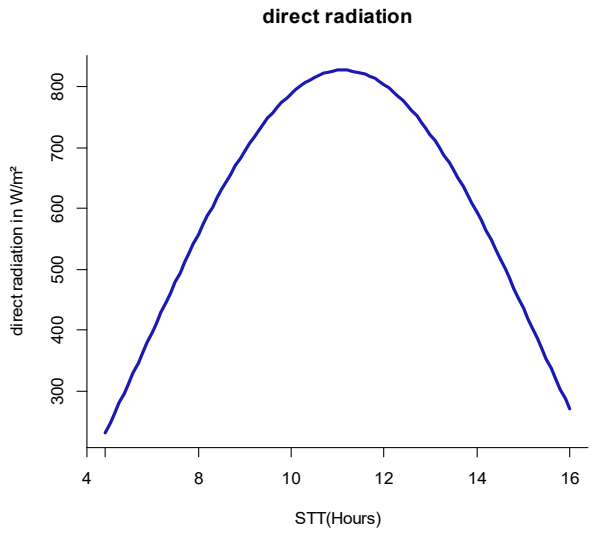


Fig. 11. direct radiation of the model Perrin BRICHAMBAUT model

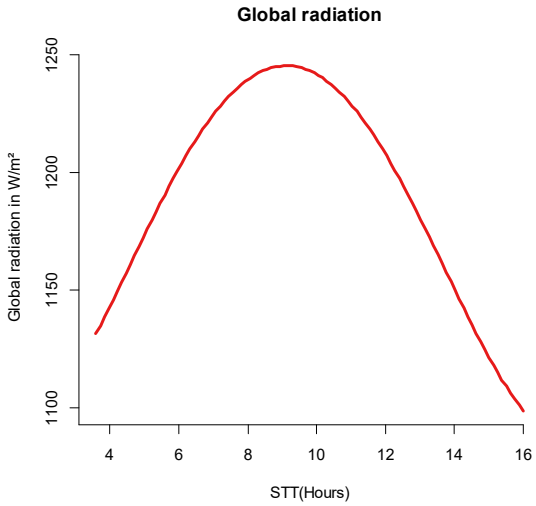


Fig. 12. Global radiation of the LIU JORDAN model

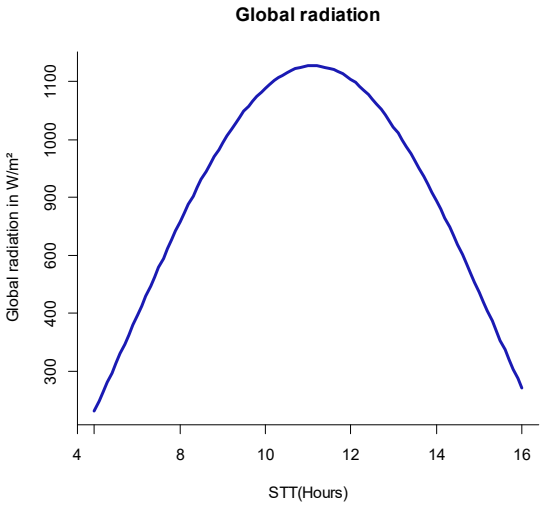


Fig. 13. Global radiation of the Perrin BRICHAMBAUT model

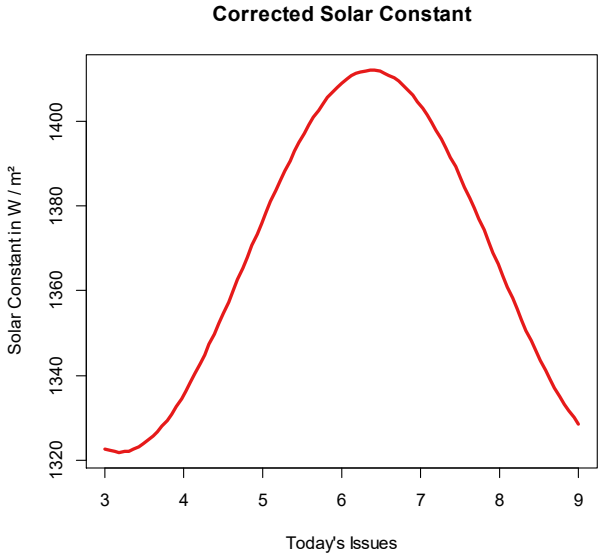


Fig. 14. The corrected solar constant

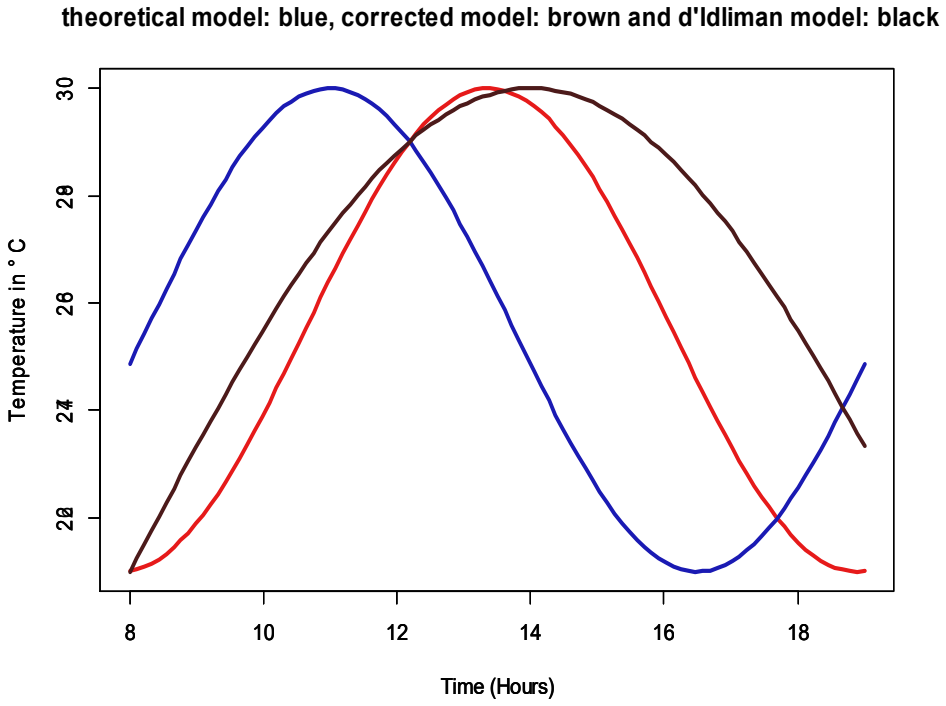


Fig. 15. Temperature profile for According to the number of the day models theoretical, corrected and IDLIMAN

The maximum diffuse sunlight is 340W / m2 (Fig 7), the direct is 850 W / m2 (Fig 9) and the global is 1200W / m2 (Fig 11) for the Perrin BRICHAMBAUT model at 1 pm Solar Time True (TSV). For the LIU JORDAN model, the maximum diffuse radiation (FIG. 6), direct (FIG. 8) and global FIG. 10) are respectively 575 W / m2, 750 W / m2 and 1255 W / m2 at 13:00 TSV. The maximum ambient temperature is 33 °C at 13:00 for the theoretical model which does not correspond to the reality because it does not take into account the thermal inertia of the earth. The maximum ambient temperature is 33 °C at 14:30 (Fig 13) for the theoretical model corrected and that of IDLIMAN which take into account the thermal inertia of the soil. There is a time difference between the global radiation and the maximum temperature. This is explained by the thermal inertia of the soil. The corrected solar constant is simulated by varying the integer N from 1 January to 10 January.

4 CONCLUSION

In this study, deep analyzes of solar irradiation and climatic parameters have been presented on one hand and models of solar irradiation and temperature by semi-empirical approaches are presented, simulated and analyzed on the other hand. These analyzes allowed us to study the theoretical and experimental evolution of the global radiation and these parameters during the period.

After comparing the measured values with those estimated by the different models studied, we can say that the two models of Perrin BRICHAMBAUT and LIU JORDAN give a good estimate of the solar radiation as we met in the literature. The corrected and IDLIMAN models give a correct estimate for ambient temperature compared to the theoretical model.

This study can allow the development of a solar atlas for the city of Zinder according to the different months of the year. The atlas will indicate the values of the quantities to be used for reliable dimensioning of solar energy systems (photovoltaic and photothermal).

This study may be extended to other cities in Niger provided that the measured temperatures and wind velocities are obtained.

ACKNOWLEDGMENTS

We thank the National Solar Energy Center and the National Meteorological Service for their support in experimental data for the development of this study.

REFERENCES

[1] Bruno FLECHE, *review of renewable energies*: solar thermal, solar field, climate data, 1-79, 2005.

[2] Ababacar THIAM, Borethé AZILINON, Vencent SAMBOU, Matar FAYE and Mamadou ADJ, "Theoretical and experimental study of a phase change solar collector", *Journal of Sciences*, vol 9 n°4, 51-61, 2009.

[3] F. Yettou, A. Malek, M. Haddadi and A. Gama, "Study and realization of a test bench for a forced circulation solar water heater in the high plateau region", *Revue des Energies Rouvelables* Vol. 11 (2008).

[4] Ousmane COULIBALY, "Contribution to the development of thermal and energy regulation of buildings in Burkina Faso: Multiparametric baseline data and thermo-aeraulic modeling under CoDyBa and TRNSYS", *Doctoral thesis of the University of Ouagadougou*, 1-201, 2010.

[5] Talal SALEM, "Integration of active solar thermal components in the built structure", *PhD thesis of the National Institute of Applied Sciences of Lyon*, 1-398, 2007.

[6] Z. BENSAID, "Thermal-Solar Heating and Cooling of a Home", *4th International Conference on Computer Integrated Manufacturing CIP*, 1-5, 2007.

[7] BENLAHMIDI Said, "Study of convective drying by solar energy of red products", *PhD in mechanical engineering science from Mohamed Khider-Biskra University*, 1-124, 2013.

[8] HOUHOU HATEM, "Theoretical and experimental study of the solar drying of certain agro-alimentary products", *memory of magister of the Mohamed Khider-Biskra University*, 1-93, 2012.

[9] Boumediene TOUATI, "theoretical and experimental study of the solar drying of the leaves of the spearmint (menthaviridis)", *doctoral thesis of the University of Tlemcen*, 1-166, 2008.

[10] S. KARROUTE, "Theoretical and numerical study of torque systems: distiller plane sensor and distiller hot box-sensor". Memory of magister, *MENTOURI University Constantine, faculty of exact sciences department of physics*, 1-130, 2009.

[11] M. Adouane, "study of the reliability of hybrid solar systems in the Sahara", *PhD thesis, National Polytechnic School*, 1-179, 2014.

[12] M. Ndiaye, Z. Nouhou Bako, I.ZERBO A. DIENG, F.I. BARRO and G. SISSOKO., "Determination of the electrical parameters of a photovoltaic cell under monochromatic illumination in frequency modulation, using the Bode and Nyquist diagrams", *Journal des Sciences*, Vol. 8, N° 3, 59 – 68, 2008.

[13] Adrien SALOMÉ, 2012, "Development of a tool for controlling the distribution of solar flux concentrated on a tower receiver: Application to the Themis plant", *PhD thesis of the University of Perpignan*, 1-172, 2012.

[14] J. Hofierka and Marcel Šúri, " the solar radiation model for open source GIS : implementation and applications, proceedings of the open source GIS-GRASS" *users conference, Italy*, 1-19, 2002.

[15] B. Jamil and Naiem Akhtar, "Comparative analysis of diffuse solar radiation models based on skyclearness index and sunshine period for humid-subtropical climatic region of India: A case study", *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 78, 329-355, 2017.

[16] B. Jahani, Y. Dinpashoh and Atefeh Raisi Nafchi "Evaluation and development of empirical models for estimating daily solar radiation", *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 73, 878-891, 2017.

[17] D. Yang, "Solar radiation on inclined surfaces: Corrections and benchmarks", *Solar Energy* 136, 288-302, 2016.

[18] I.P. Raptis, S. Kazadzis, B. Psiloglou, N. Kouremeti, P. Kosmopoulos and A. Kazamtzidis, "Measurements and model simulations of solar radiation at tilted planes, towards the maximization of energy capture", *energy*, 1-29, 2017.

[19] R. Krishna Lal, Shubham Mishra, J.P. Dwivedi and Harshit Dwivedi, "A Comprehensive Study of the Different Parameters of Solar Still", *Materials Today: Proceedings*, 3572–3580, 2017.

[20] S. KARROUTE, "Theoretical and numerical study of torque systems: distiller plane sensor and distiller hot box-sensor". *Memory of magister, MENTOURI University Constantine, faculty of exact sciences department of physics, 1-130*, 2009.

[21] S. SAADI, ''Effect of operational parameters on the performance of a planar solar collector''. *Memory of magister, MENTOURI Constantine University, faculty of exact sciences department of physics*, 1-180, 2010.

[22] TABET Ismail "Study, Realization and simulation of a solar collector", *PhD thesis of the University of the Mentouri Constantine Brothers*, 1-179, 2016.

[23] C.Zidani, F. Benyarou and B.enyoucef, "simulation of the apparent position of the sun and estimation of incident energies on a plane sensor for the city of Tlemcen in Algeria", *Renewable Energy*, Vol6,2003.

[24] A.BAIG, P.AKHTER and A.MUFTI, "A novelapprocch to estimate the clear day globalradiation", *Renewable Energy*, Vol.1, 1991.

[25] EL, H.Ardam, M. EL, Hammouti and H.Ezbakhe, "Determination of correlations of solar measured in Tetouan", *Renexable Energy*, Vol. 2, 1992.

[26] A. MECHAGRANE, M. CHAOUI-ROQUAII, J. BURET-BAHRAOUI, "Model estimation of global solar irradiation of a horizontal surface on the ground) from satellite images", *Physics Journal* III, Vol.3, 1993.

[27] A. MOUMMI, N. HAMANI, Moummi and Z. MOKHTARI, "Estimation of solar radiation by two semi-empirical approaches in the Biskra site", *8th International Seminar on Energetic Physics*, University Center of Béchar-Algérie, 2006.
[28] M. CAPDEROU "Solar Atlas of Algeria", *Theoretical and Experimental Models, Office of University Publications*, Volume 1, Vol 1 and 2, 1987.
[29] Foued CHABANE, “Modeling of the parameters of the thermal conversion of solar energy”, *PhD thesis of the Mohamed Khider-Biskra University*, 1-222, 2013.

International Journal of Innovation and Applied Studies
ISSN 2028-9324 Vol. 27 No. 1 Aug. 2019, pp. 323-336
© 2019 Innovative Space of Scientific Research Journals
http://www.ijias.issr-journals.org/

Différenciation morphologique entre deux souches naturelles et une souche cultivée du tilapia du Nil *Oreochromis niloticus* (Linnaeus, 1758) au Sud-Kivu, RD Congo

[Morphological differentiation between two wild and one cultured strains of Nile tilapia *Oreochromis niloticus* (Linnaeus, 1758) in South-Kivu, DR Congo]

John NIHOREYE FAKAGE[1], Pascal MASILYA MULUNGULA[2-3], Pascal ISUMBISHO MWAPU[4], and Freddy OKITAYELA ONAWOMA[5]

[1]Département de Biologie, Institut Supérieur Pédagogique de Bukavu, B.P. 854 Bukavu, RD Congo

[2]Unité d'Enseignement et de Recherche en Hydrobiologie Appliquée, Institut Supérieur Pédagogique de Bukavu, B.P. 854 Bukavu, RD Congo

[3]Centre de Recherche en Hydrobiologie, B.P. 73Uvira, RD Congo

[4]Unité de Recherche en Gestion des Ecosystèmes Humides et Aquatiques, Institut Supérieur Pédagogique de la Gombe. B.P. 3580 Kinshasa, RD Congo

[5]Département de Zootechnie, Faculté des Sciences Agronomiques, Université de Kinshasa. B.P. 117 Kinshasa XI, RD Congo

Copyright © 2019 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: Morphological variation between two wild populations of Nile tilapia *Oreochromis niloticus* from Lake Kivu and Ruzizi River respectively and a breeding strain (Nyakabera strain) of the same species was studied by a multivariate analysis of 21 morphometric characters and 4 meristic characters. Principal component analysis and cluster analysis of morphometric characters showed divergence between populations/strains while the same approach with meristic traits didn't show discrimination between them. These results show that based on the morphometric traits, the two populations of Lake Kivu and Ruzizi River are close to each other and stand out from the Nyakabera strain. The morphological differences thus noted could be due to environmental factors or genetic differences or both combined, in relation to the geography and the life history of these *O. niloticus* populations considered.

KEYWORDS: Intraspecific variation, Lake Kivu, fish farming, morphometrics, multivariate analysis.

RESUME: La variation morphologique entre deux populations sauvages du tilapia du Nil *Oreochromis niloticus* provenant respectivement du lac Kivu et de la rivière Ruzizi et une souche d'élevage (souche Nyakabera) de la même espèce a été étudiée par une analyse multivariée de 21 caractères morphométriques et 4 caractères méristiques. L'analyse en composantes principales et la classification hiérarchique des caractères morphométriques ont montré une divergence entre les populations/souches pendant que la même approche avec les caractères méristiques n'a pas permis une discrimination entre celles-ci. Ces résultats montrent qu'en se basant sur les traits morphométriques, les deux populations du lac Kivu et de la rivière Ruzizi sont proches et se démarquent de la souche Nyakabera. Les différences morphologiques ainsi constatées pourraient être dues à des facteurs environnementaux ou à des différences génétiques ou les deux combinés, en relation avec la géographie et l'histoire de vie ces populations d'*O. niloticus* considérées.

MOTS-CLEFS: Variation intraspécifique, Lac Kivu, pisciculture, morphométrie, analyse multivariée.

Corresponding Author: John NIHOREYE FAKAGE

1 INTRODUCTION

Le tilapia du Nil, *Oreochromis niloticus*, est l'espèce de poisson la plus utilisée en pisciculture tropicale [1]. Sur les 32 pays pratiquant la tilapiaculture en Afrique, *O. niloticus* est utilisé dans 23 pays [2]. La référence [3] signale qu'*O. niloticus* était la principale espèce de poisson cultivée en RD Congo vers les années 1960. Dans la province du Sud-Kivu, le tilapia du Nil est largement utilisé en pisciculture mais il y existe aussi à l'état sauvage dans les principaux hydrosystèmes tels que les lacs Kivu et Tanganyika et la rivière Ruzizi [4]. Ici, les souches d'élevage sont habituellement importées (donc d'origine allochtone) alors que les populations trouvées dans les trois milieux naturels proviennent selon [4] d'une espèce autochtone au lac Kivu. Ces trois populations d'*O. niloticus* sont actuellement isolées par des obstacles physiques le long de la rivière Ruzizi que sont les barrages hydroélectriques de Ruzizi I et Ruzizi II, situés respectivement dans les parties supérieure et moyenne, et les chutes de Ngomo qui séparent la Ruzizi moyenne de la Ruzizi inférieure.

Plusieurs auteurs ([5]; [6]; [7]; [8]; [9]) ont montré que des facteurs comme la séparation géographique, l'origine ancestrale et l'histoire de domestication peuvent être à la base d'une différenciation morphologique entre les populations d'une même espèce de poisson. Les variations morphologiques entre populations d'une même espèce, dont les causes peuvent être d'ordre environnemental ou génétique ([10]; Stan, non publié), se traduisent par des différences dans la croissance et les taux de maturation (reproduction, fertilité) et d'autres aspects physiologiques ([11]; [12]).

La différenciation morphologique des stocks de poissons est habituellement réalisée à travers l'analyse des caractères morphométriques (ayant trait à la forme du corps) et méristiques (structures dénombrables) ([5]). Malgré l'avènement des techniques biochimiques et de génétique moléculaire, réputées plus précises en matière d'étude des variations intra ou interspécifiques, les approches morphologiques continuent à être utilisées avec succès à cette fin, comme on peut le remarquer à travers diverses études récentes ([13; [14] ; [15]; [2]; [16];[17]; [18]; [19]; [7]).

Plusieurs travaux de comparaisons morphologiques entre les populations sauvages et domestiques ont déjà été réalisés pour plusieurs espèces de poissons et dans divers contextes ([14]; [2]; [1]; [20]; [6]; [16]; [21]). Cependant, il y a peu de travaux réalisés sur les différences génétiques ou morphologiques entre les souches d'*O. niloticus* trouvées en milieu naturel et celles exploitées en élevage en RD Congo. La présente étude est ainsi une première qui se penche sur le niveau des variations morphologiques d'*O. niloticus* en conditions naturelles et de captivité au Sud-Kivu. Son objectif est d'analyser les différences morphologiques entre deux souches naturelles (lac Kivu et Rivière Ruzizi) et une souche introduite et largement exploitée en pisciculture dans le Sud Kivu en RD Congo (souche Nyakabera), à l'aide des techniques statistiques multivariées. Les résultats de cette étude s'inscrivent dans une vision consistant à apporter des connaissances sur la diversité et les ressources génétiques d'*O. niloticus* au Sud-Kivu et ensuite exploiter ces connaissances pour contribuer à l'amélioration de la production piscicole.

2 MATERIEL ET METHODES

2.1 SOUCHES DE POISSONS UTILISEES ET ECHANTILLONNAGE

La présente étude se rapporte à trois milieux situés aux alentours de la ville de Bukavu (02° 30'S et 28° 51'E) en Province du Sud-Kivu, en RD Congo : le lac Kivu (bassin de Bukavu), la rivière Ruzizi (en aval du barrage hydroélectrique Ruzizi I) et la station piscicole étatique de Nyakabera (02°28'S et 28°49'E) (Figure 1). Trois populations du tilapia du Nil *Oreochromis niloticus*, dont deux naturelles (Lac Kivu et Ruzizi) et une domestique (Nyakabera), ont ainsi été utilisées pour l'étude. *O. niloticus* est autochtone au lac Kivu et la population d'*O. niloticus* en aval du barrage Ruzizi I, est originaire de ce lac ([4]). La rivière Ruzizi est un affluent du lac Kivu et le barrage Ruzizi I a été érigé en 1958 à 4 km de son exutoire (Lukelwa, non publié). Quant à la souche domestique d'*O. niloticus* utilisée dans cette étude, elle a été introduite en 2005 à Nyakabera depuis la station piscicole de l'Université Nationale du Rwanda de Rwasave à Butare. Elle est à l'origine un mélange de souches égyptienne et ivoirienne, elles-mêmes amenées à Rwasave depuis une station de pisciculture de l'Université d'Auburn (USA) entre 1984 et 1985. Depuis son arrivée à la station de Nyakabera, cette souche est disséminée dans plusieurs contrées des provinces de l'Est de la RD Congo à travers des programmes d'assistance aux paysans pisciculteurs implémentés notamment par les organisations humanitaires ([22]).

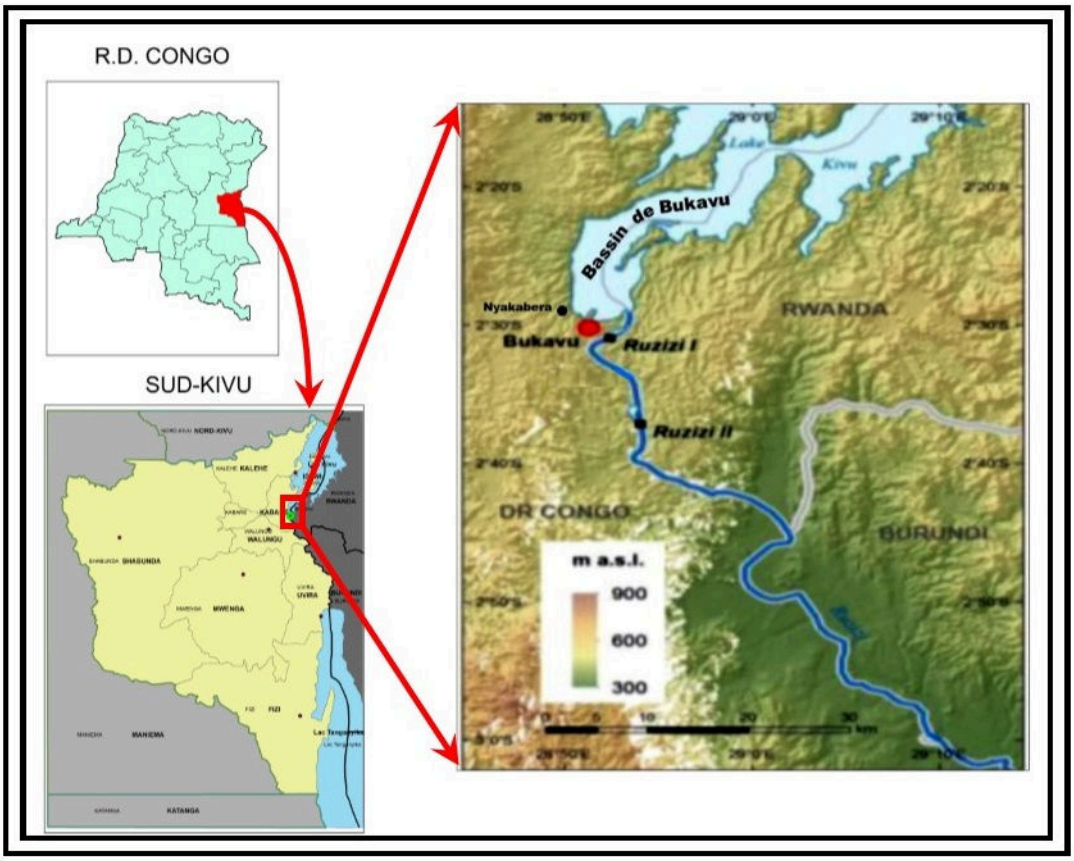


Fig. 1. Localisation des sites d'échantillonnage (adapté de Mazambi, non publié)

Un échantillon de 147 poissons matures dont 50 du Lac Kivu, 50 de la Rivière Ruzizi et 47 des étangs piscicoles de Nyakabera a été collecté entre janvier et juillet 2016. La taille de l'échantillon par souche (naturelle ou domestique) était basée sur la recommandation de [23], selon laquelle un minimum de 25 spécimens est nécessaire pour les analyses morphométriques. Au niveau du lac Kivu et de la rivière Ruzizi, les poissons utilisés provenaient de la pêche à la senne de plage et parfois à la nasse. A la station piscicole de Nyakabera, les spécimens utilisés ont été capturés à la senne dans deux étangs de dérivation en terre, après 6 mois de grossissement. Le sexe des poissons retenus était identifié pour veiller à un équilibre à ce sujet au sein de l'échantillon. Une fois collectés, les poissons étaient aussitôt placés dans des bocaux contenant du formol à 4%.

2.2 COLLECTE DES DONNEES

Un total de 37 mesures morphologiques étaient prises sur chaque spécimen de poisson, incluant 28 caractères morphométriques et 9 caractères méristiques, selon [24]. Le tableau 1 et la figure 2 en donnent les détails. Les mesures morphométriques étaient prises sur le côté gauche du poisson à l'aide d'un pied à coulisse de 0,01 mm de précision. Les poissons étaient disséqués pour le prélèvement de certains organes (arcs branchiaux, os pharyngeal) pour lesquels les comptages ou les mensurations étaient aussi nécessaires.

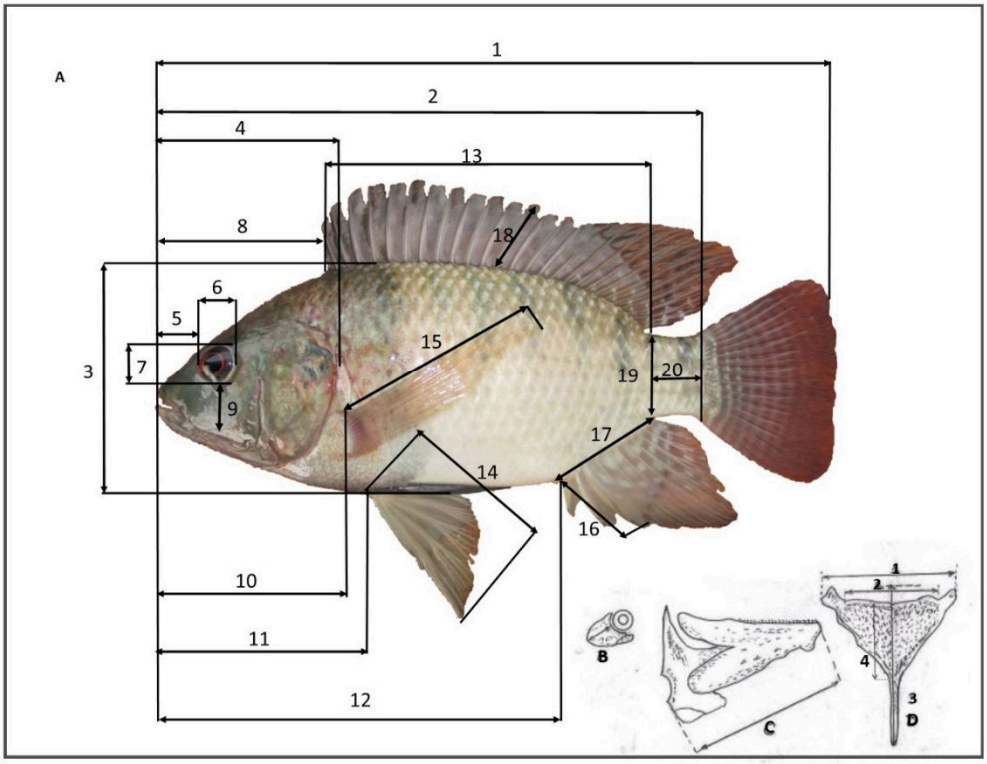


Fig. 2. Diagramme pour les mensurations morphométriques sur O. niloticus (les codes sont définis dans le tableau 1)

Tableau 1. Caractères morphométriques et méristiques d'Oreochromis niloticus utilisés dans cette étude

Code	Caractère	Acronyme	Code	Caractère	Acronyme
Caractères morphométriques					
A1	Longueur totale	TL	A20	Longueur du pédoncule caudal	CPL
A2	Longueur standard	SL	A Non figuré	Largeur interorbitaire	IOW
A3	Hauteur maximale du corps	BH	A Non figuré	Largeur de la tête	HW
A4	Longueur de la tête	HL	B	Longueur de l'os préorbital	POD
A5	Longueur du museau	SnL	C	Longueur de la joue inférieure	LJL
A6	Diamètre de l'œil	EyD	D1	Largeur totale de l'os pharyngien	WPhB
A7	Longueur de l'œil	EyL	D2	Largeur de la zone dentée sur l'os pharyngien	WTPhB
A8	Distance prédorsale	PD	D3	Longueur de l'os pharyngien	LPhB
A9	Hauteur de la joue	ChD	D4	Longueur de la zone dentée sur l'os pharyngien	LTPhB
A10	Distance prépectorale	Ppec	**Caractères méristiques**		
A11	Distance préventrale	Pve	Nombre d'écailles autour du pédoncule caudal		ScCP
A12	Distance préanale	Pan	Nombre de rayons épineux sur la nageoire dorsale		D1
A13	Longueur de la nageoire dorsale	DL	Nombre de rayons mous sur la nageoire dorsale		D2
A14	Longueur de la nageoire ventrale	VL	Nombre total de rayons sur la nageoire anale		A
A15	Longueur de la nageoire pectorale	PL	Nombre total de rayons sur la nageoire ventrale		V
A16	Longueur de la 3^{è} épine sur l'anale	As3L	Nombre de rayons sur la nageoire caudale		C
A17	Longueur de la nageoire anale	AL	Nombre de rayons branchus sur la nageoire anale		Arbr
A18	Longueur de la plus longue épine sur la dorsale	LgDsL	Nombre d'écailles sur la ligne latérale		ScLL
A19	Hauteur du pédoncule caudal	CPH	Nombre de branchiospines sur la partie inférieure du premier arc branchial		GR

2.3 ANALYSE DES DONNEES

En accord avec [25], l'analyse des données a été réalisée séparément pour les caractères morphométriques et méristiques, ces deux types de variables étant différentes aussi bien sur le plan statistique (les premières sont continues tandis que les dernières sont discrètes) que sur le plan biologique (les dernières sont fixées très tôt au cours du développement, pendant que les premières sont plus sensibles à l'environnement).

Pour les caractères méristiques, les analyses ont été faites avec des données brutes étant donné qu'ils sont indépendants de la taille et ne changent pas pendant la croissance ([26]). Les variables morphométriques ont été par contre préalablement transformées par rapport à la taille (%SL pour HL, BH, CPH, CPL, PD, Ppec, Pve, Pan, DL, PL, VL, AL, LgDsL et As3L; et %HL pour HW, EyL, EyD, IOW, ChD, SnL, WTPhB, WPhB, LPhB, LTPhB, POD et LJL, selon [27], comme l'hétérogénéité dans la taille entre différents échantillons peut causer une hétérogénéité dans la forme. Les statistiques descriptives de base telles que la moyenne, l'écart-type et le coefficient de variation ont été calculées pour chaque population sur les données ainsi transformées.

Les données transformées ont été par la suite standardisées avec la taille par la formule allométrique suivante ([23]) : e=log Y-β (log X-log $XSTL$), où e est la variable morphométrique ajustée à la taille, Y est la variable non modifiée, β la pente de régression commune de log Y par rapport à log X (X étant la longueur standard du poisson) et XSTL la longueur standard moyenne commune aux poissons de tous les échantillons. Cette formule d'ajustement a été utilisée avec succès dans plusieurs études récentes ([26] ; [14]; [28]).

L'efficacité de la méthode allométrique ainsi appliquée a été évaluée par le test de signification de la corrélation entre les variables transformées et la longueur standard. L'analyse de la variance univariée (ANOVA) a été réalisée pour chaque caractère afin d'évaluer la différence significative entre les 3 populations. Les caractères morphométriques jugés significatifs ont été utilisés pour l'analyse en composantes principales (ACP). L'analyse de la fonction discriminante (AFD) a été aussi utilisée pour vérifier la classification des membres de chaque population ([29]). Des dendrogrammes ont été construits par une classification hiérarchique suivant la méthode de Ward utilisant la distance euclidienne pour évaluer le degré de similarité entre les populations étudiées ([30]).

La longueur totale et la longueur standard du poisson ont été exclues pour les analyses comme elles avaient été utilisées comme base pour la transformation et que la longueur totale est directement liée à longueur standard ([31]). Les analyses statistiques étaient effectuées à l'aide des logiciels PAST version 3.17 et Excel 2013.

3 RESULTATS

3.1 CARACTERES MORPHOMETRIQUES

Les statistiques descriptives relatives aux caractères morphométriques, exprimés en termes de pourcentage - soit de la longueur standard, soit de la longueur de la tête - de 3 souches d'*O. niloticus* étudiées sont présentées dans le tableau 2.

Tableau 2. ***Statistiques descriptives pour les caractères morphométriques de 3 souches d'Oreochromis niloticus***

	Ruzizi (n = 50)		Lac Kivu (n = 50)		Nyakabera (n = 47)		ANOVA
Caractères	X±SD	CV (%)	X±SD	CV (%)	X±SD	CV (%)	p
HW	55,5 ± 2,9	5,2	55,5 ± 1,9	3,3	55,2 ± 3,2	5,9	0,8696
EyL	21,6 ± 1,4^{ab}	6,6	21,2 ± 1,4^{ab}	6,5	19,2 ± 3,2^{c}	16,7	<0,001
EyD	22,4 ± 2,3^{ab}	10,3	22,1 ± 1,5^{ab}	6,9	19,2 ± 1,5^{c}	7,8	<0,001
IOW	46,7 ± 2,8^{ab}	5,9	47,3 ± 3,1^{ab}	6,5	41,9 ± 2,2^{c}	5,2	<0,001
ChD	33,5 ± 1,6	4,7	33,4 ± 3,1	9,4	32,1 ± 1,1	3,3	0,485
SnL	36,6 ± 1,6^{ac}	4,4	34,6 ± 1,6^{b}	4,1	37,2 ± 1,5^{ac}	4,0	<0,001
WTPhB	24,9 ± 2,3^{ac}	9,1	24,5 ± 1,3^{ab}	5,2	25,5 ± 0,9^{c}	3,6	0,0067
WPhB	30,1 ± 2,2	7,2	30,9 ± 1,4	4,5	30,7 ± 2,2	7,1	0,124
LPhB	32,6 ± 2,7^{a}	8,2	30,4 ± 1,3^{b}	4,4	31,3 ± 1,3^{c}	4,2	<0,001
LTPhB	17,8 ± 1,6^{a}	8,8	14,6 ± 1,8^{b}	8,1	16,1 ± 1,9^{c}	7,4	<0,001
POD	18,9 ± 1,2^{a}	6,4	18,2 ± 1,2^{bc}	8,1	17,9 ± 1,2^{bc}	6,5	<0,001
LJL	59,2 ± 2,9	4,9	59,4 ± 2,3	3,9	59,4 ± 2,9	4,9	0,874
HL	34,2 ± 0,8^{a}	2,4	33,7 ± 0,9^{b}	2,6	35,4 ± 1,3^{c}	3,6	<0,001
BH	41,3 ± 1,8^{ac}	4,2	41,0 ± 1,4^{ab}	3,9	42,0 ± 1,6^{c}	3,9	<0,001
CPH	16,4 ± 0,7^{a}	4,4	15,9 ± 0,6^{bc}	3,2	16,0 ± 0,8^{bc}	4,7	<0,001
CPL	12,9 ± 0,9^{ab}	6,6	12,9 ± 0,8^{ab}	6,0	11,6 ± 0,7^{c}	6,2	<0,001
PD	35,7 ± 1,8^{ab}	5,0	35,6 ±1,1^{ab}	3,0	37,0 ± 3,5^{c}	9,4	0,0042
Ppec	33,2± 1,1^{a}	3,4	31,9 ±1,2^{b}	3,8	34,7 ± 1,7^{c}	5,0	<0,001
Pve	41,1 ± 2,5^{ab}	6,2	40,2 ± 1,4^{ab}	3,5	43,2 ± 1,7^{c}	3,9	<0,001
Pan	73,5 ± 2,4	3,3	74,1 ± 2,0	2,6	74,5 ± 2,5	3,4	0,0947
DL	59,3 ± 1,5^{ac}	2,5	58,2 ± 1,2^{b}	2,1	59,4 ± 1,7^{ac}	2,9	<0,001
PL	41,5 ± 2,3^{ac}	5,6	40,2 ± 2,8^{bc}	6,9	41,1 ± 2,2^{abc}	5,2	0,0254
VL	29,1 ± 1,5^{a}	5,2	28,2 ± 1,8^{b}	6,3	31,9 ± 1,8^{c}	5,7	<0,001
AL	17,0 ± 1,1^{a}	6,3	16,3 ± 0,8^{b}	4,7	18,8 ± 0,8^{c}	4,7	<0,001
LgDsL	14,9 ± 1,0^{a}	6,8	13,6 ± 0,9^{b}	7,0	16,9 ± 0,9^{c}	5,5	<0,001
As3L	15,6 ± 1,4^{a}	8,8	14,4 ± 0,9^{b}	6,4	16,9 ±1,4^{c}	8,2	<0,001

n: taille de l'échantillon ; X: moyenne; SD: écart-type; CV: coefficient de variation.
Les moyennes dans la même ligne portant des lettres différentes en exposant diffèrent significativement (p<0,05).

A l'intérieur de chaque souche, le coefficient de variation est inférieur à 15% pour tous les caractères, sauf pour EyL chez la souche Nyakabera. Les résultats de l'analyse de la variance effectuée indiquent une différence significative ($p < 0,05$) entre les 3 souches pour 21 des 26 caractères analysés (soit 81%). Les 5 caractères qui se sont révélés non distinctifs sont la largeur de la tête (HW), la hauteur de la joue (ChD), la longueur de la joue inférieure (LJL), la largeur de l'os pharyngeal (WPhB) et la distance préanale (Pan). Le test de comparaison multiple HSD de Tukey montre que la souche Nyakabera diffère significativement ($p < 0,05$) des souches Lac Kivu et Ruzizi, respectivement pour 18 caractères (soit 69%) et 16 caractères (soit 62%). Les 2 souches naturelles (Lac Kivu et Ruzizi) ne diffèrent à ce point que par 50% des caractères analysés.

L'analyse de la régression avec la longueur standard n'a montré aucune corrélation significative ($p>0,05$), après standardisation, pour tous les 26 caractères morphométriques étudiés. L'analyse en composantes principales (ACP) effectuée avec les 21 caractères trouvés significatifs montre que les deux premières composantes (CP1 et CP2) expliquent 75,2% de la variance totale dont 68,3% pour la CP1 et 7,9% pour la CP2. En considérant la valeur 0,2 comme seuil, la hauteur du corps (BH) est le caractère le plus influent sur la CP1 tandis que la CP2 est plus influencée par la longueur de l'os pharyngeal (LTPhB et LPhB), la longueur de la plus longue épine dorsale (LgDsL) et la longueur de la 3^{e} épine anale (As3L).Les coefficients factoriels (exprimant les poids des variables sur les composantes) ainsi que la contribution à la variance totale pour les 2 premières composantes sont présentés dans le tableau 3.

Tableau 3. Coefficients factoriels et contribution à la variance totale de CP1 et CP2 pour les caractères morphométriques

	CP1	CP2
% variance	68,3	7,9
HL	0,01703	0,0553
EyL	-0,11774	0,19089
EyD	-0,15357	0,10509
IOW	-0,083383	0,059936
SnL	0,065887	0,19145
BH	**0,94565**	-0,067885
CPH	-0,029881	0,086426
CPL	-0,12721	0,074662
PD	0,012478	0,028881
Ppec	0,033247	0,14499
Pve	0,035001	0,10156
DL	-0,012044	0,042465
PL	-0,017233	0,15532
VL	0,074013	0,12007
AL	0,053953	0,14984
LgDsL	0,13673	**0,31978**
As3L	0,092802	**0,34079**
WTPhB	0,02578	0,17975
LPhB	-0,0097745	**0,28371**
LTPhB	0,012612	**0,65768**
POD	-0,0093338	0,18126

En gras : caractères à haute charge (|>0,2|)

La représentation graphique des scores individuels de la CP1 contre la CP2 pour les caractères morphométriques (Figure 3a) montre une séparation entre les souches naturelles (Lac Kivu et Ruzizi) et la souche domestique (Nyakabera). Les individus des souches Lac Kivu et Ruzizi chevauchent partiellement et sont répartis le long de l'axe de la CP2, ceux du Lac Kivu étant en majeure partie sur le secteur positif et ceux de la Ruzizi sur le secteur négatif. Les individus de Nyakabera sont également répartis le long de l'axe de la CP2, mais à l'opposé de ceux des deux autres souches sur la CP1. Cette discrimination est fortement en lien avec la hauteur du corps (BH) (pour les 2 blocs) et la longueur totale de l'os pharyngeal (LTPhB) (pour Ruzizi vs Lac Kivu).

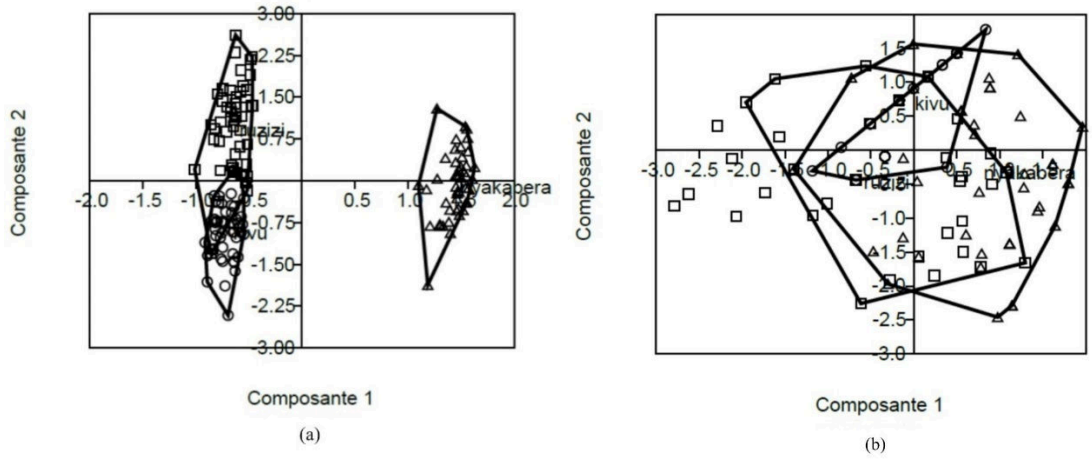


Fig. 3. Diagramme de l'ACP (CP1 par rapport à CP2) de 3 souches d'Oreochromis niloticus. (a) : caractères morphométriques ; (b) : caractères méristiques. Carré = souche Ruzizi; cercle = souche Lac Kivu ; triangle = souche Nyakabera.

Pour l'analyse discriminante, le pourcentage moyen d'individus correctement classés était de 97,28% par rapport aux caractères morphométriques. Pour les souches prises individuellement, le taux de classification correcte était de 100% pour Nyakabera, 98% pour Lac Kivu et 94% pour Ruzizi. Par rapport à la classification hiérarchique, le dendrogramme montre aussi

deux groupes principaux : *O. niloticus* de Nyakabera forme une branche séparée de celle comprenant Lac Kivu et Ruzizi étroitement regroupés (Figure 4).

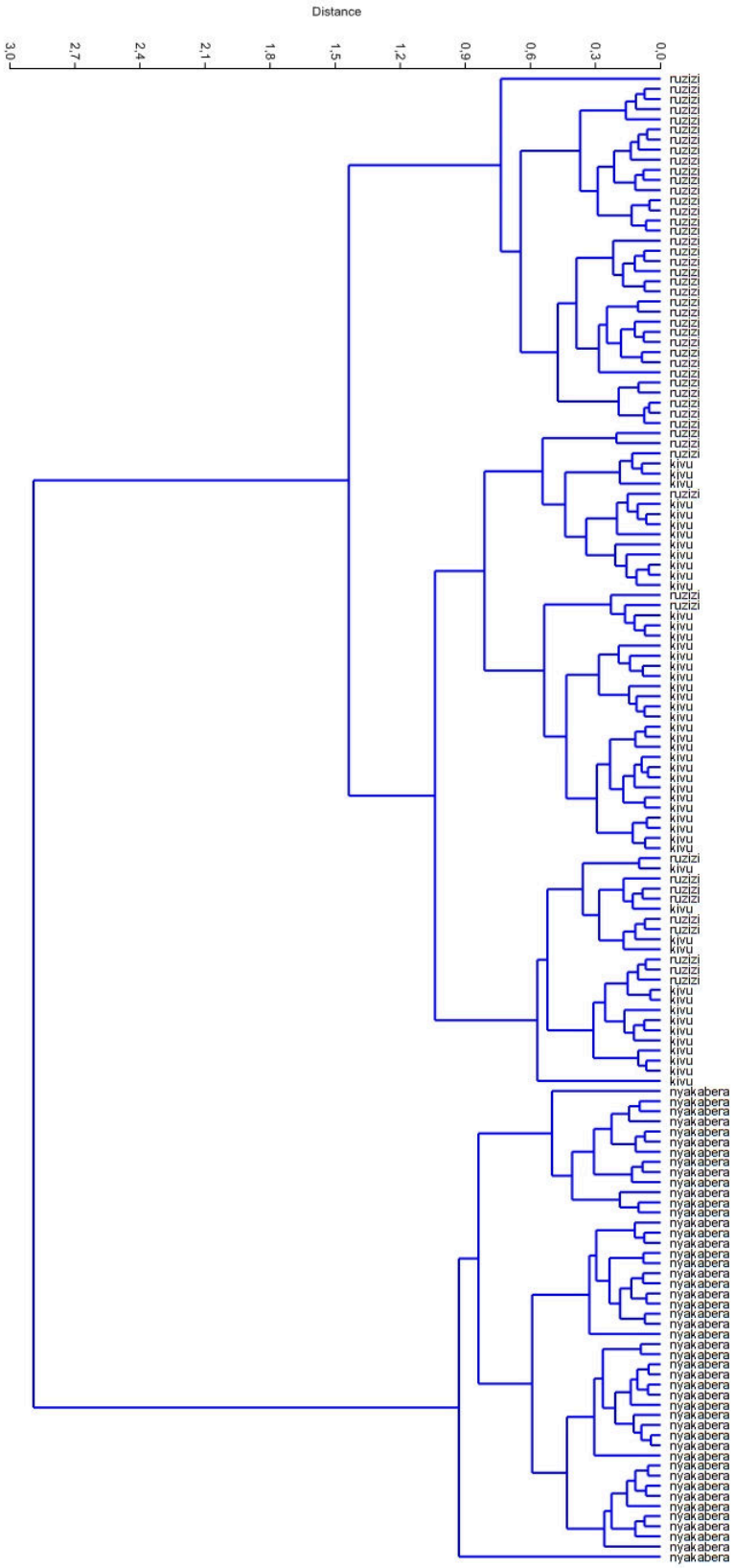


Fig. 4. Dendrogramme de l'analyse de la classification hiérarchique de 3 souches d'Oreochromis niloticus (Lac Kivu, Ruzizi et Nyakabera) basé sur les caractères morphométriques

3.2 CARACTERES MERISTIQUES

Le tableau 4 présente les statistiques descriptives calculées pour les 5 caractères méristiques qui ont montré à première vue une certaine variabilité entre les 3 populations.

Tableau 4. Statistiques descriptives pour les caractères méristiques de 3 souches d'Oreochromis niloticus

	Traits	D1	D2	Arbr	ScLL	GR
Lac Kivu (n = 50)	Min-Max	16-17	12-13	0-0	30-38	26-38
	X ± SD	16,8 ± 0,4^{bc}	12,1 ± 0,1^{b}	0^{b}	33,9 ± 1,6	33,1 ± 2,2^{bc}
	CV %	2,2	1,2	0,0	4,8	6,7
Nyakabera (n = 47)	Min-Max	16-18	11-13	0-7	29-37	28-36
	X ± SD	16,9 ± 0,6^{bc}	12,5 ± 0,7^{c}	3,1 ± 2,3^{c}	34,5 ± 1,6	32,1 ± 1,9^{abc}
	CV %	3,7	5,5	75,8	4,7	5,9
Ruzizi (n = 50)	Min-Max	16-17	10-13	0-6	29-38	28-36
	X ± SD	16,4 ± 0,5^{a}	11,4 ± 0,8^{a}	1,7 ± 2,2^{a}	33,8 ± 1,2	31,5 ± 2,2^{ac}
	CV %	3,0	7,1	126,0	5,9	7,0
ANOVA	p	<0,001	<0,001	<0,001	0,1786	<0,001

n: taille de l'échantillon ; X: moyenne; Min-Max: minimum et maximum ; SD : écart-type ; CV : coefficient de variation.
Les moyennes dans la même colonne portant des lettres différentes en exposant diffèrent significativement (p<0,05).

Par rapport à ces caractères, la variation intra-population est faible (CV<15%) dans les 3 groupes, à l'exception du nombre des rayons branchus sur la nageoire anale (Arbr) pour Nyakabera et Ruzizi. Aucun rayon branchu n'a été observé sur la nageoire anale chez *O. niloticus* du lac Kivu alors qu'on en a compté jusqu'à 6 ou 7 dans les deux autres souches. Par ailleurs, la variation est significative (p<0,001) entre les 3 souches sauf pour le nombre d'écailles sur la ligne latérale (ScLL). La comparaison des souches deux à deux montre que Nyakabera diffère significativement (p<0,001) de Ruzizi et de Lac Kivu respectivement par 3 et 2 caractères. Les deux souches naturelles (Ruzizi et Lac Kivu) diffèrent entre elles par les 4 caractères méristiques trouvés significatifs (D1, D2, Arbr et GR).

Pour l'ACP réalisée avec les 4 caractères significatifs susmentionnés, les 3 premières composantes contribuent à 85,1% à la variance totale, avec respectivement 37,1%, 26,0% et 22,0%. Les caractères les plus significatifs sur ces 3 composantes sont le nombre des rayons mous sur la nageoire dorsale (D2) à la CP1, le nombre des rayons épineux sur la nageoire dorsale(D1) et le nombre des rayons branchus sur la nageoire anale (Arbr) sur la CP2 et le nombre des rayons épineux sur la nageoire dorsale(D1) et le nombre des branchiospines sur la partie inférieure du premier arc branchial (GR) sur la CP3 (Tableau 5).

Tableau 5. Coefficients factoriels et contribution à la variance totale des CP1, CP2 et CP3 pour les caractères méristiques

	CP 1	CP 2	CP 3
% variance	37,1	26,0	22,0
D1	0,33509	**0,65772**	**0,63071**
D2	**0,66737**	-0,12191	0,050786
Arbr	0,49163	**-0,63495**	0,18603
GR	0,44793	0,3865	**-0,75168**

En gras : caractères à haute charge (|>0,6|)

Le graphique de l'ACP de la CP1 contre la CP2 pour les 4 caractères méristiques significatifs (Figure 3b) montre un important chevauchement des 3 populations, avec une dispersion des individus sur les parties négatives et positives de deux axes. La classification hiérarchique (Figure 5) confirme cette tendance à la dispersion.

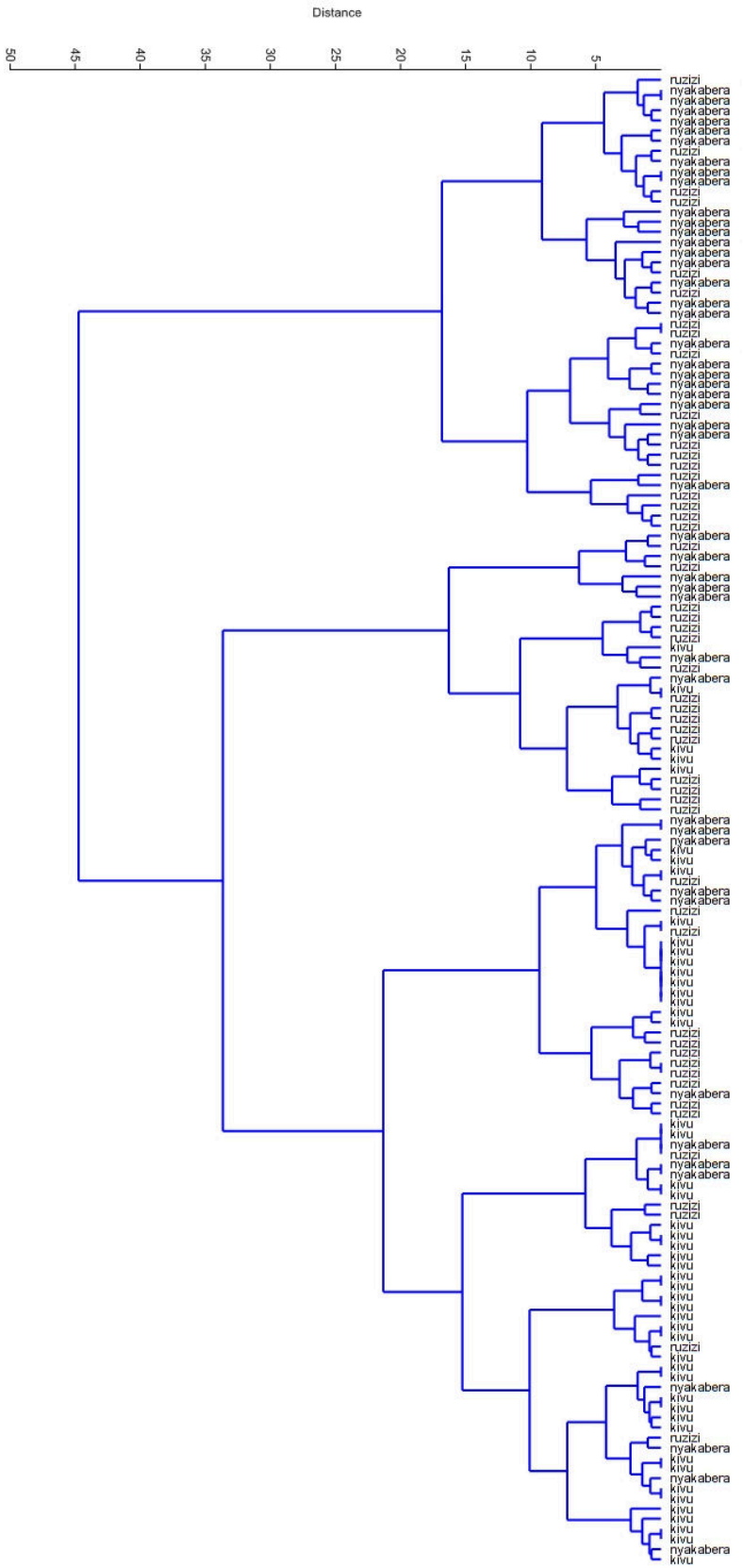


Fig. 5. Dendrogramme de l'analyse de la classification hiérarchique de 3 souches d'Oreochromis niloticus (Lac Kivu, Ruzizi et Nyakabera) basé sur les caractères méristiques.

4 DISCUSSION

Dans cette étude, les valeurs du coefficient de variation inférieures à 15%, pour presque tous les caractères morphométriques et méristiques examinés dans les 3 populations d'*Oreochromis niloticus*, indiquent une faible variabilité morphologique, en référence au seuil pratique en matière de dispersion statistique. Ce qui traduit une homogénéité à l'intérieur de chacune de ces populations. En accord avec [32], ce résultat s'expliquerait par le fait que chaque échantillon a été constitué à partir de poissons qui, pour la souche d'élevage, sont de même cohorte et, pour les souches naturelles, vivent dans le même milieu et donc soumis à des conditions environnementales identiques.

Les résultats obtenus à la suite de la comparaison des échantillons de 3 populations caractère par caractère par l'ANOVA a montré que celles-ci sont significativement différentes par 21 sur 26 caractères morphométriques et 4 sur 5 caractères méristiques. Par rapport à cette analyse, pour les 26 caractères morphométriques, la souche Nyakabera (d'élevage) se différencie de souches Lac Kivu et Ruzizi (naturelles) respectivement par 69% et 62% de ces caractères alors que ces deux dernières souches diffèrent moins fortement entre elles (50% de caractères). Cette observation dénote une importante variation phénotypique entre les 3 populations, variation dont le sens est beaucoup plus mis en évidence par les caractères morphométriques. Cette tendance est nettement ressortie par l'ACP puis par l'analyse par groupes (clusters) des données morphométriques et méristiques. L'ACP, selon [33], a comme but de réduire un nombre important de variables initiales en un petit nombre de variables dérivées ou composantes qui résument adéquatement l'information et peuvent être utilisées pour une analyse plus approfondie. Une telle approche multivariée a l'avantage majeur de tenir en compte directement la covariation des paramètres morphologiques dans l'analyse de la variation, contrairement à l'analyse univariée qui masque une grande part de la variation morphologique ([2]). L'application de l'ACP tout comme l'analyse par groupes sur les données de cette étude a ainsi montré qu'effectivement c'est par les caractères morphométriques (et non méristiques) que la souche Nyakabera se distingue nettement de souches du Lac Kivu et de la Rivière Ruzizi (Figures 3, 4 et 5).

Certaines études portant sur la comparaison des variations morphologiques chez les poissons ([34]; [14]) ont trouvé que les caractères morphométriques sont plus convenables que les caractères méristiques pour une bonne discrimination des populations au sein des espèces. Ce faible pouvoir de résolution des traits méristiques pourrait être mis en relation avec le fait qu'ils sont beaucoup plus conservateurs et nécessitent pour changer une période de temps plus longue ([35]).

Des cas de variations morphométriques entre des populations naturelles et domestiques ont été rapportés tant pour *O. niloticus* que pour d'autres espèces de poissons dans d'autres contextes. On peut citer entre autres, pour *O. niloticus*, les études de [36] au Mexique, [37] en Colombie ; pour *Clarias gariepinus*, [16] et [38] au Nigeria ; pour *Cichlasoma festae* à l'Equateur ([21]) et pour *Gobiocypris rarus* en Chine ([14]). En référence aux données de l'ACP réalisée pour les données morphométriques, la hauteur du corps sur la première composante principale et la longueur de l'os pharyngeal, la longueur de la plus longue épine dorsale ainsi que la longueur de la 3^{e} épine anale sur la deuxième composante principale sont les caractères les plus déterminants dans la différenciation observée entre les 3 souches d'*O. niloticus* étudiées.

Après le regroupement qui donne d'une part la souche Nyakabera et d'autre part les souches Lac Kivu et Ruzizi, il apparaît que c'est la hauteur du corps qui est le principal trait distinctif entre les 2 groupes, tandis que la séparation partielle entre Lac Kivu et Ruzizi serait due à la longueur de la zone dentée de l'os pharyngeal. De façon générale, ici c'est la corpulence qui semble être mise en cause mais pour *O. niloticus* en particulier, quelques données de la littérature consultée ([24]; [22];[7]) dénotent que les caractères explicatifs de la différenciation morphologique varient en fonction des caractères morphologiques ciblés comme descripteurs et du type d'approche statistique utilisée.

En tout état de cause, la différenciation entre la souche Nyakabera et les deux souches naturelles et la proximité morphologique entre celles-ci serait en relation d'une part avec des différences dans leurs conditions environnementales et d'autre part avec leur géographie et leur histoire de vie. Il est bien connu que les caractères morphométriques chez les poissons peuvent montrer une grande plasticité par rapport aux différences dans les conditions environnementales telles que les types de proies, la disponibilité alimentaire, la température, la salinité ([39]; [40]; [41];[42; [43]; [44; [7]). Cette plasticité phénotypique permet aux poissons de répondre de manière adaptative aux changements dans l'environnement en modifiant leur physiologie et leur comportement. Ceci conduit à des changements dans leur morphologie, reproduction et survie, lesquels changements atténuent en retour les effets des changements environnementaux ([11]).

Par ailleurs, la différenciation morphométrique observée entre les souches naturelles et d'élevage pourrait être aussi attribuable aux facteurs génétiques ([45]; [15]). Ceci dans la mesure où le phénotype d'un individu est une manifestation de son génotype sous-jacent, tel qu'exprimé dans l'environnement local durant le développement ([46]). Bien que pour certains ([47]; [40];[48]), la détection des différences phénotypiques entre populations ne peut pas habituellement être considérée comme une preuve d'une différenciation génétique, la concordance entre la divergence morphologique et la diversité génétique entre souches sauvage et cultivée d'une même espèce a été vérifiée notamment par [20] avec *O. niloticus* en Egypte et par [38] avec *Clarias gariepinus* au Nigeria. A l'issue d'une approche combinant une analyse morphologique et une analyse

génétique, [38] a trouvé que la souche sauvage, présentant une variation morphométrique plus significative, se caractérise aussi par une grande diversité génétique comparativement à la souche d'élevage. La réduction de la diversité génétique chez les souches d'élevage serait due à des phénomènes tels que la dépression de la consanguinité, l'effet stock fondateur tout comme la dérive génétique ([49]).

La proximité morphométrique observée entre la souche d'*O. niloticus* du lac Kivu et celle de la rivière Ruzizi pourrait s'expliquer par la continuité géographique entre les deux hydrosystèmes, impliquant la similarité de certains facteurs écologiques, mais aussi un passé commun à ces deux souches qui les éloignent de la souche Nyakabera. Les poissons de l'échantillon du lac Kivu utilisés dans la présente étude sont certes séparés de ceux de la rivière Ruzizi par un barrage hydroélectrique mais ils proviennent tous d'un même stock d'origine d'*O. niloticus* trouvé dans le lac Kivu au moment de sa formation ([4]). La souche Nyakabera, évolue depuis des décennies dans des conditions de captivité, comme indiqué plus haut. La relation entre les différences morphométriques entre stocks de poissons et leurs origines géographiques et ancestrales est soulignée par [8]. Cette relation a été illustrée à travers l'étude de [7] qui a observé un lien direct entre la proximité morphométrique de deux populations d'*O. niloticus* et la proximité géographique du lac et de la rivière constituant leurs habitats respectifs. De même, [50], s'intéressant à l'analyse morphométrique de 5 souches génétiquement améliorées d'*O. niloticus* mises au point aux Philippines, a constaté un regroupement de celles-ci en fonction de leurs origines respectives. La même observation a été faite par [51] avec deux souches cultivées d'*O. niloticus* (dénommées CEFRA et Kajjansi), dont les origines lointaines sont situées respectivement en Egypte et aux lacs Victoria et Kyoga.

5 CONCLUSION

Les résultats de cette étude indiquent qu'*Oreochromis niloticus* du lac Kivu et celui de la rivière Ruzizi, dans le tronçon juste en aval du barrage Ruzizi I, sont faiblement différenciés sur le plan morphologique. Ces deux populations naturelles sont par contre à ce point de vue nettement différenciées de la souche d'élevage largement diffusée dans les pisciculturesau Sud-Kivu. Il serait intéressant de vérifier à l'avenir à l'aide des essais zootechniques si cette différence morphométrique, supposée corrélée avec une divergence génétique, n'a pas d'impact sur les performances de croissance et de reproduction.

REFERENCES

[1] S. P. Samaradivakara, N. Y. Hirimuthugoda, R. H. A. N. M. Gunawardana, R. J. Illeperuma, N. D. Fernandopulle, A. D. De Silva, and P. A. B. D. Alexander, "Morphological Variation of Four Tilapia Populations in Selected Reservoirs in Sri Lanka", *Tropical Agricultural Research,* vol. 23 no. 2, pp. 105–116, 2012.

[2] H. A. Hassanien, E. A. Kamel, M.A. Salem, and A.S. Dorgham, "Multivariate Analysis of Morphometric Parameters in Wild and Cultured Nile Tilapia *Oreochromis niloticus", Journal of the Arabian Aquaculture Society*,vol. 6, no. 2, pp. 237–250, 2011.

[3] J.-C. Micha, " La pisciculture dans le bassin du Congo : passé, présent et futur", USTHB-FBS-4th International Congress of Populations & Animal Communities "Dynamics & Biodiversity of terrestrial & aquatic Ecosystems""CIPCA4"TAGHIT (Bechar) – ALGERIA, pp. 19-21, 2013.

[4] J. Snoeks, L. De Vos, and D.F.E.Thys van den Audenaerde, "The ichthyogeography of Lake Kivu", *South African Journal of Science,* vol. 93, pp. 579-584, 1997.

[5] C. Turan, "Stock identification of Mediterranean horse mackerel (*Trachurus mediterraneus*) using morphometric and meristic characters",*ICES Journal of Marine Science*, vol. 61, pp. 774-781, 2004.

[6] O. Fagbuaro, J. A. Oso, M. B. Olurotimi, and O. Akinyemi, "Morphometric and Meristic Characteristics of *Clarias gariepinus* from Controlled and Uncontrolled Population from Southwestern Nigeria", *Journal of Agriculture and Ecology ResearchInternational*, vol. 2, no. 1, pp. 39-45, 2015.

[7] T. O. Amoussou, A. Toguyeni, T. I Imorou, A. Chikou, and A. K. I. Youssao, "Analysis of Morphological Parameters of Wild Populations of *Oreochromis niloticus* (Linnaeus, 1758) of the Three Hydrographic Basins of Southern Benin", *European Journal of Academic Essays*, vol. 4, no. 1, pp. 1-11, 2017.

[8] M. A. R. Hossain, M. Nahiduzzaman, D. Saha, M. U. Habiba Khanam, and M. S. Alam, "Landmark-Based morphometric and meristic Variations of the Endangered Carp, Kalibaus *Labeo calbasu*, from Stocks of Two Isolated Rivers, the Jamuna and Halda, and a Hatchery", *Zool. Stud.*, vol. 49, pp. 556-563, 2010.

[9] C. Kara, A. Alp, and M.E. Gürlek, "Morphological Variations of the Trouts (*Salmotrutta* and *Salmo platycephalus*) in the Rivers of Ceyhan, Seyhan and Euphrates, Turkey", *Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences,* vol.11, pp. 77-85, 2011.

[10] H. N. Cabral, J. F. Marques, A. L. Rego, A. I. Catarino, J. Figueiredo, and J. Garcia, "Genetic and morphological variation of *Synaptura lusitanica* Capello, 1868, along the Portuguese coast", *Journal of Sea Research*, vol. 50, pp. 167-175, 2003.

[11] S. C. Stearns, "A natural experiment in life-history evolution: field data on the introduction of mosquitofish (*Gambusia affinis*) to Hawaii", *Evolution*, vol. 37, pp. 601-617, 1983.
[12] A. Meyer, "Phenotypic plasticity and heterochrony in *Cichlasoma managuense* (Pisces, Cichlidae) and their implication for speciation in cichlid fishes", *Evolution*, vol. 41, pp. 1357-1369, 1987.
[13] I. T. Omoniyi, and A. O. Agbon, "Morphometric Variations in *Sarotherodon melanotheron* (Pisces: Cichlidae) from Brackish and Fresh Water Habitatsin South-western Nigeria", *West African Journal of Applied Ecology,* vol. 12, pp. 101-105, 2007.
[14] Y. Shao, J. Wang, Y. Qiao, Y. He, and W. Cao, "Morphological Variability Between Wild Populations and Inbred Stocks of a Chinese Minnow *Gobiocypris rarus", ZOOLOGICAL SCIENCE*, vol. 24, pp. 1094–1102, 2007.
[15] B. Adépo-Gourène, etG. Gourène, "Différenciation morphologique des populations naturelles d'une sous-espèce de tilapia *Sarotherodon melanotheron melanotheron* Rüppell, 1852 (Teleostei ; Cichlidae) de Côte d'Ivoire», *Sciences & Nature,* vol. 5, no. 1, pp. 15 – 27, 2008.
[16] S. O. Solomon, V. T. Okomoda, and A. I. Ogbenyikwu, "Intraspecific morphological variation between cultured and wild *Clarias gariepinus* (Burchell) (Clariidae, Siluriformes)", *Arch. Pol. Fish*, vol. 23, pp. 53–61, 2015.
[17] M. Mwanja, C. Ondhoro, M. Sserwada, P. Achieng, R. Ddungu, and W. Mwanja, "Morphological variation of Nile tilapia populations from major water bodies of Uganda", *Uganda Journal of Agricultural Sciences,* vol. 17, no. 1, pp. 21-32, 2016.
[18] T. Kisekelwa, G. Boden, J. Snoeks, and E. Vreven, "*Marcusenus kaninginii*, a new species of elephant fish from Lowa River basin, Democratic Republic of the Congo (Osteoglossiformes: Mormyridae)". *Ichthyol. Explor. Freshwaters*, vol. 26, no. 4, 341-352, 2016.
[19] T. C. Ndiwa, D. W. Nyingi, J. Claude, and J. F. Agnèse, "Morphological variations of wild populations of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) living in extreme environmental conditions in the Kenyan Rift-Valley", *Environ Biol Fish*, vol. 99, pp. 473–485, 2016.
[20] S. Y. El-Zaeem, M. M. M. Ahmed, M.E-S. Salama, and W.N. Abd El-Kader, "Phylogenetic differentiation of wild and cultured Niletilapia (*Oreochromis niloticus*) populations based on phenotype and genotype analysis", *African Journal of Agricultural Research*, vol. 7, no. 19, pp. 2946-2954, 2012.
[21] M. A. González, J. M. Rodriguez, E. Angón, A. Martínez, A. Garcia, and F. Peña, "Characterization of morphological and meristic traits andtheir variations between two different populations (wildand cultured) of *Cichlasoma festae*, a species native to tropical Ecuadorian rivers", *Arch. Anim. Breed.,* vol. 59, pp. 435–444, 2016.
[22] F. J. Nihoreye, R. D. Muzumani, et M. V. Nshombo, "Résultats préliminaires sur la différenciation morphologique des deux souches du tilapia du Nil *Oreochromis niloticus* (Teleostei, Cichlidae) utilisées en pisciculture à l'Est de la R.D. Congo", *Cahier du CERUKI*, Nouvelle série, vol. 39, pp. 192-200, 2009.
[23] J. D. Reist, "An empirical evaluation of several univariate methods that adjust for size variation in morphometric variation", *Canadian Journal of Zoology*, vol. 63, pp. 1429-1439, 1985.
[24] E. J. Vreven, B. Adépo-Gourène, J.-F. Agnèse, and G.G. Teugels," Morphometric and allozyme variation in natural populations and cultured strains of the Nile tilapia *Oreochromis niloticus* (Teleostei, Cichlidae)", *Belg. J. Zool.*, vol. 128, no. 1, pp. 23-34, 1998.
[25] M. Sajina, S. K. Chakraborty, A. K. Jaiswar, and D. Sudheesan, "Morphometric and meristic analyses of horse mackerel, *Megalaspis cordyla* (Linnaeus, 1758) populations along the Indian coast», *Indian J. Fish., vol.* 60, no. 4, pp. 27-34, 2013.
[26] C. Turan, M. Oral, B. Ozturk, and E. Duzgunes, "Morphometric and meristic variation between stocks of Bluefish (*Pomatomus saltatrix*) in the Back, Marmara, Aegean and Northeastern Mediterranean Sea". *Fish. Res*., vol. 79, no. 1-2, pp. 139-147, 2006.
[27] G. Gourène, et G.G. Teugels, "Différenciation morphologique de souches des tilapias *Oreochromis niloticus* et *O. aureus* (Teleostei, Cichlidae) utilisées en pisciculture", *Cybium*, vol. 17, pp. 343-355, 1993.
[28] P. Kashefi, A. Bani, and E. Ebrahimi, "Morphometric and meristic variations between non-reproductive and reproductive kutum females (*Rutilus frisii kutum*, Kamensky, 1901), in the southwest Caspian Sea", *Italian Journal of Zoology*, vol. 79, no. 3, pp. 337-343, 2012.
[29] E. A. Veasey, E. A. Schammass, R. Vencovsky, P. S. Martins, and G. Bandel, "Germplasm characterization of *Sesbania* accessions based on multivariate analyses", *Genet. Resour. Crop. E.*, vol. 48, pp. 79-90, 2001.
[30] Ø. Hammer, D. A. T. Harper, and P. D. Ryan, "PAST: Paleontological Statistics Software Package for Education and Data Analysis", *Palaeontologia Electronica*, vol. 4, no. 1, p. 9, 2001.
[31] Z. Mamuris, A. P. Apostolidis, P. Panagiotaki, A. J. Theodorou, and C. Triantaphllidis, "Morphological variation between red mullet populations in Greece", *J Fish Biol,* vol. 52, pp. 107–117, 1998.
[32] Y. N. Amon, K. Yao, M. Ouattara, Y. C. Kouman, et B. C. Atse, "Morphologie des hybrides issus du croisement intergénérique entre *Oreochromis niloticus* (Linnaeus, 1758) et *Sarotherodon melanotheron* (Rüppell, 1852) ", *Journal of Applied Biosciences*, vol. 69, pp. 5475–5486, 2013.
[33] L. I. Smith, "A Tutorial on Principal Components Analysis", 2002. http://kybele.psych.cornell.edu/<"edelman/Psych-465-Spring-2003/PCA-tutorial.pdf

[34] R. K. Misra, and J. E. Carscadden, "A multivariate analysis of morphometrics to detect differences in populations of capelin (*Mallotus villosus*)", *J. Cons. Int. Expl. Mer.*, vol. 43, pp. 99-106, 1987.
[35] D. Khrystenko, G. Kotovska, and R. Novitskij, "Length-Weight Relationships and Morphological Variability of Black-Striped Pipefish *Syngnathus abaster* Risso, 1827 in the Dnieper River Basin", *Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, vol. 15, pp. 609-618, 2015.
[36] I. D. Barriga-Sosa, M. D. Jiménez-Badillo, A. L. Ibáñez, and J. L. Arredondo-Figueroa, "Variability of tilapias (Oreochromis spp.) introduced in Mexico: morphometric, meristic and genetic characters", *J. Appl. Ichthyol.*, vol. 20, pp. 7–14, 2004.
[37] B. Narváez, A. Acero, and J. Blanco, " Variación morfométrica en poblaciones naturalizadas y domesticadas de la tilapia del Nilo *Oreochromis niloticus* (Teleostei : Cichlidae) en el norte de Colombia », *Revista de la Academia Colombiana de Ciencias*, vol. 29, pp. 383–394, 2005.
[38] E. V. Ikpeme, O. U. Udensi, M. C. Okolo, F. U. Ogban, N. G. Ufford, E. U. Odo, and B.O. Asuquo, "Genetic Relatedness of *Clarias gariepinus* (L.) from Cultured andWild Populations Using Multivariate Analyses", *Asian J. Anim. Sci*., vol. 10, no. 2, pp. 131-138, 2016.
[39] A. E. Dunham, G. R. Smith, and J. N. Taylor, "Evidence for ecological character displacement in western American catostomid fishes", *Evolution*, vol. 33, pp. 877-896, 1979.
[40] F.W. Allendorf, "Conservation biology of fishes", *Conserv. Biol.,* vol. 2, pp. 145-148, 1988.
[41] J. D. Thompson, "Phenotypic plasticity as a component of evolutionary change", *Trends Ecol. Evol.,* 6: 246-249, 1991.
[42] P. H. Wimberger, "Plasticity of fish body shape, the effects of diet, development, family and age in two species of *Geophagus* (Pisces: Cichlidae)", *Biol. J. Linn. Soc.,* vol. 45, pp. 197-218, 1992.
[43] J. F. Agnese, G. G. Teugels,P. Galbusera, R. Guyomard, and F. Volckaert,"Morphometric and genetic characterization of sympatric populations of *C. gariepinus* and *C. anguillaris* from Senegal",*J Fish Biol*., vol. 50, pp. 1143-1157, 1997.
[44] M. A. Tawwab, "Predation efficiency of Nile catfish *Clarias gariepinus* (Burchell, 1822) on fry of Nile tilapia *Oreochromis niloticus* (Linnaeus, 1758): Effects of prey density, predator size feed supplementation and submerged vegetation», *Turkish J Fish Aquatic Sci*., vol. 5, pp. 69-74, 2005.
[45] A. G. Murta, "Morphological variation of horse mackerel (*Trachurus trachurus*) in the Iberia and North African Atlantic: implications for stock identification", *ICES J. Mar. Sci*., 57: 1240-1248, 2000.
[46] D. Jerry, and S. Cairns, "Morphological variation in the catadromous Australian bass, from seven geographically distinct riverine drainages", *Journal of Fish Biology*, vol. 52, pp. 829-843, 1998.
[47] P. E. Ihssen, H. E Booke, J .M. Casselman, J. M. McGlade, N. R. Payne, and F.M. Utter, "Stock identification: Materials and methods", *Can. J. Fish. Aquat. Sci*., vol. 38, pp. 1838-1855, 1981.
[48] S. Tudela, "Morphological variability in a Mediterranean, genetically homogeneous population of the European Anchovy, *Engraulis encrasicolus",Fish. Res.,* vol.42, pp. 229-243, 1999.
[49] L. D. Van Der Walt, F. H. Van Der Bank, and G.J. Steyn, "The suitability of using cryopreservation of spermatozoa for the conservation of genetic diversity in African catfish (Clarias gariepinus)", *Compa. Biochem. Psychol. Part A: Physiol*., vol. 106, pp. 313-318, 1993.
[50] C. V. L. Oponda, B. S. Santos, and Z. U. Basiao, "Morphological differences in five strains of genetically improved Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) using geometric morphometrics", *J. ISSAAS,* vol. 23, no. 1, pp. 44-55, 2017.
[51] K. S. Kambale, "Sélection et amélioration génétique du tilapia en zones tropicales de montagnes : réponse comparée entre populations locales et populations importées", Thèse de doctorat, Presses Universitaires du Graben, Butembo, 207 p., 2012.

International Journal of Innovation and Applied Studies
ISSN 2028-9324 Vol. 27 No. 1 Aug. 2019, pp. 337-350
© 2019 Innovative Space of Scientific Research Journals
http://www.ijias.issr-journals.org/

De l'accès des enfants handicapés à l'éducation dans la ville de Kolwezi en RD Congo

[Access of children with disabilities to education in the city of Kolwezi in DR Congo]

MAVUNGU MAVUNGU Roger

Chef de Travaux, Département de droit privé et judiciaire, Faculté de Droit, Université de Likasi, BP 1825, Likasi, RD Congo

Copyright © 2019 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 Universal Human Rights Declaration, the Convention on the Children Rights and the Convention on the disabled persons Rights recognize an equal right to the enjoyment of the right to education for all valid and handicapped children. This research aims at find out if the handicapped child of Kolwezi in the D.R. Congo actually enjoys this right to education. That is to say the handicapped with access to school. Accessibility to this right has three overlapping dimensions: no discrimination, physical accessibility and affordability. The analysis of the situation showed that handicapped children have little schooling. Only those with less severe disabilities are given the chance to study in regular schools with valid children; those affected severely don't attend school. Their schooling faces specific difficulties, in this case the absence of specialized schools and the high cost of health care or disability. The effective enjoyment of this right to education by the handicapped child of Kolwezi necessitates a synergy of actions of everyone consisting in particular for the parents to accept the handicap of their children and to educate them without discrimination, for the public authorities to organize measures (numbering of all handicapped children with or without schooling, the establishment of specialized schools, and the effectiveness of free education and health care), and for non-governmental organizations to raise awareness among the population the need for the education right of handicapped children.

KEYWORDS: DR Congo, Kolwezi, education right, disabled person, accessibility, specialized school, no discrimination, effectiveness.

RESUME: La déclaration universelle des droits de l'homme, la convention relative aux droits de l'enfant et la convention relative aux droits des personnes handicapées reconnaissent un droit égal de jouissance du droit à l'éducation à tout enfant valide ou handicapé. Cette recherche vise à savoir si l'enfant handicapé de Kolwezi en RDC, jouit effectivement de ce droit à l'éducation, c'est-à-dire l'accès à l'école. L'accessibilité à ce droit a 3 dimensions qui se chevauchent : la non-discrimination, accessibilité physique et l'accessibilité économique. L'analyse de la situation a démontré que les enfants handicapés sont peu scolarisés. Seuls les handicapés affectés moins sévèrement ont la chance d'étudier dans des écoles ordinaires avec des enfants valides ; ceux affectés sévèrement ne fréquentent pas l'école. Leur scolarisation est confrontée à des difficultés spécifiques, en l'occurrence l'absence des écoles spécialisées et le coût élevé de la prise en charge sanitaire ou handicap. La jouissance effective de ce droit à l'éducation par l'enfant handicapé de Kolwezi nécessite une synergie d'actions de tout le monde consistant notamment pour les parents à accepter le handicap de leurs enfants et à les scolariser sans discrimination, pour les pouvoirs publics à mettre en place un train de mesures (recensement de tous les enfants handicapés scolarisé ou non, implantation des écoles spécialisées, et effectivité de la gratuité de l'éducation et des soins de santé) et pour les organismes non gouvernementaux à sensibiliser la population sur la nécessité du droit à l'éducation de ses enfants handicapés.

MOTS-CLEFS: RD Congo, Kolwezi, droit à l'éducation, personnes handicapée, accessibilité, école spécialisée, non-discrimination, effectivité.

Corresponding Author: MAVUNGU MAVUNGU Roger

1 INTRODUCTION

La déclaration universelle des droits de l'homme, en son article premier, dispose que « Tous les êtres humains naissent libres et égaux en dignité et en droit » [1]. Ainsi, tous les êtres humains (hommes, femmes, adultes, enfants, valides, handicapés, etc.) jouissent en toute liberté et égalité de tous les droits humains contenus dans les textes juridiques internationaux et nationaux.

Il est proscrit, dans la jouissance des droits de l'homme, toute discrimination basée sur la race, la couleur, le sexe, la langue, la religion, l'opinion politique ou toute autre opinion, l'origine nationale ou sociale, la fortune, la naissance, l'incapacité, le handicap ou toute autre situation [2][1]. Ainsi, la personne handicapée (homme, femme, enfant), à l'instar de la personne valide, jouit de tous les droits humains, en occurrence le droit à l'éducation.

La personne handicapée est entendue comme toute personne qui présente une ou des incapacités physiques, mentales, intellectuelles ou sensorielles durables dont l'interaction avec diverses barrières peut faire obstacle à la pleine et effective participation à la société sur la base de l'égalité avec les autres [3]. Les personnes handicapées sont réparties en plusieurs catégories, à savoir : sourds-muets et malentendants, aveugles et malvoyants, handicapés moteurs et déficients mentaux.

La personne handicapée doit être socialisée, intégrée dans la communauté locale, nationale dans laquelle elle vit, et y participer pleinement et positivement. L'école est devenue, à côté de la famille, un des principaux agents de la socialisation [4].

La convention relative aux droits des personnes handicapées, en son article 24, garantit le droit de toute personne handicapée (y compris l'enfant handicapé) à l'éducation. Ainsi, elle recommande aux Etats parties, en l'occurrence la République Démocratique du Congo [5], de prendre des mesures relatives à l'identification et à l'élimination des obstacles à l'accessibilité à ce droit à l'éducation.

Cependant, en dépit de ces divers instruments juridiques internationaux et nationaux, les personnes handicapées continuent d'être confrontées à des obstacles à leur participation à la société en tant que membres égaux de celle-ci et de faire l'objet de violations des droits de l'homme dans toutes les parties du monde [6]. L'enfant handicapé éprouve d'énormes difficultés pour jouir de son droit à l'éducation à divers niveaux : accès aux écoles, frais scolaires, programmes et langue d'enseignement.

Il se pose avec acuité le problème de l'effectivité de ce droit garanti à l'enfant handicapé, notamment en termes d'accessibilité à celui-ci. L'accessibilité revêt trois dimensions qui se chevauchent : non-discrimination, accessibilité physique et accessibilité économique [7].

La présente étude s'interroge sur l'effectivité de l'accessibilité de l'enfant handicapé au droit à l'éducation dans la ville de Kolwezi, en R.D. Congo. Elle couvre la période allant du 07 juillet 2013, date de la promulgation de la Loi n° 13/024 du 7 juillet 2013 autorisant l'adhésion de la R.D. Congo à la convention relative aux droits des personnes handicapées et protocole facultatif, au 31 décembre 2018, date à laquelle nous avons bouclé nos recherches.

Pour collecter les données essentielles de notre étude, nous avons consulté les documents officiels, recouru aux interviews et entretiens avec des personnes handicapées et différents acteurs du système éducatif. Les données recueillies nous ont permis de structurer notre étude en deux parties consacrées respectivement au cadre législatif de la personne handicapée, et à la situation réelle des enfants handicapés en rapport avec l'accessibilité au droit à l'éducation dans la ville de Kolwezi.

[1] Convention concernant la lutte contre la discrimination dans le domaine de l'enseignement de l'UNESCO (1960), http://ork.lu/index.php/fr/droit-enfant-fr/les-textes-internationaux/333-1966-pacte-international-relatif-aux-droits-economiques-sociaux-et-culturels, consulté le 29/10/2018

Art 2, paragraphe 2, du Pacte International relatif aux droits économiques, sociaux et culturels, in Instruments internationaux et régionaux relatifs aux droits de l'homme ratifiés par la République Démocratique du Congo, Journal Officiel de République Démocratique du Congo, numéro spécial, 5 décembre 2002, p.13.

Art 2, paragraphe 1, de la Convention relative aux droits de l'enfant, in Instruments internationaux et régionaux relatifs aux droits de l'homme ratifiés par la République Démocratique du Congo, Journal Officiel de République Démocratique du Congo, numéro spécial, 5 décembre 2002, p.130

Art 5 de la Convention relative aux droits des personnes handicapées, http/w.w.w.un.org/french/disabilities, consulté le 19/09/2018

2 CADRE LÉGISLATIF DE LA PERSONNE HANDICAPÉE

La personne handicapée s'est personnellement impliquée pour pousser la communauté internationale à mettre sur pied la Convention des Nations Unies relative aux droits des personnes handicapées, qui a été intégrée dans plusieurs législations internes, excepté quelques pays comme la République Démocratique du Congo.

2.1 L'IMPLICATION PERSONNELLE DE LA PERSONNE HANDICAPÉE

Selon le rapport 2012 OMS-Banque Mondiale, plus d'un milliard des personnes dans le monde vivent avec un handicap sous une forme ou une autre, soit 19% de la population mondiale [8]. En R.D. Congo, les personnes handicapées étaient estimées à 13.000.000, soit environ 19% de la population [9].

Les personnes handicapées dans leur diversité, conscients de leur discrimination et leur exclusion sociale, ont cherché à s'organiser en mouvement associatif pour faire pression sur la Communauté internationale et les Etats ont adopté des lois spécifiques en leur faveur.

En 1981, les personnes handicapées, réunies à Singapour, ont mis sur pied l'organisation mondiale des personnes handicapées, en sigle « OMPH » [10]. Le texte constitutif de 1981 a été révisé en 1993. L'objectif de l'OMPH est d'assurer la justice sociale en misant sur l'égalité des chances pour toutes les personnes handicapées.

Ce mouvement associatif des personnes handicapées s'est ramifié dans plusieurs Etats du Monde, en l'occurrence en République Démocratique du Congo. Les différentes associations des personnes handicapées aux niveaux mondial et national ont beaucoup contribué à l'avènement de la convention relative aux droits des personnes handicapées.

En République Démocratique du Congo, le mouvement associatif des personnes handicapées a été déclenché au cours de la décennie 80 du XX^{e} siècle. Ainsi, les personnes handicapées vivant dans l'Ex-zaïre (actuelle République Démocratique du Congo) ont constitué en 1987 des statuts de la Fédération Zaïroise des personnes handicapées, en sigle « FEZAPEHA », qui ont été agréés par l'Arrêté Départemental des Affaires Sociales n° DAS/CAB/CE/014/88 du 23 novembre 1988 portant agrément des activités et services de ladite association [11]. Cet arrêté départemental a été modifié et complété par l'Arrêté ministériel n° MIN.AFF.SOC/CABMIN/010/2001 du 16 février 2001 portant agrément des activités et services et entérinement de ladite fédération, dénommée dorénavant Fédération Congolaise des personnes handicapées (FECOPEHA en sigle) [12].

Le mouvement associatif national s'est disséminé dans toutes les provinces de la République Démocratique du Congo. Ainsi, l'on a assisté à la constitution de la ligue provinciale des handicapés du Katanga (LIPROHAKAT en sigle), qui après le découpage territorial de l'ex-Province du Katanga, a donné lieu à quatre ligues provinciales dont celle du Lualaba dénommée « Ligue Provinciale des personnes vivant avec handicap du Lualaba (LIPROHALU en sigle) », terrain de recherche de la présente étude [13].

Les différentes associations des personnes handicapées aux niveaux mondial et national ont beaucoup contribué à l'avènement de la convention relative aux droits des personnes handicapées.

2.2 DE LA CONVENTION RELATIVE AUX DROITS DES PERSONNES HANDICAPEES

La convention relative aux droits des personnes handicapées est le fruit d'un long processus dont nous allons retracer l'évolution historique et le contenu avant de faire état des efforts fournis par la République Démocratique du Congo en vue de son intégration dans la législation interne.

2.2.1 EVOLUTION HISTORIQUE

La Charte des Nations Unies s'est assignée comme mission principale de maintenir la paix et la sécurité internationale, en s'appuyant notamment sur la protection et la promotion de droits de l'homme ainsi que sur la coopération internationale. Ainsi, elle a chargé l'Assemblée générale entre autres d'encourager le développement progressif du droit international et sa codification [14].

A la suite de la Charte des Nations Unies, plusieurs instruments juridiques portant sur la protection et la promotion des droits fondamentaux de l'homme ont été adoptés, et parmi lesquels, nous pouvons citer : la Déclaration Universelle des droits de l'homme, la Convention concernant la lutte contre la discrimination dans le domaine de l'enseignement, le Pacte international relatif aux droits économiques, sociaux et culturels, la convention internationale sur l'élimination de toutes les

formes de discrimination raciale [15] ; la convention sur l'élimination de toutes les formes de discrimination à l'égard des femmes [16] ; la convention relative aux droits de l'enfant [17].

L'économie de tous ces instruments juridiques internationaux renferme l'idée maîtresse de l'égalité des hommes, femmes et enfants dans la jouissance des droits fondamentaux, et la proscription de toute discrimination basée sur la race, le sexe, l'origine, l'état physique ou autre situation.

Vu la spécificité de la personne handicapée confrontée à plusieurs obstacles (la stigmatisation, l'exclusion sociale, la violation des droits, la croyance religieuse, la négligence en milieu familial, etc.), il y avait impérieuse nécessité qu'un texte spécifique de protection et de promotion des droits des personnes handicapées soit mis sur pied. D'où la convention relative aux droits des personnes handicapées a été adoptée par l'Assemblée générale des Nations Unies en 2006 ; et dont il convient de décortiquer le contenu.

2.2.2 CONTENU DE LA CONVENTION

L'économie générale de la convention relative aux droits des handicapés, et spécialement le droit à l'éducation sont analysés sous cette rubrique.

2.2.2.1 ECONOMIE GÉNÉRALE DE LA CONVENTION

Hormis le préambule, la Convention est axée sur les points suivants :

- L'objet : promouvoir, protéger et assurer la pleine et égale jouissance de tous les droits de l'homme et de toutes les libertés fondamentales par les personnes handicapées et de promouvoir le respect de leur dignité intrinsèque ;
- Les définitions de concepts « communication, langue, discrimination fondée sur le handicap, conception universelle » ;
- Les principes généraux : la non-discrimination, l'égalité des chances, l'accessibilité, la participation et l'intégration pleines et effectives à la société, l'égalité entre les hommes et les femmes;
- Les obligations principales des etats parties, notamment : l'engagement à garantir et à promouvoir le plein exercice de tous les droits de l'homme et de toutes les libertés fondamentales de toutes les personnes handicapées; l'adoption de toutes les mesures appropriées d'ordre législatif, administratif ou autre pour la mise en œuvre des droits reconnus dans la convention, etc. ;
- Le développement de certains principes généraux, concepts clés et droits fondamentaux des personnes handicapées ainsi que la précision de leurs contenus et contours, en l'occurrence : égalité et non-discrimination, sensibilisation, accessibilité, reconnaissance de la personnalité juridique dans des conditions d'égalité, accès à la justice, liberté et sécurité de la personne, droit de ne pas être soumis à la torture ni à des peines ou traitements dégradants, droit de ne pas être soumis à l'exploitation ou à la maltraitance, droit de circuler librement et nationalité, autonomie de vie et inclusion dans la société, mobilité personnelle, liberté d'expression et d'opinion et accès à l'information, respect de la vie privée, respect du domicile et de la famille, éducation, santé, adaptation et réadaptation, travail et emploi, niveau de vie adéquat et protection sociale, participation à la vie politique et à la vie publique, participation à la vie culturelle et récréative[18], etc.

L'accès de la personne handicapée au droit à l'éducation retiendra notre attention.

2.2.2.2 ACCESSIBILITÉ DE LA PERSONNE HANDICAPÉE AU DROIT À L'ÉDUCATION

L'article 24 de la Convention relative aux droits des personnes handicapées reconnaît le droit de celles-ci à l'éducation. De cette reconnaissance découlent les conséquences suivantes pour les personnes handicapées :

- L'accès libre et sans discrimination à l'enseignement, et ce à tous les niveaux (primaire, secondaire et supérieur) ;
- Le bénéfice d'un enseignement primaire inclusif, de qualité et gratuit ;
- L'accompagnement nécessaire pour faciliter leur éducation effective ;
- La facilitation de l'apprentissage du braille, de la langue des signes, etc. ;
- Des aménagements raisonnables pour les personnes handicapées, notamment le recul de l'âge d'inscription à l'école pour les enfants handicapés et la construction des écoles spécialisées pour les aveugles, les sourds-muets, les déficients mentaux, etc.

L'article 4, paragraphe 1, point a, de la convention relative aux droits des personnes handicapées oblige les Etats parties d'adopter des mesures d'ordre législatif pour mettre en œuvre les droits reconnus dans ladite convention. D'où les efforts sont

déployés par la République Démocratique du Congo, Etat partie à ladite convention, afin de se doter d'une loi-cadre relative aux droits des personnes handicapées.

2.3 EFFORTS DÉPLOYÉS PAR LA R.D. CONGO EN VUE DE L'ADOPTION D'UNE LOI-CADRE SUR LES DROITS DES PERSONNES HANDICAPÉES

La loi n°13/024 du 07 juillet 2013 a autorisé l'adhésion de la République Démocratique du Congo à la Convention relative aux droits des personnes handicapées, soit sept ans après son adoption. Et l'instrument d'adhésion a été signé par le Président de la République le 14 septembre 2015, et publié au journal officiel n° 23 du 1er décembre 2015.

En date du 23 septembre 2013, le Ministre en charge des Affaires Sociales-Action Humanitaire et Solidarité Nationale a pris l'arrêté ministériel n°CAB/MIN/AFF.S. AH.SN/169/2013 portant création et organisation du comité de pilotage du processus d'organisation des états généraux sur la situation des personnes vivant avec handicap en République Démocratique du Congo.

Du 2 au 4 juin 2016, les états généraux sur la situation des personnes handicapées ont été organisés à Kinshasa avec comme thème « Tous pour le développement inclusif qui intègre la question du handicap en République Démocratique du Congo. A l'issue desquels, il a été élaboré le plan stratégique quinquennal (2016-2021).

Pour un bon suivi des résolutions, le Ministre en charge des Affaires Sociales-Action Humanitaire et Solidarité Nationale a pris l'Arrêté ministériel n° 350/CAB.MIN/AFF-SAH. SN/2016 du 11 novembre 2016 portant création, organisation et fonctionnement du comité interministériel de suivi de la convention internationale relative aux droits des personnes handicapées et de son protocole facultatif [19].

En effet, les activités ci-après ont été réalisées dans la mise en œuvre de la feuille de route de ce processus, grâce à l'appui du Trésor Public, à travers le Fonds National de la Promotion et de Service Social (FNPSS) :

- Elaboration du protocole de collecte des données sur le handicap dans les 11 anciennes provinces avec le concours technique du gouvernement, de ses partenaires et des Organisations des Personnes Handicapées (OPH) et de l'assistance technique de l'école de santé publique et de l'Institut National de la Statistique ;
- Adoption des outils de collecte des données et la formation des enquêteurs ;
- Revue documentaire sur les textes légaux et réglementaires sur la question du handicap en R.D.Congo ;
- Plaidoyer auprès des Députés Nationaux pour l'adoption de la loi organique portant protection et promotion des personnes handicapées ;
- Production des outils de visibilité pour la sensibilisation de la population sur les états généraux (hymne des états généraux, banderoles, spot publicitaire, etc.) ;
- Traduction en écriture braille de la convention internationale relative aux droits des personnes handicapées et son protocole facultatif pour permettre à nos compatriotes aveugles de s'imprégner aussi de cette convention ;
- Réalisation de l'état des lieux sur la situation des personnes handicapées en R.D. Congo, à travers la collecte des données qualitatives dans les chefs-lieux de 11 anciennes provinces ;
- Réalisation de l'analyse situationnelle sur l'accessibilité des personnes handicapées aux services sociaux de base de qualité et sur le niveau d'offre des services sociaux des institutions nationales étatiques de prise en charge des personnes handicapées [20] ; etc.

Cependant, le projet de loi-cadre nationale portant défense, promotion et protection des droits des personnes vivant avec handicap en D.R. Congo est en souffrance au Parlement dans l'attente de son adoption et de sa promulgation par le chef de l'Etat.

Finalement, quelle est la situation réelle des enfants handicapés eu égard à l'accessibilité au droit à l'éducation ?

3 DE LA SITUATION RÉELLE DES ENFANTS HANDICAPÉS EN RAPPORT AVEC L'ACCESSIBILITÉ AU DROIT À L'ÉDUCATION DANS LA VILLE DE KOLWEZI

Pour cerner le problème de l'accès de l'enfant handicapé au droit à l'éducation, il convient d'abord d'analyser la corporation des personnes handicapées dans la ville de Kolwezi, ensuite dresser un bilan de la scolarisation des enfants handicapés de ladite ville, et enfin, inventorier des obstacles à la jouissance effective de ce droit et suggérer des pistes de solutions.

3.1 DE LA CORPORATION DES PERSONNES HANDICAPÉES DANS LA VILLE DE KOLWEZI

Les personnes handicapées de la province du Lualaba, qui a comme capitale la ville de Kolwezi, sont regroupées au sein de la Ligue Provinciale des personnes vivant avec handicap « LIPROHALU en sigle » qui coïncide avec l'avènement du découpage territorial.

Cette association comprend des antennes dans chaque ville et territoire de la province. Elle coordonne plusieurs micro-associations regroupées suivant divers critères à savoir : la nature du handicap, le sexe, l'âge, le lieu de résidence, etc. Ainsi, dans la ville de Kolwezi, nous pouvons citer les associations suivantes : Association HAADI YA MUNGU (regroupant les aveugles) ; Association des femmes vivant avec handicap pour le développement (A.F.H.D en sigle) ; Association des jeunes handicapés pour le développement (A.J.HA.DE. en sigle); Association de réveil des handicapés pour le développement et l'intégration sociale (A.R.HA.D.I.S. en sigle) regroupant les handicapés du quartier Mutoshi ; Association LEVE-TOI ET MARCHE (ALTM en sigle) regroupant les handicapés du quartier Musonoï.

La LIPROHALU a tenu des états généraux au mois de mai 2016 dans la ville de Kolwezi qui ont été sanctionnés par le procès-verbal du 30/05/2016 [21]. Il a été fait un état des lieux des personnes handicapées sur les points suivants : types des personnes vivant avec handicap ; moralité ; scolarité ; croyance religieuse, embauche et création d'emploi ; transport et infrastructures ; santé et intégration au sein des institutions publiques. Un tableau peu reluisant a été dressé dans ces différents domaines. Ainsi, la LIPROHALU a sollicité l'implication des dirigeants politiques pour la promotion, la défense et la protection des personnes vivant avec handicap en vue d'assurer leur mieux-être.

En décembre 2016, la « LIPROHALU » a présenté un plaidoyer [22] intitulé « Considérations des personnes vivant avec handicap ». Ce plaidoyer contient un chapelet de doléances adressées aux autorités politico-administratives de la Province et du pays, qui portent sur :

- L'éducation de la personne handicapée : améliorer son accès à l'enseignement, notamment l'exonération des frais scolaires ;
- L'emploi : faciliter l'embauche des personnes vivant avec handicap dans les institutions nationales, provinciales et locales par l'application du système de quota ;
- La santé : pourvoir aux besoins sanitaires de la personne handicapée par la création des structures spécialisées en l'occurrence les centres orthopédiques pour les handicapés moteurs, ophtalmologiques pour les aveugles, neuropsychiatriques pour les handicapés mentaux, etc. ;
- Les infrastructures : faciliter l'accès des personnes handicapées aux bâtiments publics, en l'occurrence la création des hôpitaux spécialisés et des écoles d'enseignement spécialisé ;
- L'information : faciliter l'accès des personnes handicapées, notamment des sourds-muets, à l'information par l'usage du langage des signes ;
- L'élaboration d'un budget, qui intègre la réalisation des priorités des personnes handicapées ;
- La justice : l'exonération des frais pour la procédure judiciaire, et application des mesures spécifiques.

Qu'en est-il des différentes recommandations faites en faveur des personnes handicapées surtout des enfants, dans le domaine de l'éducation ?

3.2 DE LA SCOLARISATION DES ENFANTS HANDICAPÉS DE LA VILLE DE KOLWEZI

L'éducation des enfants handicapés nécessite un environnement spécial et approprié.

Pour saisir la situation réelle des enfants handicapés dans le secteur éducatif, un état des lieux doit être fait sur les infrastructures scolaires, le nombre de scolarisés ainsi que sur l'obligation scolaire et la gratuité de l'éducation de base.

3.2.1 DES INFRASTRUCTURES SCOLAIRES ACCESSIBLES AUX ENFANTS HANDICAPÉS

En R.D. Congo, l'enseignement des enfants handicapés peut être assuré soit dans des établissements spécialisés, soit dans des classes spéciales incorporées dans les écoles, ou par intégration des apprenants dans les classes existantes dans des écoles ordinaires à tous les niveaux d'enseignement [23].

A titre de rappel, la corporation des personnes handicapées compte plusieurs catégories liées au type de handicap : handicapés moteurs frappés de déficience de mobilité, sourds-muets et malentendants atteints de déficience auditive, aveugles et malvoyants frappés de déficience visuelle, déficients mentaux paralysés par une déficience intellectuelle.

A Kolwezi, les enfants handicapés moteurs étudient dans les mêmes classes que les élèves valides sans aménagement particulier [24]. Il en est de même des malvoyants et des malentendants. Il n'est pas prévu des enseignants particuliers pour eux. La même situation se présente pour les déficients mentaux atteints d'une déficience intellectuelle moins sévère. En somme, les handicapés moteurs, les malvoyants, les malentendants et les déficients mentaux affectés moins sévèrement sont mêlés aux élèves valides, et disposent de mêmes enseignants.

La ville de Kolwezi ne dispose pas des écoles spécialisées pour les handicapés moteurs, les aveugles et les déficients mentaux [25]. La conséquence de cette situation est que les enfants de ces trois catégories atteints d'un handicap sévère ne fréquentent pas l'école [26].

Cette ville ne compte qu'un seul établissement primaire et secondaire pour les enfants handicapés sourds-muets. Il s'agit de l'école EPHPHATA, établissement public conventionné « protestant », qui organise les niveaux primaire et secondaire. Le secondaire organise le cycle court en coupe et couture en quatre ans.

Quid de l'effectif des enfants handicapés scolarisés dans la ville de Kolwezi ?

3.2.2 DES STATISTIQUES DES ENFANTS HANDICAPÉS SCOLARISÉS À KOLWEZI

La compulsion des documents officiels sur le secteur éducatif, des entretiens et interviews réalisés avec les professionnels de l'éducation et les handicapés renseignent l'absence des statistiques fiables des enfants handicapés scolarisés. Le nombre d'enfants handicapés scolarisés est approximatif, et celui de non scolarisés est presque inconnu.

A Kolwezi, les rapports officiels donnent des statistiques de scolarisation dans la globalité sans spécifier le taux des enfants handicapés scolarisés ou non [27]. A titre exemplatif, l'on a recensé au cours de l'année 2015-2016 un total de 61.972 enfants scolarisés au primaire et 56.868 scolarisés au secondaire sans spécification du nombre d'enfants handicapés scolarisés [28].

Des statistiques non officielles obtenues auprès de la ligue Provinciale des personnes handicapées de la Province du Lualaba montrent que 491 enfants handicapés ont été scolarisés dans la ville de Kolwezi au cours de l'année scolaire 2015-2016. Elles pêchent par l'imprécision sur les catégories d'enfants handicapés scolarisés (Handicapés moteurs, sourds-muets, aveugles, et déficients mentaux) et la répartition par sexe. Aussi, le nombre d'enfants handicapés scolarisés recensés semble être loin de la réalité. Par ailleurs, des statistiques récentes sont absentes.

Les seules statistiques fiables sont celles de sourds-muets scolarisés. En effet, la seule école des sourds-muets « EPHPHATA » de Kolwezi au cours de l'année scolaire 2017-2018, comptait 57 élèves dont 41 en primaire et 16 en secondaire [29]. Sur ce total de 57 élèves, l'on comptait 25 garçons (dont 20 en primaire et 5 en secondaire) et 32 filles (dont 21 en primaire et 11 en secondaire).

Qu'en est-il de l'obligation scolaire et de la gratuité de l'éducation pour les enfants handicapés ?

3.2.3 DE L'OBLIGATION SCOLAIRE ET DE LA GRATUITÉ DE L'ÉDUCATION DE BASE

L'article 5, paragraphe 4, de la Convention relative aux droits des personnes handicapées recommande que des mesures spécifiques soient prises pour accélérer ou assurer l'égalité de facto des personnes handicapées. En R.D. Congo, en matière d'éducation, les enfants handicapés sont soumis aux mêmes dispositions légales que les enfants valides en ce qui concerne l'obligation scolaire et la gratuité de l'éducation de base.

En vertu de l'obligation scolaire, la R.D. Congo, la province du Lualaba et la ville de Kolwezi sont tenus d'implanter des écoles de proximité pour tous les enfants y compris les enfants handicapés [30]. A Kolwezi, seuls les handicapés moteurs, les malentendants et les malvoyants atteints moins sévèrement peuvent avoir la chance d'étudier dans une école du quartier, du fait qu'ils étudient dans les mêmes écoles et classes que les enfants valides. La ville ne dispose pas d'écoles spécialisées pour les aveugles et les déficients mentaux, à l'exception de l'école sourds-muets « EPHPHATA ».

La gratuité de l'éducation de base ne concerne que l'enseignement public, et aucune mesure particulière n'est prévue en faveur de l'enfant handicapé [31]. En dépit de plaidoyers pour l'exonération de tous les frais de scolarité en faveur des enfants handicapés de la ville de Kolwezi, les parents continuent à supporter tous les frais pour l'enseignement privé et l'essentiel des frais pour l'enseignement public, excepté ceux pris en charge par l'Etat (minerval, prime d'assurance scolaire, frais du test national de fin d'études primaires) et ceux prohibés (frais d'inscription, des frais d'admission en classe supérieure, des frais d'évaluation interne, des frais de transport des enseignants, des frais de contrôle des dossiers des finalistes, des frais

d'encadrement des finalistes, des frais d'organisation matérielle de l'examen d'Etat non officiel, la vente d'uniforme par les écoles, les frais de maintenance) [32][2].

Par ailleurs, la scolarisation des enfants handicapés est confrontée à des nombreux obstacles.

4 DES OBSTACLES À L'EFFECTIVITÉ DU DROIT DES PERSONNES HANDICAPÉES À L'ÉDUCATION

Divers obstacles empêchent les personnes handicapées de jouir effectivement du droit à l'éducation. Parmi ceux-ci, nous pouvons épingler les obstacles suivants : les obstacles légaux, culturels, politiques, socio-économiques, et sanitaires.

4.1 OBSTACLES D'ORDRE LÉGAL

La Constitution de la République Démocratique du Congo prévoit qu'une loi détermine les principes fondamentaux concernant la protection des groupes vulnérables [33]. Parmi ces derniers nous avons : les enfants, les femmes, les handicapés, les vieillards. Des lois sont intervenues pour les enfants [34] et les femmes [35]. Par contre, la loi tarde pour les vieillards et les handicapés.

La République Démocratique du Congo a ratifié la convention relative aux droits de la personne handicapée. Cependant, la loi interne pour la mise en application n'est pas encore adoptée et promulguée, et traîne au niveau du parlement, en dépit de nombreux efforts déployés signalés ci-haut.

L'absence de la loi interne ne permet pas d'améliorer la situation vulnérable de la personne handicapée.

4.2 OBSTACLES CULTURELS

Les représentations de la maladie, comme le comportement des malades et de leur entourage sont variables selon les cultures [36]. Les notions de « normal » et de « pathologique » sont aussi relatives [37].

De même, diverses croyances relatives à la maladie et conception des différentes parties du corps et leur rôle dans la nosologie existent dans les tribus africaines [38]. Suivant la croyance magico-religieuse, la maladie (handicap physique, mental, etc…) est expliquée comme une punition divine, une attaque par les mauvais esprits, une conséquence de la transgression d'un interdit [39].

L'arrivée d'un enfant handicapé est rarement une bonne nouvelle dans une famille africaine. Les parents d'enfants handicapés, surtout mentaux, sont souvent stigmatisés, regardés avec compassion ou répulsion, victimes de l'ironie, voire de l'agressivité de l'entourage [40]. Devant cette intolérance, les parents se démobilisent, maltraitent ces enfants, ou les cachent dans les pièces annexes [41].

A Kolwezi, les enfants handicapés scolarisés sont l'objet de stigmatisation et de moquerie de la part de leurs camarades valides. Les parents préfèrent scolariser les enfants valides au détriment des handicapés, qui présentent moins de chance de réussite dans leurs études [42]. Des déficients mentaux sont carrément privés de la scolarisation [43]. Cette démobilisation des parents est aussi aggravée par la situation politique du pays.

4.3 OBSTACLES POLITIQUES

La tourmente politique du pays, jalonnée de guerres et de crises à répétition, n'a pas permis d'asseoir une politique sociale efficace et précise en faveur des personnes handicapées [44]. Le pays doit faire face à plusieurs défis, en l'occurrence la consolidation de la paix, la construction des infrastructures de base (écoles, hôpitaux, routes), etc.

La province de Kolwezi, confrontée également à de nombreux défis, ne dispose pas d'une politique claire et cohérente en matière d'éducation des personnes vulnérables, en général, et des handicapés en particulier. L'assemblée provinciale n'a jamais adopté un édit provincial en matière éducationnelle [45]. Chaque année, le gouverneur de province se contente à

[2] Arrêté provincial n° 2017/Gouv/P.LBA/035 du 21/08/2017 portant fixation des frais scolaires dans les écoles maternelles, primaires, secondaires et professionnelles du Lualaba pour l'année scolaire 2017-2018

répercuter sous forme d'arrêté les instructions du ministre national en charge de l'enseignement primaire, secondaire, et professionnel [46][3]. Par ailleurs, le maire de la ville de Kolwezi n'a pas encore pris un arrêté dans le secteur éducatif [47].

4.4 OBSTACLES SOCIO-ÉCONOMIQUES

La persistance de la crise économique et l'aggravation des conséquences sociales n'ont pas permis des effets escomptés en matière d'éducation.

L'économie congolaise souffre de manque de diversification. Elle est essentiellement basée sur les produits miniers [48]. D'où le budget national respire au rythme des cours des minerais : il augmente quand ils sont hauts, et baisse quand ils chutent. Depuis 2006 à ce jour, le budget national est toujours chiffré en deçà de 10 milliards de dollars américains pour un pays aux dimensions continentales et aux énormes défis.

La ville de Kolwezi n'échappe pas à ce marasme économique. La conséquence immédiate est que le budget alloué au fonctionnement des écoles est dérisoire. A titre illustratif, l'école EPHPHATA des sourds-muets de Kolwezi reçoit mensuellement du gouvernement central à titre de frais de fonctionnement une enveloppe de 45.000 francs congolais, soit l'équivalent de plus ou moins 30 dollars américains [49]. Les enseignants sont obligés d'arrondir leurs salaires en recourant à la prise en charge des parents. Or, la majorité des parents n'ont pas un emploi rémunéré, et évoluent dans le secteur minier informel comme exploitants artisanaux. Les employés du secteur public ou privé touchent de salaires de misère. Beaucoup d'enfants désertent l'école pour l'exploitation artisanale minière.

En plus de ces obstacles, les enfants handicapés font face à des obstacles sanitaires.

4.5 OBSTACLES SANITAIRES

Le handicap constitue en lui-même un obstacle à l'accès à l'éducation. Ainsi le handicap physique est un frein à la mobilité (difficile accès aux moyens de transport pour atteindre l'école) ; l'absence de la vue nécessite une langue spéciale « le braille » et des enseignants spéciaux ; l'absence d'ouïe ou sa réduction appelle aussi une langue spéciale d'enseignement « la langue des signes ».

Leurs soins de santé doivent être pris en charge dans des centres de santé spécialisés. Et dans la ville de Kolwezi, il n'existe pas de centres spécialisés pour les handicapés. En effet, les handicapés physiques, les aveugles et malvoyants, les sourds-muets et malentendants, et les déficients mentaux sont traités dans des formations médicales ordinaires [50].

Pour permettre à l'enfant handicapé de jouir pleinement du droit à l'éducation, il faut arriver à vaincre ou atténuer tous les obstacles sus-évoqués.

4.6 SOLUTIONS ENVISAGÉES POUR L'EFFICACITÉ DU DROIT DE L'ENFANT HANDICAPÉ À L'ÉDUCATION

Pour faciliter les enfants handicapés d'accéder effectivement à l'éducation, des mesures suivantes sont envisageables : l'achèvement de la législation relative aux droits des personnes handicapées, leur recensement et structuration en mouvement associatif, la gratuité de la scolarité et des soins de santé en leur faveur, l'aide sociale à leurs parents ou tuteurs, la construction des écoles et des structures médicales spécialisées, et la sensibilisation de la population pour leur considération.

4.6.1 ACHÈVEMENT DE LA LÉGISLATION RELATIVE AUX DROITS DES PERSONNES HANDICAPÉES

A l'instar des autres pays africains, comme le Burkina Faso [51], il est impérieux que la R.D. Congo adopte et promulgue la loi relative aux droits des personnes handicapées pour se conformer à la convention internationale y relative.

Le projet de loi relative aux droits des personnes handicapées est en souffrance au parlement (Assemblée nationale et sénat). D'où un plaidoyer en faveur de l'adoption et de la promulgation de cette loi doit être fait par toutes les couches de la population auprès du parlement et du président de la République.

[3] Arrêté provincial n° 2017/Gouv/P.LBA/035 du 21/08/2017 portant fixation des frais scolaires dans les écoles maternelles, primaires, secondaires et professionnelles du Lualaba pour l'année scolaire 2017-2018

Une fois la loi adoptée, il faudra parachever l'œuvre par la mise sur pied des arrêtés ministériels d'application. La Province du Lualaba et la mairie de Kolwezi devront envisager respectivement un édit provincial et un arrêté urbain sur des droits des personnes handicapées, et spécialement en matière d'accès à l'éducation.

4.6.2 RECENSEMENT DES PERSONNES HANDICAPÉES

Le recensement de la population congolaise date de plusieurs décennies. Celui des personnes handicapées est quasi-inexistant. En effet, une enquête qualitative de 2012 chiffrait les personnes handicapées en R.D. Congo à 13 millions, soit environ 18% de la population.

A Kolwezi, les handicapés ne sont pas recensés. Ainsi un chiffre global et celui par catégorie d'handicapés demeurent inconnus. La province du Lualaba et la ville de Kolwezi devront disponibiliser des moyens financiers et matériels en faveur des services de l'Etat en charge des Affaires sociales et de l'éducation nationale pour procéder au recensement global et sectoriel des personnes handicapées en prenant en compte l'âge, le sexe, la nature de handicap et le niveau d'études.

Une meilleure prise en charge des personnes handicapées nécessite qu'on ait des statistiques précises, globales et sectorielles pour chaque catégorie d'handicap. A l'issue du recensement, toute personne handicapée devra bénéficier d'une carte d'invalidité délivrée par un représentant du ministère en charge des affaires sociales.

4.6.3 STRUCTURATION DES ENFANTS HANDICAPÉS EN MOUVEMENT ASSOCIATIF

Les mouvements associatifs des personnes handicapées foisonnent à travers le monde et la R.D. Congo. Pour la ville de Kolwezi, l'on peut épingler la ligue des personnes vivant avec handicap de la Province du Lualaba.

Cependant, ces structures pêchent par leur forte bureaucratisation, et l'absence d'intégration des enfants handicapés et surtout de leurs parents. Par ailleurs, ces structures sont en activité dans les centres urbains ; et leur activité quasi-inexistante dans les zones rurales. En outre, elles manquent des moyens de fonctionnement. D'où la R.D. Congo, la province du Lualaba et la ville de Kolwezi doivent mobiliser des moyens financiers et matériels en faveur desdites associations.

Par ailleurs, nous suggérons la mise en place des structures associatives légères [52] : intégrant, hormis les handicapés adultes, les enfants handicapés et leurs parents et même des spécialistes en vue d'obtenir des résultats escomptés.

4.6.4 GRATUITÉ DE LA SCOLARITÉ ET DES SOINS DE SANTÉ, ET DE TRANSPORT

En R.D. Congo, la gratuité de l'enseignement concerne seulement le cycle primaire et les deux premières années du cycle secondaire des établissements publics. Pour les enfants handicapés, nous suggérons une gratuité étendue même aux établissements privés d'enseignement, et à tout le cycle secondaire.

L'Etat devra fournir aux personnes handicapées des soins de santé gratuits ou à un coût abordable, consistant notamment en la fourniture de fauteuils roulants et appareils orthopédiques pour les handicapés moteurs, des mètres cannes pour les aveugles, des prothèses auditives pour les sourds-muets. De même, l'Etat devra pourvoir à la gratuité de transport, et si possible prévoir des moyens adaptés à chaque type d'handicap.

D'où une aide financière et matérielle est envisageable pour les parents des enfants handicapés.

4.6.5 AIDE SOCIALE AUX PARENTS OU TUTEURS DES ENFANTS HANDICAPÉS

L'entretien et l'éducation des enfants handicapés coûtent très chers aux parents ou tuteurs. L'Etat devra allouer une aide matérielle et financière substantielle aux parents et tuteurs des enfants handicapés pour leur permettre de faire face aux frais scolaires et à l'acquisition des équipements médicaux et scolaires appropriés.

Cette aide peut consister soit en l'allocation d'une pension alimentaire mensuelle aux parents ou tuteurs, soit en certaines facilités (gratuité des soins de santé, d'éducation, de transport, etc.), soit une combinaison de deux modalités.

4.6.6 CONSTRUCTION DES ÉCOLES ET STRUCTURES MÉDICALES SPÉCIALISÉES

Certains handicapés, notamment physiques, peuvent étudier dans les mêmes écoles ou classes que les enfants valides. Pour d'autres, comme les aveugles, les sourds-muets, la construction des classes ou des écoles spécialisées s'impose.

La ville de Kolwezi ne compte qu'une seule école spécialisée pour handicapés, en l'occurrence, celle de sourds-muets EPHPHATA. D'où elle devra se doter des écoles spécialisées pour les aveugles, les déficients mentaux dans chaque commune pour les rapprocher des bénéficiaires.

Par ailleurs, la scolarisation de l'enfant handicapé est inséparable du traitement sanitaire de son handicap. En effet, la prise en charge du handicap (le déficit de mobilité, de vision, d'audition et de capacité mentale) facilite l'accès de l'enfant à l'école, et même augmente ses chances de réussite. Ainsi, la ville de Kolwezi devra se doter des centres de santé orthopédiques, ophtalmologiques, neuropsychiatriques, et de traitement de surdité.

4.6.7 SENSIBILISATION DE LA POPULATION EN VUE DE LA CONSIDÉRATION DE LA PERSONNE HANDICAPÉE

Les pouvoirs publics et les organismes non gouvernementaux doivent s'engager à sensibiliser la population sur la considération de la personne handicapée à travers les médias (radio, télévision, presse écrite, etc.).

Cette sensibilisation devra porter sur la vulgarisation des droits des personnes handicapées, notamment :

- La dignité humaine inhérente à tout être humain, y compris les handicapés ;
- L'égalité des droits de toutes les personnes humaines, y compris les handicapés : d'où ils ont droit à l'éducation, à la non-discrimination, etc. ;
- La participation et l'intégration pleines et effectives à la société ;
- Le respect de la différence et l'acceptation des personnes handicapées comme faisant partie de la diversité humaine et de l'humanité, etc.

Les parents devront être sensibilisés aux causes du handicap par des équipes spécialisées composées des médecins, spécialistes de différentes formes de handicap, et des psychologues. Il s'agit d'amener les parents à adhérer à l'explication scientifique; cette approche a l'avantage de dédramatiser et d'orienter les parents vers une meilleure acceptation de la réalité [53]. Par la suite, une attitude bienveillante et rassurante d'écoute et de dialogue peut aider à la verbalisation des craintes, des angoisses, des préoccupations et des attentes parentales [54].

5 CONCLUSION

La présence d'un enfant handicapé en famille est une source de désarroi, de conflit permanent entre parents, qui conduit parfois au divorce. Il est considéré comme un sous-homme, un fardeau pour la famille. Souvent, les parents privilégient les enfants valides au détriment de ceux handicapés. Ils considèrent leur entretien et éducation onéreux. Ils préfèrent envoyer à l'école les enfants valides.

Au quartier, à l'école, les enfants handicapés ne sont pas considérés, objet de rejet. Ce manque de considération suscite en eux les sentiments de repli, de découragement, et de manque de confiance en leurs valeurs intrinsèques.

Pour remédier à cette situation, des instruments juridiques internationaux et nationaux, comme la déclaration universelle des droits de l'homme, le pacte international relatif aux droits économiques, sociaux et culturels, la constitution de la R.D. Congo, garantissent l'égalité de tous les êtres humains (personnes valides et handicapées) dans la jouissance des droits. Ils insistent sur la dignité humaine attachée à tout être humain, qui mérite protection de la part des pouvoirs publics. Ils recommandent aux Etats de garantir l'égalité de chances à toutes les personnes (valides et handicapées) d'accéder à des services sociaux de base, notamment, à la santé, à l'éducation. Par ailleurs, ils proscrivent toute discrimination fondée sur le genre, le handicap ou toute autre situation.

En 2006, les Nations Unies ont adopté la convention relative aux droits des personnes handicapées ratifiée par la R.D. Congo, qui s'emploie à mettre sur pied sa législation nationale en la matière. Et la loi portant protection de l'enfant et la loi-cadre de l'enseignement national garantissent l'accès de l'enfant handicapé à l'éducation.

S'inscrivant sur cette lignée de la législation internationale et nationale, les personnes handicapées se sont regroupées en association en l'occurrence : OMPH (organisation mondiale des personnes handicapées), FECOPEHA (Fédération congolaise des personnes avec handicap), LIPRHOHALU (Ligue Provinciale des personnes vivant avec handicap du Lualaba). L'objectif de tous ces mouvements associatifs est de constituer un groupe de pression auprès des autorités étatiques pour la défense, la promotion et la protection de leurs droits.

En dépit de nombreux efforts fournis tant au niveau international qu'au niveau national, la situation de l'enfant est toujours défavorable dans la ville de Kolwezi. Les enfants handicapés constituent la couche sociale la moins scolarisée ; et à l'intérieur de cette couche, la fille occupe la queue.

Plusieurs obstacles sont à la base de la non scolarisation massive des enfants handicapés, notamment : l'inachèvement de la législation nationale sur les personnes handicapées, la croyance magico-religieuse considérant l'enfant comme une malédiction divine, l'instabilité politique (crises politiques et guerres à répétition), les obstacles socio-économiques (mauvaise gouvernance, chômage, salaires de misère, mauvaises conditions de vie, etc.),et l'absence des infrastructures scolaires et sanitaires spécialisées.

A ces maux, nous préconisons les remèdes suivants :

- L'achèvement de la législation relative aux droits des personnes handicapées (adoption et promulgation de cette loi et la mise sur pied des mesures d'application) ;
- Le recensement des personnes handicapées (constitution des statistiques fiables par catégories) ;
- La structuration des personnes handicapées en mouvements associatifs inclusifs intégrant les enfants handicapés et leurs parents, ainsi que certains spécialistes ;
- La gratuité de la scolarité, de transport et des soins de santé ; l'aide sociale aux parents ou tuteurs des enfants handicapés ; et
- La sensibilisation de la population sur la personne handicapée, sa dignité et ses droits, etc.

Nous pensons que la mise en œuvre de ce train de mesures avec l'appui de tout le monde (famille, gouvernés, gouvernants) permettra de redorer l'image et la dignité de l'enfant handicapé, et facilitera son accès à l'école, sa protection ainsi que son intégration dans la société congolaise.

REFERENCES

[1] Déclaration universelle des droits de l'homme, in Instruments internationaux et régionaux relatifs aux droits de l'homme ratifiés par la République Démocratique du Congo, Journal Officiel de République Démocratique du Congo, numéro spécial, 5 décembre 2002, p.7

[2] Art 2, paragraphe 1, de la Déclaration universelle des droits de l'homme.

[3] Art 1er, paragraphe 2, de la Convention relative aux droits des personnes handicapées http/w.w.w.un.org/french/disabilities, consulté le 19/09/2018.

[4] GALLAND, O., *Sociologie de la jeunesse*, 5e éd., Paris, éd. Armand Colin, 2011, p.93.

[5] Loi n°13/024 du 7 juillet 2013 autorisant l'adhésion de la République Démocratique du Congo à la Convention relative aux droits des personnes handicapées et protocole facultatif, Journal Officiel de République Démocratique du Congo, Première partie-numéro 15, août 2013

[6] Préambule de la convention relative aux droits des personnes handicapées, http/w.w.w.un.org/french/disabilities, consulté le 19/09/2018.

[7] Observation générale n°13 au Pacte international relatif aux droits économiques, sociaux et culturels http://www.concernedhistorians.org/content_files/file/to/193.pdf, consulté le 29/10/2018

[8] Processus des Etats Généraux sur la situation des personnes handicapées en République Démocratique du Congo. Termes de référence et feuille de route, « Tous pour le développement inclusif », Ministère des Affaires Sociales, Action Humanitaire & Solidarité Nationale, République Démocratique du Congo, 2016, p.3

[9] Processus des Etats Généraux sur la situation des personnes handicapées en République Démocratique du Congo. Termes de référence et feuille de route, « Tous pour le développement inclusif », Ministère des Affaires Sociales, Action Humanitaire & Solidarité Nationale, République Démocratique du Congo, 2016, p.3

[10] Constitution de l'Organisation Mondiale des Personnes Handicapées http://dpi.org/document/documents-of-reference/dpi-constitution-french.pdf, consulté le 4/10/2018

[11] Arrêté Département n° DAS/CAB/CE/014/88 du 23 novembre 1988 portant agrément des activités et services de la Fédération Zaïroise des personnes handicapées, en sigle « FEZAPEHA »

[12] Arrêté ministériel n° MIN.AFF.SOC/CABMIN/010/2001 du 16 février 2001 portant agrément des activités et services et entérinement de la Fédération Congolaise des personnes handicapées « FECOPEHA » en sigle.

[13] Statuts de Ligue provinciale des handicapés du Katanga « LIPROHAKAT » et de la ligue provinciale des handicapés du Lualaba « LIPROHALU »

[14] Article 13, paragraphe 1, point a, de la Charte des Nations Unies, in instruments essentiels du droit international humanitaire et des droits de l'homme, Forces Armées de la République Démocratique du Congo, 3e éd., 2009, p.392

[15] Convention internationale sur l'élimination de toutes les formes de discrimination raciale, in Instruments internationaux et régionaux relatifs aux droits de l'homme ratifiés par la République Démocratique du Congo, Journal Officiel de République Démocratique du Congo, numéro spécial, 5 décembre 2002, p.47

[16] Convention sur l'élimination de toutes les formes de discrimination à l'égard des femmes, in Instruments internationaux et régionaux relatifs aux droits de l'homme ratifiés par la République Démocratique du Congo, Journal Officiel de République Démocratique du Congo, numéro spécial, 5 décembre 2002, p.114
[17] Convention relative aux droits de l'enfant, in Instruments internationaux et régionaux relatifs aux droits de l'homme ratifiés par la République Démocratique du Congo, Journal Officiel de République Démocratique du Congo, numéro spécial, 5 décembre 2002, p.130
[18] Convention relative aux droits des personnes handicapées http/www.un.org/french/disabilities, consulté le 19/09/2018
[19] Arrêté ministériel n° 350/CAB.MIN/AFF-SAH. SN/2016 du 11 novembre 2016 portant création, organisation et fonctionnement du comité interministériel de suivi de la convention internationale relative aux droits des personnes handicapées et de son protocole facultatif, Journal Officiel de la République Démocratique du Congo, numéro spécial, 9 mars 2017, p.11
[20] Processus des états Généraux sur la situation des personnes handicapées en République Démocratique du Congo. Termes de référence et feuille de route, « Tous pour le développement inclusif », Ministère des Affaires Sociales, Action Humanitaire & Solidarité Nationale, République Démocratique du Congo, 2016, pp. 8-9
[21] Procès-verbal des travaux sur les états généraux des personnes vivant avec handicap de la Province du Lualaba du 30/05/2016.
[22] Plaidoyer de la LIPROHALU intitulé « Considération des personnes vivant avec handicap » du 12/12/2016, inédit
[23] Art 107 et 108 de la Loi-cadre n°14/004 du 11 février 2014 de l'enseignement national, Journal Officiel de la République Démocratique du Congo, numéro spécial, 19 février 2014.
[24] Entretien avec le directeur de la Province éducationnelle de Lualaba, Monsieur DELPHIN KONAPUNGU PERO, Juillet, 2018
[25] Entretien avec le directeur de la Province éducationnelle de Lualaba, Monsieur DELPHIN KONAPUNGU PERO, Juillet, 2018
[26] Entretien avec le directeur de la Province éducationnelle de Lualaba, Monsieur DELPHIN KONAPUNGU PERO, Juillet, 2018
[27] Rapport final des assises provinciales de promotion scolaire tenues à Kolwezi du 10 au 13 Mai 2016, Province Éducationnelle du Lualaba, Ministère de l'Enseignement Primaire, Secondaire et Initiation à la Nouvelle Citoyenneté, République Démocratique du Congo.
[28] Rapport final des assises provinciales de promotion scolaire tenues à Kolwezi du 10 au 13 Mai 2016, Province Éducationnelle du Lualaba, Ministère de l'Enseignement Primaire, Secondaire et Initiation à la Nouvelle Citoyenneté, République Démocratique du Congo
[29] Données recueillies auprès de la direction de l'école EPHPHATA.
[30] Article 7, point 21, de la Loi-cadre n°14/004 du 11 février 2014 de l'enseignement national, Journal Officiel de la République Démocratique du Congo, numéro spécial, 19 février 2014.
[31] Articles 12, point 1 et 79 alinéa 2 de la Loi-cadre n°14/004 du 11 février 2014 de l'enseignement national, Journal Officiel de la République Démocratique du Congo, numéro spécial, 19 février 2014.
[32] Circulaire n°MINEPSP/CABMIN/001/2017 du 14 juillet 2017 du Ministre national en charge de l'enseignement primaire, secondaire et professionnel sur les frais de scolarité 2017-2018
[33] Article 123, point 16 de la Constitution de la République Démocratique du Congo, modifiée par la loi n° 11/002 du 20 janvier 2011 portant révision de certains articles de la Constitution de la République Démocratique du Congo du 18 février 2006, Journal Officiel de la République Démocratique du Congo, numéro spécial, 5 février 2011
[34] Loi n° 09/001 du 10 janvier 2009 portant protection de l'enfant, Journal Officiel de la République Démocratique du Congo, numéro spécial, 25 mai 2009, p.5
[35] Loi n°15/013 du 1er août 2015 portant modalités d'application des droits de la femme et de la parité, Journal Officiel de la République Démocratique du Congo, numéro spécial, 11 août 2015
[36] EZEMBE, F. *L'enfant africain et ses univers*, Paris, éd. Karthala, 2009, p.211
[37] EZEMBE, F. *L'enfant africain et ses univers*, Paris, éd.Karthala, 2009,p.211
[38] EZEMBE, F. *L'enfant africain et ses univers*, Paris, éd.Karthala, 2009,p.211
[39] EZEMBE F. *L'enfant africain et ses univers*, Paris, éd.Karthala, 2009 p.216
[40] Moctar Seck Amadou, et Lambert Paula, « Prise de conscience parentale à propos du handicap cognitif de l'enfant déficient mental en milieu sénégalais », Séminaire International AFIREM ISPCAN, cité par EZEMBE F. *L'enfant africain et ses univers*, Paris, éd. Karthala, p.223
[41] Barry Sadio, et Coulibaly Modibo, « *Difficultés rencontrées lors de la prise en charge familiale d'un enfant trisomique au Niger* », In Mercier Michel, Serban Ionescu, Salbreux Roger, *Approches interculturelles en déficience mentale*. L'Afrique, l'Europe et le Québec, Presses Universitaires de Namur, 1999, cité par EZEMBE, F., *L'enfant africain et ses univers*, Paris, éditions Karthala, 2009 p.223
[42] Entretien avec le coordonnateur de la ligue provinciale des personnes vivant avec handicap du Lualaba, Jackson Malinda Mawela, Kolwezi, juin, 2018

[43] Entretien avec le coordonnateur de la ligue provinciale des personnes vivant avec handicap du Lualaba, Jackson Malinda Mawela, Kolwezi, juin, 2018
[44] NGONDZI J.R., *Enfants-soldats, conflits armés, liens familiaux : quels enjeux de prise en charge dans le cadre du processus de DDR* ? approche comparative entre les deux Congo, Thèse, Sciences Po Bordeaux, Université Montesquieu bordeaux IV, 2013, *www.congoforum.be/upldocs/enfants, consulté, le 22/07/2016*.
[45] Entretien avec le Président de l'Assemblée Provinciale du Lualaba, Monsieur Louis MAMWENYI THUMBO, juillet, 2018
[46] Circulaire n°MINEPSP/CABMIN/001/2017 du 14 juillet 2017 du Ministre national en charge de l'enseignement primaire, secondaire et professionnel sur les frais de scolarité 2017-2018
[47] Entretien avec le Maire de la vile de Kolwezi, Véronique Upite, juillet, 2018
[48] Ndayawel à Nziem, I., *Histoire générale du Congo, De l'héritage ancien à la République Démocratique*, Paris/Bruxelles, De Boeck/Larcier S.a., 1998, p.736.
[49] Entretien avec le préfet de l'école EPHPHATA de sourds-muets de Kolwezi, Monsieur Eddy-MUKAZA NDUMBA, décembre, 2018
[50] Entretien avec le Médecin directeur de l'hôpital général Mwangeji de Kolwezi, Docteur Alain Willy KABEY, décembre, 2018
[51] Loi n°012-2010/AN du 1er avril 2010 portant protection et promotion des droits des personnes handicapées au Burkina-Fasohttp://www.unesco.org/education/edurights/media/docs/7acf2274ca1fc6ef2adde6e175eaf2afe96d8a4c.pdf, consulté le 30/10/2018
[52] EZEMBE F. *L'enfant africain et ses univers*, Paris, éditions Karthala, 2009, p.224
[53] EZEMBE F. *L'enfant africain et ses univers*, Paris, éditions Karthala, 2009 p.224
[54] Moctar Seck Amadou, et Lambert Paula, « Prise de conscience parentale à propos du handicap cognitif de l'enfant déficient mental en milieu sénégalais », Séminaire International AFIREM ISPCAN, cité par EZEMBE F. *L'enfant africain et ses univers*, Paris, éd. Karthalap.224

International Journal of Innovation and Applied Studies
ISSN 2028-9324 Vol. 27 No. 1 Aug. 2019, pp. 351-361
© 2019 Innovative Space of Scientific Research Journals
http://www.ijias.issr-journals.org/

La littérature orale africaine contemporaine

[Contemporary African oral literature]

Ekombe Ekofo Gertrude

Département de Français et Langues Africaines, Institut Supérieur Pédagogique de la Gombe, Ministère de l'Enseignement Supérieur et Universitaire, Kinshasa, RD Congo

Copyright © 2019 ISSR Journals. This is an open access article distributed under the ***Creative Commons Attribution License***, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

ABSTRACT: This article discusses the problem of the existence of oral literature in contemporary times. The term contemporaneity contradicts the past to which most of the definitions of oral literature always refer (to a people's past). This is why, for some people, the transcription of ancient oral literary genres has automatically consecrated the end or death of African oral literature. In this modest study, therefore, there is talk of demonstrating, with supporting evidence, that the oral literature is still current and alive to this day. Handwriting is thus far from having superseded orality. The advent of new information and communication technologies (Icts) has, on the contrary, strengthened the position of orality, which ceases to be the prerogative of societies without writing.

KEYWORDS: contemporary, Africa, oral literature.

RÉSUMÉ: Le présent article aborde la problématique de l'existence de la littérature orale à l'époque contemporaine. La qualification de contemporanéité entre en contradiction avec le passé auquel la plupart des définitions de la littérature orale font toujours référence (au passé d'un peuple). C'est pourquoi, pour certaines personnes, la transcription des genres littéraires oraux anciens a consacré automatiquement la fin ou la mort de la littérature orale africaine. Il est donc question, dans cette modeste étude de démontrer, preuves à l'appui, que la littérature orale est toujours d'actualité et bien vivante jusqu'à ce jour. L'écriture est donc loin d'avoir supplanté l'oralité. L'avènement de nouvelles technologies de l'information et de communication (NTIC) a, au contraire, renforcé la position de l'oralité qui cesse d'être l'apanage des sociétés sans écriture.

MOTS-CLEFS: littérature orale, Afrique, contemporain.

1 LES POLÉMIQUES AUTOUR DE LA LITTÉRATURE ORALE AFRICAINE

Il y a près d'un siècle, le concept de « littérature orale » a longtemps fait l'objet d'une grande polémique. D'après ses détracteurs, le mot « littérature » tire son origine du « latin "litteratura", de littera (e) qui signifie "lettre, écriture" et par extension "belles-lettres". Ce mot renvoie donc […] à l'écriture. Ainsi vu sous cet angle, le terme littérature se réfère exclusivement au langage écrit ».[1]

[1] Crispin Maalu-Bungi, 2006 : Littérature orale africaine, nature, genres, caractéristiques et fonctions, Bruxelles, Pie-peter Lang.

Corresponding Author: Corresponding Author (email)

Cette polémique a été vidée par la définition du Français Raymond Queneau selon laquelle la littérature est l'usage esthétique du langage (écrit ou non écrit).

Cette définition a l'avantage, non seulement de reconnaître la littérarité de la littérature orale mais aussi de ne pas la limiter dans le temps. En effet, la plupart des définitions de la littérature orale ont tendance à confiner ce concept aux seules œuvres littéraires orales des temps anciens, ouvrant la porte à une nouvelle polémique. C'est ainsi qu'à l'heure actuelle, la littérature orale africaine fait l'objet d'un autre genre de polémique qui ne porte plus sur sa littérarité mais aussi sur son existence même. D'où nous assistons aujourd'hui à une tendance qui soutient que la littérature orale n'existe plus. Selon cette conception, le passage de ses œuvres littéraires de la forme orale à la forme écrite a fait sonné le glas de l'existence de cette littérature. Par conséquent, la littérature orale devient une notion surannée, obsolète et anachronique. Le fait de restreindre la littérature orale aux seules productions littéraires des aïeux est une conception limitative car toutes les productions littéraires orales anciennes, récentes et futures constituent la littérature orale d'un peuple.

Les chercheurs africanistes devront donc pour cela envisager l'étude de la littérature orale dans son évolution dans le temps et dans l'espace. (Diachronique).

Au regard de cette polémique sur la mort de la littérature orale africaine, une question s'impose : la littérature orale disparaîtra-t-elle tant qu'il y aura des hommes, l'oralité étant inhérente à la nature humaine ? Comme toute littérature, la littérature orale est un moyen d'expression de la société. Et tant que les sociétés subsisteront, les littératures orales, produits de ses sociétés, seront toujours vivantes.

Ce point ne peut pas être clos sans dire un mot sur l'oral et l'écrit, nœud de la nouvelle polémique. A l'époque actuelle, l'oral et l'écrit cohabitent et se complètent merveilleusement. Un texte écrit peut faire l'objet d'une lecture ou d'une mise en exécution à l'oral. Tout comme un texte oral peut être écrit ou enregistré dans un support sonore pour une meilleure conservation.

Les textes écrits de différents genres littéraires tels que les romans, les pièces de comédie et de tragédie qui font l'objet de dramatisation à l'oral ainsi que les poésies écrites qui sont déclamées ne perdent aucunement leur qualité de littérature écrite pour celle de littérature orale. Le passage de l'oral à l'écrit et de l'écrit à l'oral n'enlève donc pas au texte son statut initial.

2 LES DÉFIS ACTUELS

Au cours du siècle passé, l'écrivain et ethnologue malien Amadou Hampaté Bâ a exprimé ses craintes sur l'avenir de la littérature orale africaine menacée de disparition au travers la mort de vénérables vieillards qui en étaient les seuls dépositaires. Cette préoccupation est résumée dans l'énoncé devenu célèbre : « En Afrique, un vieillard qui meurt, est une bibliothèque qui brûle ». En effet, les œuvres littéraires orales, héritage de nos ancêtres, ont eu l'insigne faveur d'être portées par la mémoire collective des aïeux, qui leur a longtemps servi de bibliothèque, les a précieusement gardées et les a fidèlement transmises jusqu'à la génération actuelle. Aujourd'hui, ce patrimoine littéraire ancestral a pu être sauvé grâce aux chercheurs africanistes africains et non africains qui l'ont collecté dans des langues locales et étrangères. A ce jour, des supports tant écrits que sonores sont disponibles. Ces supports sonores, rendus possibles grâce à l'utilisation de nouvelles technologies de l'information et de communication nées avec l'informatique, inaugurent ainsi une nouvelle forme ou ère de l'oralité dénommée l'oralité secondaire.

De nos jours, la préoccupation exprimée par Hampaté Bâ, défenseur de la tradition orale, ne semble pas avoir été totalement vidée. Elle existe encore mais a changé seulement d'objet. Elle ne porte plus sur la survie des œuvres littéraires léguées par les aïeux mais sur les productions littéraires orales contemporaines. Ces dernières courent un danger beaucoup plus grand que celui qui menaçait le patrimoine littéraire oral produit par les sociétés ancestrales. Celui-ci jouissait du privilège d'être porté dans la mémoire collective. Ce qui n'est pas du tout le cas pour les productions littéraires orales récentes qui ne sont conservées ni dans la mémoire collective ni dans les écrits. A l'époque moderne, la mémoire collective est devenue oublieuse ou tout simplement inexistante. Cela est probablement la conséquence du changement de mode de vie. L'homme noir moderne est happé par le tourbillon de la modernité, marquée, d'une part, par l'avènement de la technologie, et d'autre part, par les conditions de vie stressante dominée plus par la recherche de la satisfaction des besoins primaires. Cet aspect des choses a impacté négativement la mémoire collective. L'homme noir moderne, emporté et déconcentré par les soucis matériels, semble avoir perdu toute sensibilité quant à la beauté des œuvres de l'esprit, surtout les œuvres orales.

Si cette mémoire collective subsiste encore aujourd'hui, elle doit être pleine et saturée comme celle d'un ordinateur. Le danger que courent les productions littéraires orales récentes actuellement est donc de trois ordres. Il s'agit d'abord de sa présence inaperçue, ignorée ; ensuite de son effacement de la mémoire collective oublieuse, enfin et surtout, le risque de ne pas même être enregistré dans la mémoire collective par défaut de l'espace de stockage.

3 LA PREUVE DE L'EXISTENCE DE LA LITTÉRATURE ORALE CONTEMPORAINE

En dépit de tous les défis évoqués ci-dessus, la présence des productions littéraires orales de création récente confirme de manière indéniable l'existence de la littérature orale. Elle n'est pas morte. Elle est bel et bien vivante et garde ses principales caractéristiques.[2] Il s'agit essentiellement du mode de production orale, du caractère populaire et participatif de son exécution (devant une assistance ou un auditoire actif), de l'aspect dynamique dans ses productions (qui s'adaptent au temps et au milieu. En ce qui concerne l'identité de ses producteurs, certaines productions littéraires orales récentes demeurent la propriété collective du groupe social qui en est l'auteur (Anonymat). Cependant pour d'autres œuvres orales récentes, les auteurs sont individuellement connus. C'est ainsi que la plupart des artistes musiciens congolais, en dehors de « ceux qui puisent […] généralement dans la sagesse populaire et dans la littérature orale traditionnelle »[3] sont auteurs de certains proverbes et expressions idiomatiques de création récente.

4 LES PRODUCTIONS LITTÉRAIRES ORALES RÉCENTES

Pour étayer les propos ci-dessus, nous présentons, à titre illustratif, les échantillons par trois genres littéraires oraux à savoir le proverbe, la devinette à inférence ou l'énigme, et la devise. La récolte de ces spécimens a été faite en lingála, une de quatre langues nationales de la République Démocratique du Congo.

4.1 LES PROVERBES RÉCENTS

Le concept proverbe a fait l'objet de plusieurs définitions. « Les tentatives de définition du proverbe se font souvent par le biais d'un rapprochement avec d'autres entités linguistiques. L'analyse de ces essais définitoires permet de mettre en avant deux conceptions, à priori divergentes, du proverbe : une conception normale, courant principalement représenté par G. Kleiber (1989) qui fait du proverbe un nom commun, et une conception propositionnaliste, courant principalement représenté par J.C. Anscombrel (1989, 1994), qui fait du proverbe une phrase ».[4] Comme il n'est pas question de faire l'analyse linguistique du proverbe dans cette étude, nous nous contenterons de la définition de wikipédia selon laquelle « le proverbe est une formule langagière de sagesse populaire ou une vérité d'expérience que l'on juge utile de rappeler ».[5] La définition du proverbe s'avère donc être une tâche assez difficile et est tributaire d'un certain nombre de paramètres ou critères. A notre avis, nous considérons l'élément terminologique ou la dénomination comme un des critères définitionnels du concept proverbe. En effet, la dénomination ou les noms sont des éléments révélateurs car « de par leur statut d'identification reconnu, les noms sont considérés comme les traits cognitifs par excellence. […] leur analyse minutieuse est importante : non seulement elle peut rendre compte des propriétés internes perçues par les usagers dans les genres littéraires, mais aussi révéler la conception que ces derniers se font d'eux ».[6] Le terme métafolklorique pour désigner le proverbe en lingala est "ndobélá », soit "eyɛlɛ" soit "ekólóngó".[7]

Dans wikipédia, il est dit que les proverbes sont souvent d'origine populaire, de transmission orale et des formules très anciennes. Mais dans le présent article, il est question plutôt des proverbes de création récente en lingala dont nous vous présentons un échantillon de 35 expressions.

1. V.L. Batángaka mokandá na enveloppe tɛ.

Trad. : On ne lit pas la lettre dans l'enveloppe.

2. V.L. Libóké ya moníngá,

Basálelaka yangó programme tɛ.

Trad. : Pour le paquet de poissons d'autrui,

[2] Crispin Maalu-Bungi, Op.cit.
[3] André Motingea Mangulu, 2006 : Lingala courant. Grammaire pédagogique de la Référence, ILCAA, Tokyo, p. 108.
[4] Christine Michaux, 1999 : « Le proverbe : nom ou phrase ? », in II Congresso International de Paremologia, 8, p. 339.
[5] Proverbe-Wikipedia, https://fr.m.wikipedia.org/wiki/proverbe, consulté en ligne jeudi le 07/12/2018.
[6] Crispin Maalu-Bungi, 2006, Op.cit. p. 45.
[7] Van. E. Verbrock, Dictionnaire Lingala-Français, Français-Lingala, p. 322.

on ne doit pas faire un programme.

3. V.L. Nsɔmɔ ya ebale elekí ya cimetière

Trad. : La peur du fleuve dépasse celle du cimetière.

4. V.L. Mobáli azalí lokóla mbéto ya lopitálo

Trad. Le mari est comme le lit de l'hôpital.

5. V.L. Linzanza ebɔngá na lángi,

Mwăsí abɔngá na mobáli.

Trad. A une tôle, il faut de la peinture,

à une femme il faut un mari.

6. V.L. Lokutá eyáka na ascenseur,

Vérité eyáka na escalier.

Trad. Le mensonge arrive par l'ascenseur,

La vérité se déplace par les marches.

7. V.L. Masúwa ekokúfaka,

Libóngo ekotíkalaka.

Trad. Le bateau meurt ordinairement,

Le port demeure.

8. V.L. Avion ebósanaka plaine tɛ.

Trad. L'avion n'oublie pas l'aéroport.

9. V.L. Mwăna na mwăna béndáná.

Trad. Que chaque enfant se retire/se sauve.

10. V.L. Nzeté ya kamúndele.

Trad. Le stick de brochette.

11. V.L. Obáli mobáli ya mbɔngɔ,

obáli bambanda.

Trad. Tu as épousé un mari riche,

Tu as épousé des rivales (co-épouses).

12. V.L. Disiplini ezá boúmbu tɛ.

Trad. La discipline n'est pas de l'esclavage.

13. V.L. Mokóló tonga abɔtɔlí tonga na yé.

Okotonga na níni ?

Trad. Le propriétaire de l'aiguille a récupéré son aiguille,

avec quoi coudras-tu ?

14. V.L. Mái ya mɔtɔ etumbaka elambá tɛ.

Trad. L'eau chaude ne brûle pas le linge.

15. V.L. Olɛí mpé otóndí tɛ.

Komeka kobála tɛ.

Kobɔkɔla moto ezalí mamá na likambo.

Trad. Si tu as mangé et n'es pas rassasié,

n'ose pas te marier,

élever un enfant est la mère de problèmes.

16. V.L. Fransé elobaka na líbenga.

Trad. Le français se parle dans la poche.

17. V.L. Mwăsí, mwăsí ndé nzóto.

Trad. Femme, femme c'est le corps.

18. V.L. Masásí ya pillage.[8]

Trad. Les balles/cartouches du pillage.

19. V.L. Mabelé elísi

Trad. La terre riche.

20. V.L. Calme eleki nyɔsɔ

Trad. Le calme est au-dessus de tout.

21. V.L. Mokili tour à tour

Trad. Le monde (la vie) tour à tour.

22. V.L. Mɔsɔlɔ ezalí fungóla ya bisɛngɔ.

Trad. L'argent est la clé du bonheur.

23. V.L. Bolingo ezalí lokóla líkɛ.

Trad. L'amour est comme un œuf.

24. V.L. Mobáli azalí béton.

Trad. L'homme (mâle) c'est du béton.

25. V.L. Pataló na mokába.

Trad. Le pantaloon et la ceinture.

26. V.L. Obɔkɔlí mwăna ya mbanda,

Obɔkɔlí elímá.

Trad. Tu as élevé l'enfant d'un (e) rival (e),

Tu as élèvé un démon.

27. V.L. Mwăna ya nkóló lopángo afútelaka tɛ.

Trad. L'enfant du propriétaire de la maison ne paie pas le loyer.

28. V.L. Mɛlɛsí bapésá na mbwá.

Trad. Le remerciement qu'on a donné au chien.

29. V.L. Lokutá ekómá laissez-passer.

Trad. Le mensonge est devenu un laissez-passer.

[8] André Motingea Mangulu, 2006, Op.cit. p. 111.

30. V.L. Kitɔkɔ ya mayebo

Trad. La beauté du champignon.

31. V.L. Sɔngísɔngí ebomá mbóka

Trad. Le colportage détruit la cité.

32. V.L. Makɛléléɛ ya wɛnzɛ

Trad. Les bruits du petit marché.

33. V.L. Lɔbɔkɔ esímbá flambeau

Trad. La main qui tient le flambeau.

34. V.L. Yébélá

Trad. Saches-le.

35. V.L. úmélá

Trad. Reste éternellement.

36. V.L. Bondeko ya soda esúkaka sé na ka.

Trad. L'amitié de militaire s'arrête à la caserne.

37. V.L. Chance elɔkɔ mpámba.

Trad. La chance est une chose gratuite.

Toutes ces expressions ou formules proverbiales sont en usage comme proverbes par les locuteurs du lingala. Elles font donc partie intégrante du vocabulaire du lingala. Les expressions n°34 et 35 sont, quant à elles, encore en pleine phase de proverbialisation. La fréquence de leur utilisation dans le temps par la communauté kinoise annonce déjà que ces deux formules sont en train d'accéder au statut de proverbe.

4.2 LES DEVINETTES À INFÉRENCE OU LES ÉNIGMES RÉCENTES

Selon Clémentine M. Faïk Nzuji, les devinettes à inférence, appelées aussi énigmes « sont un genre dialogique, compétitif et récréatif ayant une fonction ludique et éducative ».[9]

Comme pour les proverbes dans les pages précédentes, nous utilisons le terme métafolklorique utilisé par les lingalaphones, pour désigner les devinettes. En effet, « Le terme métafolklorique révèle à suffisance »[10] la véritable conception de ce genre littéraire oral tel qu'il est perçu par les locuteurs. La devinette à inférence où l'énigme est désignée en lingala par le terme "sămbóle" qui est, en fait, la première partie de la formule introductive lancée avant le début du jeu des devinettes. Etymologiquement le terme " sămbóle" paraît être un archaïsme dont le sens échappe aujourd'hui aux locuteurs du lingala.

1. V.L. Q/Alelaka butú nyɔsɔ, kasi na mɔi avándaka kímyá.

R/ Bougie.

Trad. Q/Elle pleure toute la nuit, mais la journée elle est silencieuse.

R/La Bougie

2. V.L. Q/Bakɔtaka na motó mɔkɔ, kasi babimaka na mitú míbalé.

R/ Pataló

[9] Clémentine M. Faïk-Nzuji, Sources et ressources Panorama des cultures fondamentales de la République Démocratique du Congo, CILTA, Louvain-la-Neuve, p. 214.

[10] G. Ekombe Ekofo, L'improvisation en littérature orale africaine, cas de Bongóngo des Nkundó-Mɔngɔ, mémoire du DEA, inédit, 2011-2012, p. 13.

Trad. Q/On y entre par un trou, on en sort par deux.

R/Le pantalon.

3. V.L. Q/Moto óyo azósála ngáí, atɛ́kaka ngáí ;

Moto óyo azósómba ngáí, asálelaka ngáí tɛ ;

Moto óyo azósálela ngáí, ayébaka tɛ.

R/Mokɛli cercueil, mosómbi cercueil, na ebembe mosáleli cercueil.

Trad. Q/Celui qui me fabrique, me vend ;

Celui qui m'achète, ne m'utilise pas ;

Celui qui m'utilise, ne le sait pas.

R/Le fabricant du cercueil, le vendeur du cercueil, l'acheteur du cercueil et le cadavre, l'utilisateur du cercueil.

4. V.L. Q/Nazá na misapi mítáno,

kasi ezá ni misuni, ni na mokúwa.

R/Gant.

Trad. Q/J'ai cinq doigts mais ils n'ont ni chair ni os.

R/Le gant.

5. V.L. Q/Mbuma mɔkɔ, kasi ebomaka bato ebelé.

R/Grenade.

Trad. Q/Un seul fruit mais qui tue plusieurs personnes.

R/La grenade.

6. V.L. Q/ Nazá mamá, bǎna na ngáí nyɔsɔ bakúfaka libosó na ngáí,

kasi libosó bákúfa, bakwanzaka ngáí na mɔkɔngɔ.

R/Bwáti na mbuma ya alimɛ́ti.

Trad. Q/Je suis une maman, tous mes enfants meurent avant moi.

Mais avant de mourir, chacun d'eux vient me frotter le dos.

R/Les tiges d'allumettes qu'on frotte aux flancs de la boite pour les allumer.

7. V.L. Q/Nakɔti na mafúta motakálá.

nabimí na bilambá.

R/Mikaté.

Trad. Q/Je m'immerge nu dans l'huile,

J'en remonte tout habillé.

R/Les beignets.

8. V.L. Q/Nabótámí na mái, kasi sɔkí nazóngí na mái nakúfí.

R/La Glace.

Trad. Q/ Je suis né dans l'eau, mais si j'y retourne, je meurs.

R/ Glace

9. V.L. Q/ Nazá moto tɛ, nazá na makolo míbalé kasi natámbolaka tɛ.

R/Pataló.

Trad. Q/Je ne suis pas humain, j'ai deux jambes mais je ne marche point.

R/ Un pantalon.

10. V.L. Q/Napémaka tɛ, kasi nazá na souffle ebelé.

R/ L'aspirateur.

Trad. Q/Je ne respire pas mais j'ai beaucoup de souffle.

R/ L'aspirateur.

11. V.L. Q/Níni yangó ɛmɛmaka yɔ mpé yɔ omɛmaka yangó ?

R/Sapato.

Trad. Q/Quelle est cette chose que tu portes et qui te porte aussi ?

R/Les chaussures.

12. V.L. Q/Níni yangó ezá na madúsu kasi ebómbaka mái ?

R/ Epónge.

Trad. Q/ Quelle est cette chose qui a des trous mais qui retient l'eau ?

R/L'éponge.

13. V.L. Q/ Níni yangó ezá na mapapú kasi epumbwaka tɛ ?

R/Masíni ya fufú.

Trad. Q/ Qu'est-ce qui a des ailes mais ne vole jamais ?

R/ Le moulin à farine de manioc.

14. V.L. Q/ Níni epésaka eyano kasi elobaka tɛ ?

R/Calculatrice.

Trad. Q/ Qui donne la réponse mais il ne parle jamais ?

R/La calculatrice.

15. V.L. Q/ Papá atongí ndáko porte likoló.

R/ Molangi.

Trad. Q/ Papa a construit une maison, la porte en haut.

R/ La bouteille.

16. V.L. Q/ Plus ezá mɔtɔ, plus ezá kitɔkɔ.

R/ Lipa.

Trad. Q/Plus il est chaud, plus il est bon.

R/Le pain.

17. V.L. Q/Papá asómbí télévision kasi yé mɔkɔ atálaka yangó tɛ.

R/Libandi.

Trad. Q/Papa a acheté l'appareil téléviseur mais il ne le regarde jamais.

R/La calvitie

18. V.L. Q/Basodá batóndí jípe.

R/Bwáti ya alimɛ́ti.

Trad. Q/Les soldats ont rempli une jeep.

R/Les tiges dans une boite d'allumettes.

19. V.L. Q/ Sɔkí nazá pémbɛ́ nazá salité, kasi sɔkí nazá mwĭndo, nazá propre.

Trad. Q/Si je suis blanc, je suis sale, mais si je suis noir, je suis propre.

R/Le tableau noir.

20. V.L. Q/ Sashɛ níni ebóyaka zémi ékɔta ?

R/Préservatif.

Trad. Q/Quel est ce sachet qui empêche qu'il y ait une grossesse ?

R/Le préservatif.

Toutes ces énigmes récentes sont des devinettes fermées, c'est-à-dire n'ayant qu'une seule réponse socialement admise par les locuteurs du lingala. En plus, sur les vingt devinettes à inférence ou énigmes, il n'y a que cinq dont le questionnement utilise les particules interrogatives. Il s'agit des énigmes n°11, 12, 13, 14 et 20. Les quinze autres énigmes recourent à un questionnement implicite dont la formulation est à la forme affirmative.

4.3 LA DEVISE

La devise ou le titre « peut être définie comme une formule poétique de louange qu'on ajoute au nom d'un individu ou d'un groupe d'individus pour le louer, l'exalter, l'honorer soit en décrivant des caractéristiques physiques et/ou morales, soit en le rattachant à la descendance à laquelle il appartient, soit encore en évoquant les hauts faits de ses ancêtres ou les siens propres, réels ou fictifs ».[11]

1. V.L. Mobutu, ya mokóló oleki bangó.

Trad. Mobutu, le frère aîné qui les dépasses tous.

2. V.L. Mova, likɔfi ya Kabila.

Trad. Mova, le coup de poing de Kabila.

3. V.L. Koffi Olomide, nzete ya mbila.

Trad. Koffi Olomide, le palmier.

4. V.L. Koffi Olomide, nsɔngɛ́ ya mbɛlí, babɛ́taka líkɔfi tɛ.

Trad. Koffi Olomide, on ne donne pas le coup de poing à la pointe du couteau.

5. V.L. Kábosé, mbwá ya kándá.

Trad. Kábosé, le chien en colère.

6. V.F. Félix Wazekwa, Mr. Google.

7. V.F. Félix Wazekwa, monstre d'amour.

8. V.F. Fabregas, le métis noir.

9. V.F. Werrason, le roi de la forêt.

10. V.F. J.B. Mpiana, Papa Chéri.

Les dix devises récoltées sont celles attribuées exclusivement aux hommes politiques (n°1 et n°2) et aux musiciens (de n°3 à 10). La particularité linguistique de ces devises récentes réside dans le fait qu'elles sont parfois formulées entièrement en français (n°6 à 10).

[11] Crispin Maalu-Bungi, 2002 : Poésie orale congolaise, Coll. Travaux et Recherches, Kinshasa, p. 85.

5 LES MOTS D'EMPRUNTS FRANÇAIS DANS LES PRODUCTIONS LITTÉRAIRES ORALES RÉCENTES

5.1 LES EMPRUNTS FRANÇAIS ATTESTÉS DANS LES PROVERBES RÉCENTS

1. Prov. n°1 = Enveloppe
2. Prov. n°2 = Programme
3. Prov. n°3 = Cimetière
4. Prov. n°4 = Lopitálo (l'hôpital)
5. Prov. n°6 = Ascenseur, vérité, escalier
6. Prov. n°8 = Avion, Plaine
7. Prov. n°12 = Disiplini (Discipline)
8. Prov. n°16 = Fransé (Français)
9. Prov. n°18 = Pillage
10. Prov. n°19 = Elísi (riche)
11. Prov. n°20 = Calme
12. Prov. n°21 = Tour à tour
13. Prov. n°24 = Béton
14. Prov. n°25 = Pataló (Pantalon)
15. Prov. n°28 = Mɛlɛsí (Merci)
16. Prov. n°29 = Laissez-passer
17. Prov. n°33 = Flambeau
18. Prov. N°37 = Chance.

5.2 LES EMPRUNTS FRANÇAIS DANS LES DEVINETTES À INFÉRENCES

1. Dev. n°1 = La bougie
2. Dev. n°2 = Pataló (Pantalon)
3. Dev. n°3 = Cercueil
4. Dev. n°4 = Gant, ni… ni…
5. Dev. n°5 = Grenade
6. Dev. n°6 = Bwátí (Boîte)

Alimɛti (Allumettes)

7. Dev. n°8 = Glace
8. Dev. n°10 = Souffle et aspirateur
9. Dev. n°12 = Eponge
10. Dev. n°14 = Calculatrice
11. Dev. n°16 = Plus… Plus…
12. Dev. n°17 = Télévision
13. Dev. n°18 = Jípe (Jeep)
14. Dev. n°19 = Salité (saleté),

Propre

15. Dev. n°20 = Préservatif.

5.3 LES EMPRUNTS FRANÇAIS DANS LES DEVISES

1. Devise n°7 = Le monstre d'amour
2. Devise n°8 = Le métis noir
3. Devise n°9 = Le roi de la forêt
4. Devise n°10 = Papa chéri.

En conclusion, une rapide lecture sociolinguistique de ces proverbes, énigmes et devises de création récente, révèle de manière patente le contact entre la langue française, langue officielle et le lingala, une des quatre langues nationales de la RDC. Les deux langues sont considérées comme les principales langues véhiculaires dans le pays. Les effets de ce contact sont traduits concrètement par la présence des emprunts du français contenus dans les trois genres littéraires oraux en étude dans ce travail. En dehors de leur contenu qui reflète les réalités du monde moderne, ces productions littéraires orales récentes sont caractérisées, sur le plan formel, par un véritable mélange ou métissage linguistique (lingala et Français).

Cependant, la production de certains textes oraux totalement composés en langue française comme c'est le cas des devises n°6, 7, 8, 9, 10 échappe au phénomène du mélange ou métissage linguistique du Lingala et Français. Serait-ce le début de la naissance d'une littérature orale congolaise d'expression française ?

LISTE DES ABREVIATIONS

1. V.L. : Version en lingala
2. Trad. : Traduction
3. V.F. : Version en français
4. Q/ : Question
5. R/ : Réponse
6. Dev. : Devinette
7. Prov. : Proverbe.

REFERENCES

[1] Faïk-Nzuji Clémentine, 2013 : Sources et Ressources. Panorama des cultures fondamentales de la République Démocratique du Congo, CILTA, Louvain-la-Neuve.
[2] Maalu-Bungi Crispin, 2006 : Littérature orale africaine. Nature, genres, caractéristiques et fonctions, Bruxelles, Pie-peter Lang, 255 p.
[3] Maalu-Bungi Crispin, 2002 : Poésie Orale Congolaise, Centre de linguistique théorique et appliquée (CELTA), Coll. Travaux et Recherches, Kinshasa, 210 p.
[4] Michaux Christine, 1999 : « Le proverbe ; nom ou phrase ? », in "II Congresso International de Paremologia", 8, pp. 339-344.
[5] Motingea Mangulu André, 2006 : Lingala courant. Grammaire Pédagogique de Référence, ILCAA, Tokyo, 113 p.
[6] Van E. Verbroek, Dictionnaire Lingala-Français, Français-Lingala.

International Journal of Innovation and Applied Studies
ISSN 2028-9324 Vol. 27 No. 1 Aug. 2019, pp. 362-368
© 2019 Innovative Space of Scientific Research Journals
http://www.ijias.issr-journals.org/

Contribution à l'analyse des dimensions de la participation politique

Rachid Othmani and Wadiaa Morchid

Laboratoire de recherche étude juridique et politique,
Faculté des Sciences Juridiques, Economiques et Sociales,
Université Moulay Ismail Meknès, Maroc

Copyright © 2019 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: Political participation is at the heart of democratic life. This notion is at the dawn of all civilizations; it is certainly at the end of the 18th century that, with the progressive establishment and consolidation of liberal democracy, it takes on the meaning that we know it today. Nevertheless, during these two hundred years of history, modern democratic life has undergone a great evolution and renewal of practices and concepts. the idea of participation is enshrined in the very reality of public action based on a dual technical and political requirement. The changing nature of public policy explains why it is often necessary to motivate actors whose adherence to policy objectives is essential. Thus, behind the term participation are hidden many and various realities. The interest, however, of going beyond this observation in order to put in perspective the plurality of the participations, the forms and the explanations of the variations.

KEYWORDS: political participation, protest, political culture, engagement, democracy.

RÉSUMÉ: La participation politique est au cœur de la vie démocratique. Cette notion se trouve à l'aube de toute les civilisations ; c'est certainement à la fin du 18éme siècle que celle-ci, avec l'instauration progressive et la consolidation de la démocratie libérale ,prennent le sens qu'on lui connait aujourd'hui .Néanmoins, au cours de ces quelques deux cents ans d'histoire, la vie démocratique moderne a connu une grande évolution et un renouvellement des pratiques et des concepts .l'idée de participation est inscrite dans la réalité même de l'action publique en fonction d'une double exigence technique et politique. L'évolution de la nature des politiques publiques explique qu'il faille bien souvent se préoccuper de motiver les acteurs dont l'adhésion aux objectifs de la politique est essentielle. Ainsi derrière le terme participation se cachent bien de nombreuses et diverses réalités. L'intérêt cependant d'aller au-delà de ce constat afin de mettre en perspective la pluralité des participations, les formes et les explications des variations.

MOTS-CLEFS: participation politique, protestation, culture politique, engagement, démocratie.

1 INTRODUCTION

C'est dans un contexte beaucoup plus pratique que de recherche, que la participation politique dans ses nouvelles perspectives nait des interrogations et insuffisances de la démocratie constitutionnelle pluraliste, comme la nommait Raymond Aron, à assurer la pleine légitimité du pouvoir politique en même temps qu'un contrôle sur les actes de ce même pouvoir.

En science politique, la participation désigne toute action menée dans le but d'influencer le pouvoir par des citoyens n'appartenant pas au cercle des élites dirigeantes. Patrick Lecomte et Bernard Denni la définissent comme « l'ensemble des activités par lesquelles les citoyens sont habilités à entrer en contact avec l'univers sacré du pouvoir, toujours de façon superficielle ou éphémère et en respectant certaines contraintes rituelles ». La participation découle de la socialisation politique, par laquelle les individus sont intégrés au système politique, et en apprennent les codes et les valeurs. L'intérêt du sujet réside dans le fait que la participation politique est au fond largement fonction de la nature de l'Etat. Dès lors qu'on sort du cadre d'un Etat simple veilleur de nuit, pour reprendre la formule suggestive d'Antonio Gramsci, pour aller vers un Etat

Corresponding Author: Rachid Othmani

dirigeant porteur de politiques publiques, cherchant par là même dans l'efficacité de son action le gage de sa légitimité, la confiance ne peut s'accorder indépendamment de la qualité des produits qu'il délivre. L'objectif de cette recherche est de voir à quel point, comme ceci a été souligné par Jürgen Habermas, la légitimité du pouvoir se nourrissait de son efficacité, appelant ainsi des procédures de légitimation plus complexes dont il trouvera plus tard une formulation possible dans la théorie de l'agir communicationnel. Ainsi, si les phénomènes de participation s'observent dans tous les régimes, ils sont bien plus répandus dans le cadre des démocraties modernes. En effet, la participation consiste en une implication volontaire et raisonnée des citoyens dans les affaires publiques, alors que dans les systèmes totalitaires, la participation est obligatoire et ne peut se concevoir que comme une forme de soutien aux gouvernants. De là découle la problématique de cette recherche qui est celle de savoir qu'elles sont les dimensions de participation ? Et quelles sont les annotations des fluctuations du niveau d'engagement ? Répondre à ses interrogations nécessite de mettre en place deux hypothèses de recherche ; la première va dans le sens que la participation prend des formes protestataire(violente) et conventionnelle(concertée), la deuxième va dans une optique qui prône la culture politique comme élément d'épanouissement de la participation dans l'espace.

De même que répondre à la problématique nécessite que l'on adopte une démarche analytique et descriptive afin de voir la participation d'une conception restreinte a une conception élargie, ce qui nous amène a traiter dans un premier axe les différentes formes de participation et voir dans un second les explications des variations du niveau d'engagement.

2 LES FORMES DE PARTICIPATION : DE LA PROTESTATION À LA CONVENTION

Les différentes formes de participation politique sont habituellement réparties entre les formes protestataires de la participation et ses formes conventionnelles.

2.1 LES DIMENSIONS DES FORMES PROTESTATAIRES

Les formes protestataires de la participation politique reposent à divers degrés sur la violence physique, présente au moins sous forme de potentiel ou de symbole (manifestations, grèves), ce qui ne manque pas de poser la question de leur légitimité.

2.1.1 LES DIFFÉRENTES FORMES DE PARTICIPATION PROTESTATAIRE

Il est en effet possible de classer les pratiques protestataires de participation politique selon un degré décroissant de légitimité, globalement fonction du degré de violence mis en œuvre. La manifestation pacifique est ainsi globalement perçue comme plus légitime que la grève (avec ou sans piquets), elle-même mieux perçue que l'occupation de bâtiments publics (avec ou sans séquestrations), qui est davantage acceptée que les diverses formes - plus ou moins violentes - d'action directe (destruction de l'outil de travail, dégradation de bâtiments publics, émeutes, jusqu'à la lutte armée et au terrorisme).

Ted Gurr a développé une théorie expliquant le recours à la violence dans les affaires politiques, en s'appuyant sur le lien établi par les psychologues entre frustration et agression. Le modèle de Gurr se base sur la notion de frustration relative (relative deprivation), causée par le sentiment d'une distance insupportable entre les biens qu'un individu se sent autorisé à convoiter (en fonction principalement du niveau de richesse de la société dans laquelle il vit) et ceux qu'il est effectivement capable de se procurer. Si ce différentiel perçu est très important, que l'individu n'a pas accès à des activités compensatoires, et si la société ne lui a guère offert de chances de réaliser ses aspirations, alors les probabilités d'un passage à l'acte violent augmentent singulièrement. Lorsque le nombre d'individus placés dans cette situation de ressentiment croit, la violence sociale a tendance à croître en proportion.

Dans le modèle de Gurr, la violence politique découle de cette violence sociale, mais pas de manière automatique. Le passage de la première à la seconde forme de violence dépend d'un certain nombre de conditions, comme la diffusion au sein de la société de normes éthiques justifiant le recours à la violence politique, ainsi que le sentiment partagé que ce moyen d'action permet d'obtenir les résultats voulus. Inversement, une forte légitimité du régime, tout comme l'existence de forces de répression nombreuses et efficaces, sont des facteurs ayant tendance à enrayer l'actualisation de la violence sociale sous forme de violence politique.

2.1.2 LA QUESTION DU RECOURS À LA VIOLENCE EN POLITIQUE

Étant donné l'illégalité et l'illégitimité qui s'y rattachent, l'inclusion de ces phénomènes dans la catégorie de la participation politique ne va pas de soi. Il s'agit pourtant bien d'actions menées par les gouvernés afin d'influer sur le pouvoir politique : une définition large de la participation politique inclut donc les formes d'action violentes. Ces dernières permettent en effet aux groupes privés de l'accès aux canaux conventionnels de participation d'accéder à l'arène politique en s'imposant comme

interlocuteurs auprès de l'État, mais aussi des diverses forces politiques nationales, voire internationales. Les différentes guerres de décolonisation, ainsi que la lutte armée en Afrique du Sud au temps de l'apartheid ont ainsi permis à des populations jusqu'alors exclues du jeu de s'imposer comme des acteurs politiques autonomes.

Une définition plus stricte de la participation politique reviendrait à limiter son champ aux diverses formes légales qu'elle peut revêtir. L'adoption d'une telle définition restreinte aurait cependant pour effet de laisser aux gouvernants le privilège de limiter les contours d'un objet de sciences sociales, et exclurait de l'analyse des formes d'actions prohibées par la loi mais largement tolérées dans les faits. La frontière entre formes socialement admises et formes désavouées de participation est en effet sujette à des rapports de forces par définition perpétuellement fluctuants.

C'est pour cela que Denni et Lecomte proposent une définition intermédiaire, plus souple, de la participation politique, que nous avons déjà citée en introduction. Cette définition inclut toutes les formes d'action socialement acceptables dans un pays donné, à un moment donné, ce caractère socialement acceptable étant matérialisé par l'existence de rites. Une manifestation sur la voie publique est ainsi organisée en fonction d'un certain nombre de règles légales ou officieuses, explicites ou tacites, du dépôt du parcours du cortège auprès des autorités publiques jusqu'à la dispersion des manifestants, le lien entre les organisateurs et le pouvoir politique n'étant jamais rompu. Néanmoins, pour que cette forme pacifique et normalisée de manifestations se mette en place, il a fallu des décennies de luttes au cours desquelles les manifestations étaient interdites et systématiquement réprimées par la force. La même observation vaut bien évidemment pour les grèves, théorisées en 1906 par Georges Sorel comme le moyen privilégié d'expression de la violence prolétarienne. Ces deux formes d'action collective se sont ainsi rapprochées au fil du temps, du moins dans les démocraties occidentales, des formes conventionnelles de participation politique.

Georges Sorel (1847-1922) est un philosophe français, proche du syndicalisme révolutionnaire dont il est l'un des principaux théoriciens. Il est parfois associé au courant « machiavélien » de la sociologie. Déçu par la CGT, il se rapprochera un temps de l'Action française (dont il ne partage pourtant ni le nationalisme ni le monarchisme), avant de devenir un opposant à la guerre en 1914, puis un ardent avocat de la révolution russe.

En 1906, il publie, sous forme d'articles dans une revue socialiste italienne, ses Réflexions sur la violence, ouvrage dans lequel il expose sa théorie de la grève générale comme principal mythe mobilisateur à disposition du prolétariat. L'entretien de ce mythe permettra selon lui de constituer et mobiliser une élite ouvrière, qui se distinguera du prolétariat dans son ensemble par sa conscience de classe, mais aussi par sa morale et par sa violence, comprise non comme un passage à l'acte, mais comme l'expression d'une détermination à avoir recours si nécessaire à la force.

Cette détermination est en effet nécessaire à cette élite pour conduire avec succès la révolution prolétarienne, et la grève constitue le principal moyen pour illustrer cette détermination.

2.2 LES FORMES CONVENTIONNELLES

Les formes conventionnelles de la participation politique peuvent être classées en fonction du degré d'engagement qu'elles requièrent. Elles sont inégalement réparties entre les individus en fonction d'un certain nombre de facteurs statistiquement identifiables.

2.2.1 LES DIFFÉRENTES FORMES DE PARTICIPATION CONVENTIONNELLE

Les formes conventionnelles de participation politique sont généralement classées selon leur coût (en argent, en temps, en risques), le plus souvent considéré comme étant proportionnel à leur efficacité. Par ordre croissant de coût, nous avons alors l'inscription sur les listes électorales, la consultation quotidienne de canaux d'information, le vote, la prise de position publique, la contribution financière à une campagne, la participation à un meeting politique, l'adhésion à une organisation partisane, l'engagement actif dans un parti. Toutes les mesures quantitatives réalisées dans des démocraties occidentales montrent que le coût des formes protestataires est une fonction inverse de leur fréquence dans une population donnée.

La participation politique conventionnelle est un comportement socialement valorisé, supposé refléter le sens des responsabilités du citoyen qui s'y adonne. Elle est considérée comme l'expression de convictions politiques, même si elle est également motivée par la recherche de gratifications, matérielles ou symboliques. Elle contribue aussi bien à la vitalité de la société civile qu'à celle du système politique, puisqu'elle est l'un des vecteurs privilégiés des fonctions d'input. Toutes les enquêtes montrent cependant que le vote est la seule forme de participation politique à être régulièrement pratiquée par une majorité d'individus dans les systèmes démocratiques. Les autres modalités de participation politique sont le fait de minorités actives. Almond et Verba parlent du « mythe démocratique de la compétence civique ». Ce mythe est hérité des valeurs de la révolution française et des droits de l'homme, et est associé à la figure classique du citoyen, habilité à se forger une opinion

rationnelle et désireux de participer à la vie de la Cité. Les enquêtes quantitatives de grandes ampleurs menées aux États-Unis dans les années 1960 ont montré que le citoyen réel (ou en tout cas son type moyen) ne s'informait que très peu, et ne cultivait qu'un intérêt très faible pour les affaires publiques.

2.2.2 LES FACTEURS D'ENGAGEMENT

Une fois établi le constat que seule une minorité de citoyens participait à la vie politique, l'attention des sociologues et politistes s'est portée sur l'étude des caractéristiques sociales des membres de cette minorité, afin de dégager les facteurs susceptibles d'influencer les phénomènes d'engagement. Ces facteurs sont généralement classés en deux groupes : les facteurs socio-économiques et sociodémographiques d'un côté, et les facteurs idéologiques et culturels de l'autre.

Plus un individu occupe une place importante dans la hiérarchie sociale, plus il aura tendance à participer. Parmi les différents critères servant à définir le statut social d'un individu, celui qui s'avère déterminant pour la participation politique est le niveau d'instruction. Mais l'environnement social joue également un rôle important dans les prédispositions à l'engagement des citoyens : les petites communes constituent un environnement plus favorable à la participation que les grandes villes, car la vie politique locale y est plus directement accessible à chacun. Dans les grandes villes, les multiples sphères d'activités et le mode de vie plus atomisé détournent le citoyen des affaires publiques, en même temps qu'ils diminuent la pression sociale qui s'exerce sur lui en faveur d'une implication dans la vie collective. Les deux facteurs sociodémographiques habituels, l'âge et le sexe, interviennent également dans la détermination de la propension à participer à la vie politique. À niveau d'instruction équivalent, les femmes participent en effet moins que les hommes, et les jeunes moins que les individus d'âge mûr, même si la fréquence d'engagement tend à décroître passé un certain âge, qui varie en fonction de la nature des activités participatives considérées.

Les facteurs idéologiques et culturels permettent néanmoins de contrebalancer, dans une certaine mesure, les inégalités de participation politique. L'identification à un parti, tout d'abord, favorise toujours la participation politique, dans tous les milieux sociaux. Dans les sociétés où existent de forts conflits sociaux, qui se traduisent par une forte polarisation idéologique du système partisan, la participation politique des classes populaires tend à augmenter, alors qu'elle a tendance à décroître dans les sociétés consensuelles organisées autour de partis « attrape-tout ». Enfin, l'appartenance à une communauté minoritaire (ethnique ou religieuse) fortement structurée est un facteur favorisant l'engagement politique.

3 LES EXPLICATIONS DES VARIATIONS DU NIVEAU D'ENGAGEMENT

Une fois identifiés les facteurs corrélés positivement au degré de participation politique, il reste à expliquer cette corrélation constatée entre deux séries de phénomènes. Si la notion de culture politique permet de rendre compte des différences constatées entre divers pays en matière de niveaux d'engagement, les inégalités liées aux variables socio-économiques nécessitent la mise en place de modèles explicatifs spécifiques.

3.1 LA CULTURE POLITIQUE DANS L'ESPACE

Les enquêtes statistiques montrent que le niveau d'engagement varie d'un pays à l'autre. Ainsi, si les Américains votent moins que les Européens, ils s'engagent davantage dans d'autres formes de participation politique. Les attitudes politiques des individus dépendent en effet de la culture politique nationale, elle-même fonction des processus de socialisation politique dans un pays donné. Almond et Verba ont montré qu'il existait différentes formes de cultures politiques, favorisant plus ou moins la participation politique.

3.1.1 LA CULTURE POLITIQUE, PRODUIT DE LA SOCIALISATION

La socialisation politique est le processus par lequel les individus s'approprient la culture, les valeurs, les normes et les règles de comportement en lien avec les institutions politiques et les groupes d'appartenance. Ce processus est nécessaire au fonctionnement normal d'une société car la socialisation politique, en inculquant aux citoyens l'adhésion aux normes, permet de rendre exceptionnel l'usage de la coercition pour les faire respecter. La socialisation politique est une partie du processus général de socialisation des individus, qui a lieu principalement au sein de la famille et à l'école (socialisation primaire) mais qui se poursuit tout au long de la vie, notamment par la consultation des médias, ou encore l'exercice d'une profession (socialisation secondaire).

La socialisation politique inculque ainsi aux citoyens d'un pays donné une certaine culture politique, c'est-à-dire un répertoire d'attitudes politiques. Une attitude est définie comme « une disposition ou encore une préparation à agir d'une

façon plutôt que d'une autre. Elle est la probabilité de l'apparition d'un comportement donné dans un certain type de situation ». Les attitudes politiques constituent donc des propensions à réagir d'une certaine manière par rapport à différents objets politiques : institutions, idéologies, groupes d'appartenance, etc. Pour Almond et Verba, les attitudes politiques possèdent trois dimensions : cognitive, affective et évaluative. La culture politique peut donc être définie comme l'ensemble des connaissances, des sentiments et des valeurs dont on dispose par rapport aux objets politiques. Dans sa composante cognitive, la culture politique consiste en un stock de connaissances portant sur les institutions, les partis, le personnel politique, etc.

Que ces connaissances soient vraies ou fausses, elles constituent une dimension de la culture politique dans la mesure où elles contribuent à orienter le comportement politique des individus. Les composantes affectives de la culture politique sont indépendantes de tout jugement rationnel et relèvent des sentiments d'attraction ou de répulsion, de haine ou d'affection, d'admiration ou de mépris, etc. Qu'ils soient positifs ou négatifs, ces différents sentiments font partie de la culture politique dès lors qu'ils se portent sur des objets politiques.

Enfin, la dimension évaluative de la culture politique comprend les valeurs, les croyances et les idéaux en rapport avec le monde politique.

3.1.2 LES DIFFÉRENTS TYPES DE CULTURE POLITIQUE

Almond et Verba distinguent trois grands types de culture politique, en congruence avec trois sortes de société politique. La culture paroissiale (parochial culture) correspond aux sociétés traditionnelles ; il s'agit d'une culture politique locale, tournée vers des communautés politiques réduites (village, clan, tribu) et ignorant largement l'État-nation. Les cultures politiques nationales émergent généralement d'une juxtaposition de cultures paroissiales locales, qui deviennent alors des sous-cultures au sein d'un ensemble culturel plus vaste, qui peut prendre deux formes différentes. La culture de sujétion (subject culture) correspond aux structures autoritaires de pouvoir ; la conscience d'un système politique national est bien présente parmi les sujets, mais il est vécu comme une réalité extérieure et supérieure aux individus, qui restent passifs à son égard. La culture de participation (participant culture) correspond aux systèmes démocratiques ; les citoyens ont conscience de leur potentiel d'influence auprès du pouvoir politique, et utilisent tous les moyens légaux à leur disposition pour exercer cette influence.

Aucune culture politique ne correspond cependant exactement à l'un de ces types purs, qui viennent se juxtaposer les uns aux autres sans jamais supprimer la forme précédente. Toutes les cultures politiques existantes sont ainsi mixtes, rassemblant à des degrés variables des éléments issus des trois types de culture décrits ci-dessus. En dépouillant les résultats d'une enquête menée auprès de cinq échantillons de mille personnes dans cinq pays différents, Almond et Verba cherchent à mettre en évidence les principaux traits de ce qu'ils appellent la culture civique, qui contribue efficacement au maintien et à l'adaptation des systèmes politiques démocratiques. Ils en arrivent à la conclusion que cette culture est une culture d'équilibre, mêlant harmonieusement des éléments de sujétion, de participation, et de localisme paroissial. La culture civique ne se confond donc pas avec la culture de participation, car les éléments paroissiaux et de sujétion sont également nécessaires pour limiter l'activisme des citoyens et permettre à l'État de fonctionner normalement. Parmi les cinq pays qu'ils ont étudiés, nos deux auteurs estiment que la Grande-Bretagne est celui qui se rapproche le plus de ce modèle idéal, la culture de sujétion étant insuffisante aux États-Unis et au Mexique, et trop puissante en Allemagne et en Italie où elle inhibe la participation politique des citoyens.

3.2 LES MODÈLES EXPLICATIFS ENTRE CONTRÔLE SOCIAL ET EFFET POLITIQUE DE DOMINATION

Il a été reproché à la notion de culture politique telle que définie par Almond et Verba d'ignorer les différences sociales observées au sein de chaque nation. De fait, la notion de culture politique s'avère peu opérante pour expliquer les variations du niveau d'engagement à l'intérieur d'un même espace national. Celles-ci ont fait l'objet de deux grands types d'explication : celles mettant l'accent sur le contrôle social, et celles insistant sur les effets politiques de la domination.

3.2.1 LES EFFETS DU CONTRÔLE SOCIAL

On désigne par contrôle social l'ensemble des pressions exercées par la société sur les comportements individuels et collectifs, afin de les rendre conformes aux normes et valeurs du groupe social. Ces pressions visent à remplir deux objectifs : l'intériorisation des normes par les individus (et en cela le contrôle social participe au processus de socialisation) et la répression de la déviance. Le contrôle social procède par sanctions, qui peuvent être négatives (punitions) mais aussi positives (récompenses). Il peut en outre être formel, lorsque les sanctions sont décidées et appliquées par des organismes spécialisés (police, justice, administration pénitentiaire, supérieurs hiérarchiques, etc.), ou informel, lorsque le groupe exerce lui-même ces sanctions, de manière diffuse. Dans les sociétés traditionnelles, le contrôle social est surtout informel. La division du travail

social entraîne la création de corps spécialisés exerçant le contrôle social sous la direction de l'État, mais les mécanismes de contrôle informel ne disparaissent pas pour autant, ils perdent seulement de leur importance relative.

Dans le domaine de la participation politique, le contrôle social joue un rôle, puisque nous avons vu que la participation est liée à la socialisation, et qu'elle constitue en outre un comportement socialement valorisé. Dans les sociétés démocratiques, l'inscription sur les listes électorales et les opérations de vote font l'objet d'un contrôle social spécifique. Il est d'abord bien plus fort que celui qui s'exerce pour les autres activités de participation. S'il est toujours informel, il peut dans certains cas devenir formel, lorsque le vote est rendu obligatoire et l'abstention légalement sanctionnée. Par ailleurs, l'ensemble des autorités morales et politiques rappellent régulièrement l'obligation morale d'accomplir son devoir électoral. A contrario, seules les organisations militantes incitent les citoyens à s'engager dans des activités politiques plus contraignantes et plus coûteuses. Cette importante différence en termes de mécanismes de contrôle expliquerait ainsi pourquoi le vote et l'inscription sur les listes électorales sont les seules formes de participation politique à être le fait d'une majorité.

La notion de contrôle social permet en outre de rendre compte du niveau d'engagement plus élevé des habitants des petites communes, des membres de communautés minoritaires et des individus proches des partis politiques. Il peut également expliquer pourquoi les individus d'âge mûr - socialement plus intégrés - participent davantage que les retraités ou les jeunes précarisés. Il s'avère en revanche inopérant pour tout ce qui concerne les différences constatées en fonction du niveau social et du sexe.

3.2.2 LA THÉORIE DE LA DOMINATION

La compétence politique est à la fois connaissance objective du monde politique (règles, institutions, acteurs) et aptitude socialement reconnue à formuler une opinion ou un jugement politique, et à avoir une activité politique. Elle se mesure en recourant à des enquêtes quantitatives par questionnaires, cherchant à évaluer le niveau de connaissance des enquêtés en matière politique, la cohérence de leurs opinions, ainsi que leur stabilité dans le temps. La compétence politique peut ainsi être mesurée et faire l'objet d'un classement mettant en évidence le fait que les individus sont inégalement politisés.

Pour Daniel , la probabilité d'acquérir cette compétence est en rapport avec le niveau de diplôme et le statut socio-professionnel. Les membres de la catégorie des cadres supérieurs - et des professions les plus diplômées de manière générale - sont donc davantage prédisposés à s'intéresser à la politique, et à s'y impliquer, que les personnes exerçant des métiers peu qualifiés. Pierre Bourdieu a montré que la compétence politique dépend directement du capital culturel à disposition de chaque individu, transmis par la famille et par l'école. Le capital culturel, et donc la compétence politique, dépend ainsi largement du milieu social d'origine, la politique demeurant l'affaire d'une élite privilégiée, constituée d'individus culturellement et socialement dominants.

De la même manière, la moindre participation des femmes à la vie politique s'explique par les mécanismes de perpétuation de la traditionnelle division sexuée du travail, articulée sur l'opposition entre un univers domestique réservé aux femmes et un monde extérieur qui serait le domaine exclusif des hommes.

Cette division des tâches a donné naissance à des rôles sociaux stéréotypés, à des représentations de « l'éternel féminin » et de « l'éternel masculin » reproduites encore de nos jours par les instances de socialisation, perpétuant ainsi la domination masculine, qui se traduit notamment par l'exclusion des femmes hors du champ des activités politiques. Le poids de ces représentations sociales donne en effet aux femmes le sentiment d'être moins légitimes à formuler une opinion politique - ou à prendre des responsabilités politiques - que des hommes disposant pourtant du même niveau de connaissances en ce domaine.

De tout ce qui précède on peut dire que les hypothèses de recherche de départ sont confirmées attendu que la participation a connu une évolution de la protestation à la convention en passant par la violence, de même la culture a joué un rôle dans l'évolution de la participation ce qui n'est pas sans limite, attendu qu'une analyse chiffrée nécessite une analyse empirique pour ses résultats mesurés et vu aussi qu'in n'y a jamais de « no best way » dans la gestion des relations sociales.

4 CONCLUSION

Quelle que soit la pertinence des analyses qui précédent le thème de participation tel qu'il trouve à s'incarner dans la notion du pluralisme n'est pas exempt de lourdes ambigüités. Il n'est pas du tout certain qu'il faille confondre ce qui relève éventuellement de la négociation et de la participation dans des pratiques gestionnaires avec l'établissement de la démocratie. De plus, la prise en compte de l'action publique fait surgir la société dans sa réalité pluraliste de groupes sociaux différenciés, aux intérêts multiples et souvent contradictoires, c'est-à-dire une société forcément inégalitaire, inéquitable et différencié. On peut se demander si des procédures de participation non maitrisées ne risquent pas de conforter « le libéralisme des groupes

d'intérêt » ou le risque de la pléistocratie, comme la nomme Jean Daniel Reynaud, caractérisée par un nombre trop important de parties prenantes pour être maitrisées. Le risque est dans la tentation de morceler à l'infini des canaux d'expression et de revendication, car le pouvoir est facilement tenté de chercher dans les micro régulations d'une démocratie dite « participative » l'utile contrepoint à une démocratie politique incertaine en même temps qu'un mode de gestion spécifique des problèmes publics. Pour autant, il convient d'être prudent : la maitrise des processus sociaux n'est jamais assurée. Le fait d'ouvrir des possibilités de prise de parole contribue aussi à créer des opportunités d'action aux acteurs sociaux les mieux organisés. Du reste, au-delà des ambiguïtés, des difficultés importantes inclinent à la prudence et incitent à la connaissance. La question est bien celle des conditions de possibilités d'une participation susceptible de donner aux individus une meilleure prise de décision et les réalisations effectuées ce qui constitue l'espace auquel il identifie leur avenir.

REFERENCES

[1] ALMOND Gabriel and Sidney Verba, The Civic Culture. Political Attitudes and Democracy in five Nations, Princeton University Press, 1963.
[2] BRAUD Philippe, Violences politiques, Seuil, 2004.
[3] CHEKROUN Peggy, Le contrôle social : approches expérimentales des sanctions sociales négatives face à un comportement déviant, Ferrand, 2002.
[4] GAXIE Daniel, La compétence politique, Presses de Sciences Po, 2007.
[5] LANCELOT Alain, Les attitudes politiques, PUF, 1974.
[6] LECOMTE Patrick et Bernard DENNI, Sociologie du politique, Presses universitaires de Grenoble, 1990.
[7] MAYER Nonna et Pascal PERRINEAU, Les comportements politiques, Armand Colin, 1992.
[8] MEMMI Dominique, « L'engagement politique », in GRAWITZ Madeleine et Jean LECA (dir.), Traité de science politique, PUF, 1985.
[9] RICHARDSON Ann, Participation, Routledge, 1983.
[10] SOREL Georges, Réflexions sur la violence, Éditions Labor, 2006
[11] BOURDIEU Pierre, La distinction. Critique sociale du jugement de goût, Minuit, 1979.
[12] La domination masculine, Seuil, 1998.
[13] CHAMPAGNE Patrick, Faire l'opinion. Le nouveau jeu politique, Les Éditions de Minuit, 1990.
[14] CEFA Daniel (dir.), Cultures politiques, PUF, 2001.
[15] DENIS Bruno, La participation politique: crise ou mutation ?, La Documentation française, 2006.
[16] Dossier thématique « La compétence politique », Revue française de science politique, vol. 57, n°6, 2007.
[17] GAXIE Daniel, Le cens caché. Inégalités culturelles et ségrégation politique, Seuil, 1998.
[18] GODBOUT Jacques, La participation politique: leçons des dernières décennies, Institut québécois de recherche sur la culture, 1991.
[19] Gurrt ed, WhyMen Rebel, Princeton University Press, 1970.
[20] VERBA Sidney and Norman NIE, Participation in America: Political Democracy and Social Equality, Harper and Row, 1972.
[21] VERBA Sidney et al. Participation and Political Equality: A Seven-Nation Comparison, Cambridge University Press, 1978
[22] Habermas Jürgen, raison et légitimité, problème de légitimation dans le capitalisme avancé, Paris, Payot, 1978
[23] Rosanvalon Pierre, La légitimité démocratique, Paris, seuil ,2008

International Journal of Innovation and Applied Studies
ISSN 2028-9324 Vol. 27 No. 1 Aug. 2019, pp. 369-376
© 2019 Innovative Space of Scientific Research Journals
http://www.ijias.issr-journals.org/

Profil épidémiologique de l'hypertension artérielle en ville de Butembo (Est de la République Démocratique du Congo) : Du 1er Janvier 2017 au 31 Décembre 2018

Apollinaire Kahindo Saasita[1-2], André Kambale Maliro[3], Pélagie Kyakimwa Kahima[4], Augustin Kasereka Mutsunga[3], and Augustin Kambale Sivihwa[5]

[1]Université Catholique du Graben, Faculté de Médecine, département de Pédiatrie, RD Congo

[2]Hôpital Matanda , service de Triage et Urgence, RD Congo

[3]Université Catholique du Graben, Cliniques Universitaires, Département de Médecine Interne, RD Congo

[4]Hôpital Matanda, Administration-Gestion, RD Congo

[5]Hôpital Générale de Référence de Kyondo, service de Médicine Interne, RD Congo

Copyright © 2019 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:* High Blood Pressure (HBP) is an important cause of morbidity through the world. It repeals to an arterial systolic pressure of more or equal to 140 mmHg and a diastolic pressure of more or equal to 90 mm Hg. The aim of this study was to determinate the epidemiological aspects of High Blood Pressure in patients at Matanda hospital.
Method: This was a descriptive cross-sectional survey, covering the period from January 1st 2017 to December 31st 2018. It concerned 4464 inpatients admitted in Internal Medicine department at Matanda Hospital. Were included in this survey all patients hospitalized in internal medicine service, and whose medical files have been found and fully completed.
Result: The frequency of the HBP is 5.29%. The following parameters have been found as risk factors of HBP: the age group of 61 years old and above, male sex, the married people, the widows, Housekeepers, People who practice God ministry, the state agents, tabaco use, alcoholism and diabetes mellitus. Headaches, vertigo and the amaurosis were the most found subjective signs, whereas epis[22]tasis, loss of awareness and palpitation were the most seen objective signs in HBP patients. The checkup for cholesterol and ECG were the most realized investigations and Captopril is the mostly used drug. Deaths due to HBP have represented 11.44%.
Conclusion: The prevention of HBP, a silent killer, should be more highlighted during the management of patient with HBP as this disease constitutes a heavy economic and social burden.

KEYWORDS: HBP, Matanda hospital, epidemiological aspects.

RESUME: *Introduction:* L'hypertension artérielle est une importante cause de morbidité et de mortalité à travers le monde. Elle se rapporte à une pression systolique artérielle supérieure ou égale à 140 mmHg et une pression diastolique supérieure ou égale à 90 mmHg. L'objectif de ce travail était de déterminer les aspects épidémiologiques de l'hypertension artérielle chez les patients admis en hospitalisation à l'hôpital Matanda.
Méthodes: Il s'agissait d'une étude transversale descriptive couvrant une période allant du 1er janvier 2017 au 31 décembre 2018 et portant sur 4 464 patients. Etaient inclus dans cette étude, tous les malades hospitalisés dans le service de Médecine interne et dont les fiches ont été retrouvées et bien complétées.
Résultat: La fréquence de l'hypertension artérielle est de 5,29 %. Les facteurs significativement associés à l'hypertension artérielle sont les suivants : tranche d'âge de 61 ans et plus, sexe masculin, l'état civil marié et veuves ; les professions ménagère, ministère de Dieu et fonctionnaire de l'Etat ; le tabagisme ; l'alcoolisme ainsi que le diabète sucré. Les céphalées, les vertiges, et l'amaurose sont les signes subjectifs les plus retrouvés tandis que l'épistaxis, la perte de connaissance et la

Corresponding Author: Apollinaire Kahindo Saasita

tachycardie sont les signes objectifs les plus rencontrés. Le dosage du cholestérol et l'ECG sont les examens paracliniques plus réalisés et le Captopril le médicament le plus administré. Un taux de mortalité de 11,44% a été observé parmi nos patients hypertendus.
Conclusion: La prévention de l'HTA, tueuse silencieuse, serait la mieux indiquée pour la prise en charge qui est un lourd fardeau socio-économique.

MOTS-CLEFS: Aspect épidémiologique, Hypertension artérielle, Hôpital Matanda.

1 INTRODUCTION

L'hypertension artérielle est une importante cause de morbidité et de mortalité à travers le monde. Elle se rapporte à une pression systolique artérielle supérieure ou égale à 140 mm Hg et/ou une pression artérielle diastolique supérieure ou égale à 90 mmHg [1].

En 2000, la prévalence de l'hypertension artérielle était estimée à 26,4% parmi les adultes du monde. Sur une estimation de 972 millions de personnes souffrant de l'hypertension artérielle, 65,7% vivaient dans les pays en développement. Affection chronique, l'hypertension artérielle constitue, de nos jours, un véritable problème de santé publique de part sa prévalence et ses complications, ceci non seulement dans les pays industrialisés mais aussi dans les pays en voie de développement [2,3].

Le retentissement sur les organes nobles (cœur, rein, cerveau) doit être pris en compte. La maladie hypertensive n'est pas uniquement une maladie « des chiffres », mais une authentique maladie générale avec ses implications thérapeutiques. Le coût de sa prise en charge est insurmontable. L'hypertension artérielle est une double entité, c'est-à-dire le premier facteur de risque cardio-vasculaire et une entité pathologique qui est de plus en plus un motif fréquent de consultation en médecine [4,5].

Actuellement, on estime qu'environ un milliard de personnes dans le monde souffre d'hypertension artérielle. Ce chiffre devrait encore augmenter avec le vieillissement de la population. De nombreuses études, notamment américaines, ont déjà attiré l'attention des cliniciens sur la forte prévalence, la gravité et la fréquence des complications qui caractérisent l'hypertension artérielle du sujet noir. Ceci implique certainement la nécessité d'une prise en charge précoce afin de prévenir la survenue d'événements cardio-vasculaires et cérébro-vasculaires [1,5].

Bien que les moyens de diagnostic se soient considérablement améliorés, le dépistage de l'hypertension artérielle demeure dans notre contexte un problème toujours préoccupant en rapport avec : la fiabilité des appareils d'une part ; la compétence même du personnel dans ce domaine d'autre part. D'où un important risque d'un traitement inadéquat [5].

En France, 10,5 millions de personnes étaient traitées pour l'hypertension artérielle en 2006, soit près d'un adulte sur 5. Six ans après, le nombre de patients traité a augmenté de près de deux millions en raison de plusieurs facteurs : accroissement et vieillissement démographique, l'obésité et le diabète sucré, qui sont fréquemment associées à l'hypertension artérielle [5,6].

En Afrique, les accidents vasculaires et cérébraux figurent parmi les premières complications rapidement fatales [6].

En Afrique Sub-saharienne, on estime à 5% le taux de prévalence rural et à environ 10 à 20 % le taux urbain. En acceptant des taux de prévalence de 5 à 10% pour la moitié de la population en Afrique Sub-saharienne qui serait âgée d'au moins 25ans, le nombre d'hypertendus pourrait se situer entre 10 et 20 millions [7].

En République Démocratique du Congo, bien que la prévalence de l'hypertension artérielle ne soit pas clairement connue et documentée, Philippe B. Katchunga la situait à 41% en milieu urbain et à 38% en milieu rural au sein de la population Congolaise dans la province du Sud Kivu en 2011 [7].

De plus, cette pathologie dont les facteurs de risque habituels sont l'âge, la sédentarité, le stress et l'obésité, etc. se développe avec acuité dans nos milieux en développement [8] dont fait partie la ville de Butembo. Il s'avère donc important de connaitre la situation de l'hypertension artérielle en ville de Butembo.

Ce travail avait pour objectif de déterminer les aspects épidémiologiques de l'hypertension artérielle en ville de Butembo au cours de notre période d'étude.

2 MATERIEL ET METHODES

Il s'agissait d'une étude transversale descriptive réalisée à l'Hôpital Matanda sur 4 464 patients hospitalisés dans les services de médecine Interne et dont les fiches ont été retrouvées et bien complétées, et enregistrées une fois au cours de la période allant du 01 janvier 2017 au 31 décembre 2018.

Les variables étudiées sont les suivantes :

- Caractéristiques socio-individuelles du patient (Age, Sexe, Fonction, Adresse physique, Etat matrimonial)
- Quelques facteurs de risque cardio-vasculaire (Tabagisme, Alcoolisme, Diabète sucré)
- Caractéristiques cliniques
- Caractéristiques para cliniques usuelles
- Thérapeutique utilisée
- Issue du malade

Les données ont été analysées par le logiciel Epi Info version 7.

L'odds ratio (OR) a été utilisé pour indiquer le niveau de risque attribuable à un facteur F dans la détermination des facteurs liés à l'hypertension dans une population de la ville de Butembo.

Une association entre un facteur et la survenue de l'HTA était établie quand l'OR était supérieur à 1. L'intervalle de confiance de l'OR a été calculé suivant la méthode de Woolf.

Cette association est qualifiée de significative quand l'intervalle de confiance ne contient pas 1. L'OR est égale à 1, pas d'association. Quand l'OR est inférieur à 1, le facteur d'exposition est un facteur de protection

La valeur P correspond à la probabilité que l'association observée apparaisse par hasard. Quand la valeur P était inférieure à 0.05, l'association entre les deux variables à catégories était dite statistiquement significative. La valeur P a été calculée si et seulement si l'OR était supérieure à 1.

3 RESULTATS

Le tableau ci-après présente la fréquence de l'Hypertension artérielle au cours de deux ans (2017-2018).

Tableau 1. Fréquence de l'hypertension artérielle

ANNEE	EFFECTIF	HTA	%
2016	2186	121	5,54
2017	2278	115	5,05
TOTAL	**4464**	**236**	**5,29**

Le tableau ci-après présente l'implication des caractéristiques socio-individuelles du patient dans la survenue de l'HTA.

Tableau 2. Caractéristiques socio-individuelles

VARIABLES	EFFECTIFS N= 4464	HTA n=236	%= 5,29	OR	IC à 95% Lim<	Lim>	P
AGE en année							
≤ 20	305	1	0,32	0,0549	0,0077	0,3929	
21-30	487	8	1,64	0,2746	0,1348	0,5594	
31-40	531	12	2,26	0,3828	0,2127	0,6893	
41-50	696	26	3,73	0,6575	0,4338	0,9964	
51-60	896	56	6,25	1,2548	0,921	1,7096	0,1495
61 et plus	1549	133	8,59	2,5643	1,9672	3,3426	**0,000**
SEXE							
Masculin	2284	136	5,95	1,3169	1,0102	1,7168	**0,0421**
Féminin	21S80	100	4,58	0,7593	0,5825	0,9999	
STATUT MATRIMONIAL							
Célibataire	1207	21	1,74	0,2505	0,1592	0,3941	
Marie	2513	160	6,37	1,6776	1,2683	2,219	**0,0002**
Veuf/Veuve	268	24	8,95	1,8484	1,1887	2,8743	**0,0056**
Divorce	74	5	6,85	1,3047	0,5213	3,2551	0,5687
Autre	403	11	2,73	0,4784	0,2589	0,8841	
ADRESSE							
Kimemi	1067	60	5,62	1,0904	0,8067	1,474	0,5733
Vulamba	565	28	4,96	0,9253	0,6173	1,387	
Mususa	959	75	7,82	1,7622	1,3267	2,3406	**0,000**
Vulengera	1663	30	4,52	0,8271	0,5587	1,2243	
Autres Villes	1210	43	3,55	0,5844	0,4171	0,8188	
FONCTIONS							
Cultivateur	1750	74	4,23	0,6955	0,5247	0,922	
Commerçant	377	20	5,31	1,004	0,627	1,6076	0,9867
Ménagère	288	39	13,54	3,1635	2,1926	4,5644	**0,000**
Enseignant	144	10	6,94	1,3519	0,7013	2,606	0,3661
Ministère de Dieu	66	9	13,63	2,9012	1,4184	5,9342	**0,0022**
Agent de l'Etat	166	15	9,04	1,8326	1,05598	3,1687	**0,0277**
Autres	1673	69	4,12	0,6759	0,5071	0,9009	

Le tableau III présente l'implication des quelques facteurs de risques cardio-vasculaires dans la survenue de l'hypertension artérielle.

Tableau 3. Facteurs de risques cardio-vasculaires.

VARIABLE	EFFECTIF N=4464	HTA n=236	%=5,29	OR	IC à 95% Lim<	Lim>	P
TABAC							
Oui	140	80	57,14	35,6239	24,5636	51,6223	0,000
Non	4324	156	3,61	0,0281	0,0194	0,0407	
ALCOOL							
Oui	2624	188	7,16	2,8812	2,0864	3,9789	0,000
Non	1840	48	2,61	0,3471	0,2513	0,4793	
DIABETE SUCRE							
Oui	1500	163	10,86	4,06	3,0625	5,4043	0,000
Non	2964	73	2,46	0,21	0,156	0,275	

Le tableau IV présente la répartition de l'hypertension artérielle suivant la clinique.

Tableau 4. Signes cliniques de l'hypertension artérielle

VARIABLES	EFFECTIF	HTA	%
SIGNES SUBJECTIFS			
Vertiges	255	22	8,62
Céphalées	811	69	8,44
Amauroses	149	11	8,38
Douleur Thoracique	334	18	5,39
Autres	1197	51	4,26
SIGNES OBJECTIFS			
Epistaxis	62	10	16,13
Perte de connaissance	220	21	9,55
Tachycardie	167	14	8,38
Vomissements	351	21	5,98
Dyspnées	378	11	2,91
Autres	2397	75	3,12

Le tableau ci-après donne la répartition des examens para cliniques dans notre population d'étude.

Tableau 5. Examens paracliniques réalisés

VARIABLES	EFFECTIFS	HTA	%
Cholestérol	105	10	12,38
ECG	158	19	12,02
Echo-Cardiaque	105	8	7,61
Urée+Créatinine	1344	80	5,95
Glycémie	2144	124	5,78
Rx Thorax	126	10	5,68
Albumine	202	8	3,96
Autres	8990	126	1,40

Le tableau VI présente les médicaments couramment utilisé dans à l'hôpital Matanda.

Tableau 6. Médicaments

Médicaments	HTA	%
Captopril	112	28,00
Nootropil	97	24,25
Amlodipine	57	14,25
Lasix	51	12,75
Adalat-R	35	8,75
Cardio-Aspirine	32	8,00
Cedocar	16	4,00

Le tableau VII présente l'issue des malades avec HTA

Tableau 7. Issue des patients avec HTA

VARIABLES	HTA	%
Amélioré	209	88,56
Décédé	27	11,44
TOTAL	**236**	**100,00**

4 DISCUSSION

Du tableau I, il ressort que sur 4 464 patients hospitalisés dans le service de médecine interne de l'hôpital Matanda au cours de notre période d'étude, 236 patients se sont révélés hypertendus soit une proportion de 5,29%. Cette fréquence est légèrement inférieur à celle trouvée par l'OMS à Kisangani qui était de 8% [9] et celle trouvée par Ilunga à Lubumbashi qui était de 9,9% [10].

Du tableau II, il ressort que les patients de la tranche d'âge de 61ans et plus ont 2,56 fois plus de risque d'avoir une HTA. Ce risque est statistiquement significatif pour la seule raison que l'intervalle de confiance à 95% ne contient pas 1 et la valeur P inférieure à 0,05. Ces résultats sont semblables à ceux de R. de Gaudemaris, T. Lang, G. Chatelier. En effet, dans leur étude réalisée en France, ils avaient trouvé qu'à partir de 50 ans le risque d'avoir l'HTA était de 44,3% [11].

Du même tableau, il ressort qu'un homme a 1,32 fois plus de risque de développer une HTA avec un P inférieure à 0,05. Ce résultat est similaire à celui de Gaudemaris *et al.* qui trouvèrent qu'en France les hommes développent à 28,5 % de risque d'avoir l'hypertension artérielle comparés aux femmes (16,7%) [11] et celui de Promesse Chrys à Mbuji-Mayi qui avait obtenu une fréquence de l'HTA de 11,2% chez les femmes et de 16,8% chez les hommes à 2008, le rapport de fréquence sexe ratio étant de 1,50 en faveur des hommes [12].

Il ressort également de ce même tableau II que les mariés et les veuf/veuves sont courent respectivement 1,68 et 1,85 fois plus de risque de développer l'hypertension artérielle, risque significatif pour la raison que l'intervalle de confiance ne contient pas 1 et P inférieure à 0,05. La mortalité et la pression artérielle sont directement liées à la qualité de la relation du couple. D'après Dr Kira S. Birditt de l'Université du Michigan, les facteurs susmentionnés expliquent que: « la physiologie d'un individu est étroitement liée non seulement avec sa propre expérience, mais aussi aux expériences de vie et aux perceptions de son conjoint (ses relations affectives). Dans ce cas, nous montrons que les maris sont sensibles aux stress de leur partenaires et que les femmes sont plus affectées par la qualité de la relation conjugale » [13].

Toujours d'après ce même tableau II, les habitants de la commune Mususa sont exposés 2,96 fois au risque de développer l'hypertension artérielle, un risque significatif car l'intervalle ne contient pas 1 et P inférieur à 0,05. Boukaré Doulougou au Burkina Faso, trouva une grande différence entre le milieu semi urbain et le milieu rural : 1 adulte sur 10 était hypertendu en milieu semi-urbain contre 1 adulte sur 20 en milieu rural [14],. Pour nous, la commune Mususa fait partie de la ville et nous ne trouvons pas la raison de prendre cette dernière comme une zone semi urbaine. Une des raisons probables pour expliquer cette différence serait que l'Hôpital de Matanda est implanté dans cette commune ; ce qui facilite les patients résidents en cette commune à consulter aisément cette structure.

Aussi de ce même tableau II, les ménagères et ceux qui exercent le ministère de Dieu courent respectivement 3,16 et 2,90 fois plus de risque de développer l'hypertension artérielle. Aussi, les fonctionnaires de l'Etat sont 1,83 fois plus à risque de développer l'hypertension artérielle. L'analyse de l'activité socioprofessionnelle faite par l'OMS montre que 21,9% sont ménagères et les fonctionnaires représentent 16,8% [9]. Au sujet de ceux qui exercent le ministère de Dieu, nos résultats sont en contradiction avec ceux de Torgeir Sørensen qui a trouvé une pression artérielle d'autant plus basse que les participants passaient plus de temps à l'église [15]. Pour nous les stress permanant que nous sommes entrain de vivre, situation socio-économico-sécuritaires (tuerie, massacre, et autres) seraient à la base d'une hypertension chez ces gens.

Du tableau III, il ressort que le tabagisme, la prise d'alcool et le diabète sucré exposent respectivement 35,62 ; 2,88 et 4,06 fois au risque de développer l'hypertension artérielle. Mupepe D avait trouvé 6,4% de fumeur de cigarettes quotidiennes 24,8% lié à l'excès d'alcool et 16% lié au diabète [16]. De même, KANIKI à Mbuji-Mayi, dans son travail, relève une fréquence de 18,3%, parmi ceux qui consomment le tabac, 46,1% pour l'alcool et 6,2% pour le diabète sucré [12].

Du tableau IV ressort que les vertiges et les céphalées constituaient respectivement 8,44% et 8,62% de motifs de consultation tandis que l'amaurose et les douleurs thoraciques étaient retenues dans les proportions de 7,38 et 5,39%. Les autres plaintes représentaient 4,26%. Des signes objectifs, les épistaxis étaient retrouvés dans des proportions de 16,13% ; la perte de connaissance: 9,55% ; la tachycardie: 8,38% ; le vomissement: 5,92% ; les dyspnées 2,91% et les autres signes dans une proportion de 3,21%. Dans la revue canadienne, selon Albert Young, les migraines (céphalées) et l'amaurose touchaient 10 à 22% de la population adulte et 3% de la population manifestait tous les troubles à la fois [17].

Du tableau V, il ressort que le dosage du cholestérol a été fait dans les proportions de 12,38% ; l'ECG: 12,02% ; l'écho cardiaque: 7,61%, le dosage de l'urée et créatinine : 5,95%, le dosage de la glycémie: 5,78%, la radiographie du thorax: 5,68% et les autres examens dans les proportions de 1,48%. Concernant la glycémie, nos résultats diffèrent de ceux de Gaudemaris qui a trouvé un taux de demande de glycémie de 40,65% et de cholestérol de 37% [11].

Du tableau VI, les médicaments couramment utilisés, dans leur ordre décroissant de pourcentage sont : un IEC (Captopril) 28%, Nootropil 24,25%, Amlodipine 14,25%, Furosémide 12,75%, (Adalat-R) 8,75%, Cardio-aspirine 8% et un dérivé nitré (Cedocar) 4%. Selon la littérature, l'hypertension est certainement la maladie pour laquelle il existe le plus des médicaments où les antihypertenseurs sont conseillés pour une meilleure prise en charge [18]. Ainsi un traitement antihypertenseur est souvent prescrit pendant plusieurs années voire toute la vie. Il est possible de diminuer les doses des médicaments lorsque les chiffres de la tension sont redevenus normaux et stables pendant plusieurs semaines avec l'avis du médecin [19]. Dans la revue La Tunisie Médicale, FAUZI ADDAD et al., dans leur étude prospective et randomisée montre que le Captoril et la Nicardipine par voie orale sont les molécules efficaces, bien tolérées et plus utilisés dans la crise hypertensive [20].

Du tableau VII, de l'issue du malade, il ressort que le taux de létalité était de 11,44% et l'amélioration de 88,56%. Pour l'OMS l'hypertension artérielle est à l'origine de 7,5 millions de décès chaque année dans le monde soit 12,8% du total [21].

5 CONCLUSION

L'hypertension artérielle est une pathologie fréquente dans notre milieu. La connaissance des facteurs de risque permettrait une prévention efficace, et ainsi, une réduction de sa morbi-mortalité non négligeable dans les différentes structures sanitaires concernées par notre étude.

REFERENCES

[1] National Institute of Health, National Heart. The Seventh Report of the Joint National Committee on Prevention, Detection, Evaluation, and Treatment of High Blood Pressure in the JNC 7 report, 2003JAMA vol : 289-72, 2560.
[Online] Available : https://www.nhlbi.nih.gov/files/docs/guidelines/jnc7full.pdf consulté le 29 Janvier 2019

[2] Kearney PM, Whelton M, Reynolds K, Muntner P, Whelton PK, He J. Global burden of hypertension: analysis of worldwide data. Lancet. 2005 Jan 15-21; 365 (9455):217-23.
[Online] Available : https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/15652604 consulté le 23 Janvier 2019.

[3] Akinkugbe O. Epidémiologie : historique et situation actuelle de l'hypertension artérielle en Afrique in Bertrand, Hypertension artérielle des populations originaires d'Afrique Noire. Pradel, Paris, 1995, 1-6, 95.

[4] SANOGO K, DIALLO B et al. Evaluation du coût direct de la prise en charge de l'hypertension artérielle dans le service de cardiologie de l'Hôpital Gabriel Touré in Livre des résumées des deuxièmes journées scientifiques de la société de cardiologie du Burkina, 2006, Burkina-Faso, 5-7, 102.

[5] Yameogo A A. Etude du profil épidémiologique, clinique et évolution de l'hypertension artérielle en milieu hospitalier de Bobo-dioulasso, thèse, université de Ouagadougou, Burkina-Faso, 2008, 20-21, 135.
[Online] Available : http://www.beep.ird.fr/collect/upb/index/assoc/FSS-1997-YAM-ETU/FSS-1997-YAM-ETU.pdf consulté le 3 Janvier 2019

[6] Assurance maladie : Hypertension artérielle et facteurs de risques associés, 19 octobre 2007, France, 10 pages.
[Online] Available : https://docplayer.fr/15546273-Hypertension-arterielle-et-facteurs-de-risque-associes-une-nouvelle-etude-de-l-assurance-maladie-sur-les-evolutions-entre-2000-et-2006.html consulté le 8 Janvier 2019.

[7] Léon Kabamba Ngombe, Karen Cowgill, Ben Bondo Monga, Benjamin Kabyla Ilunga, Wembonyama Okitotsho Stanis, Oscar Luboya Numbi. Prévalence de l'hypertension artérielle dans la population des meuniers de la ville de Lubumbashi. [Online] Available : http://www.panafrican-med-journal.com/content/article/22/152/full/ consulté le 6 Janvier 2019.

[8] Safari J. Profil épidémiologique de l'hypertension artérielle au centre hospitalier régional des Grands-Lacs, ScienceDirect, RDC, sept 2015, page 391.

[9] Losimba LJ, Munyapara S, Ayi Y, Batina AS. Fréquence de l'hypertension et facteurs de risque parmi les étudiants du département de Santé Publique de l'Université de Kisangani, RDC, KisMéd Aout 2014, Vol 5(1):2-8
[Online] Available : https://kismed-unikis.org/frequence-de-lhypertension-et-facteurs-de-risque-parmi-les-etudiants-du-departement-de-sante-publique-de-luniversite-de-kisangani-rdc/ consulté le 4 Février 2019.

[10] Ilunga N, Kyoba KCV. Prévalence et facteurs de risque d'hypertension artérielle à Lubumbashi, Congo médical, 2003, -vol. III, n° 11.

[11] De Gaudemaris R, Land T, Chatelier G. Prévalence de l'hypertension artérielle, dépistage et prises en charge thérapeutique de l'HTA dans la population active française, éd. Espaces, Montpellier, 2000.

[12] Promesse Chrys KANIKI KABUYA. «Etude épidémiologique de l'hypertension artérielle à Mbuji-Mayi: cas de la commune de la kanshi,» Université de Mbuji-Mayi, (R.D. CONGO), Mbuji-Mayi, 2008, 64p.
[Online] Available : https://www.memoireonline.com/01/16/9417/m_Prevalence-de-lhypertension-arterielle--Mbujimayi-cas-de-la-commune-de-la-Kanshi0.html consulté le 4 Février 2019.

[13] Mariage: Tension conjugale, tension artérielle – The Journals of Gerontology Publié le : Avr 12, 2015 [Online] Available : https://blog.santelog.com/2015/04/12/mariage-tension-conjugale-tension-arterielle-the-journals-of-gerontology/ consulté le 3 Février 2019.

[14] DOULOUGOU B. Hypertension artérielle dans la population adulte du Burkina Faso: Prévalence, Détermination, Traitement et Contrôle, Université de Montréal, Burkina Faso, oct. 2014, 262p. [Online] Available : https://papyrus.bib.umontreal.ca/xmlui/bitstream/handle/1866/12306/Doulougou_Boukare_2014_these.pdf consulté le 1er Février 2019.

[15] Docbuzz. Croire en Dieu réduit l'hypertension artérielle chez les protestants, http://www.docbuzz.fr/2012/01/08/123-croire-en-dieu-reduit-lhypertension-arterielle-chez-les-protestants/ consulté le 4 Février 2019.

[16] MUPEPE M D. Enquête de prévalence des facteurs de risque des maladies non transmissibles (chroniques) à Kinshasa, Université de Kinshasa (R.D. CONGO), Kinshasa 2006. [Online] Available : https://www.memoireonline.com/12/07/838/enquete-prevalence-facteurs-de-risque-maladies-non-transmissibles.html, consulté le 6 Février 2019

[17] Young A. Hypertension, Societé Canadienne d'hypertension arterielle, Bulletin N°87, Juin 2016, p2 sur 8. [Online] Available : http://www.stacommunications.com/customcomm/back-issue_pages/hyp_can/hypcanpdfs/fr/2006/june2006fr.pdf consulté le 6 Février 2019

[18] Doctissino, Hypertension artérielle, examens et analyses complémentaires [Online] Available : http://www.doctissimo.fr/html/sante/encyclopedie/sa_833_hypertens_arteri.htm, consulté le 6 Février 2019

[19] Journal des Femmes Santé, Hypertension artérielle-HTA-Syndromes et traitement [Online] Available : https://sante-medecine.journaldesfemmes.fr/faq/1942-hypertension-arterielle-hta-symptomes-et-traitement, consulté le 6 Février 2019

[20] Faouzi A., Hayet F., Abdelghani C., Mounir J., Habib G. et all. Effets compares du Captopril et de la Nicardipine orale dans la crise hypertensive, La Tunisie Médicale - 2008 ; vol 86 (n°02) : 150 – 154.

[21] OMS, L'hypertension, première cause de mortalité dans le monde [Online] Available : https://www.rtbf.be/info/monde/detail_l-hypertension-premiere-cause-de-mortalite-dans-le-monde-oms?id=5415583, consulté le 5 Février 2019

International Journal of Innovation and Applied Studies
ISSN 2028-9324 Vol. 27 No. 1 Aug. 2019, pp. 377-389
© 2019 Innovative Space of Scientific Research Journals
http://www.ijias.issr-journals.org/

Conditions de travail et comportement pédagogique des instituteurs contractuels dans les zones d'éducation prioritaire : Etude menée dans l'arrondissement de Moutourwa

Chaffi W. Cyrille Ivan[1] and Kengue Philippe[2]

[1]Chargé de cours, Faculté des Sciences de l'Education, Université de Yaoundé I, Cameroon

[2]Doctorant, Faculté des Sciences de l'Education, Université de Yaoundé I, Cameroon

Copyright © 2019 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 work originated from a pertinent contrast. In a context characterized by the need for school excellence and the search for quality education, the state of Cameroon has adopted the educational principles of the international community; among others it multiplies efforts to guarantee quality training of teacher and demand for education. Consequently, contract teachers recruited by the state since 2006 are relatively well trained compared to their predecessors. Meanwhile there is a great disparity between civil servant teachers and the part time teachers all engage in public service, which generates demotivation and consequently poor pedagogic behavior in Zone for priority education. At the end of the research, it appears that, poor pedagogic behaviour of part time teachers is due to their poor working conditions.

KEYWORDS: working condition, motivation, zone for priority education, pedagogic behavior.

RÉSUMÉ: La présente étude part d'un contraste assez significatif. En effet, dans un contexte mondial marqué par la quête de l'excellence scolaire et celle de la recherche de la qualité de l'éducation, l'État camerounais a souscrit aux principes adoptés par la communauté internationale ; entre autres actions fortes, il multiplie des efforts pour garantir la qualité de l'offre de formation des enseignants et de l'éducation. Ainsi, les Instituteurs Contractuels recrutés par l'État camerounais depuis 2006 sont mieux formés que leurs prédécesseurs fonctionnaires. Pourtant on note une discordance entre le traitement des enseignants fonctionnaires et les contractuels ce qui entraine une démotivation de la part des instituteurs contractuels et déteint sur leur travail en Zone d'éducation prioritaire d'où le problème de leur comportement pédagogique lacunaire. À l'issue du travail il apparaît que le comportement pédagogique des IC est une réponse à leurs conditions de travail.

MOTS-CLEFS: conditions de travail, motivation, zone d'éducation prioritaire, comportement pédagogique.

1 INTRODUCTION

La question de l'éducation est l'une des préoccupations majeures des États, des gouvernements et des organisations internationales. C'est cette priorité qui justifie les nombreux sommets et conférences organisés à ce jour. Le devenir des nations dépend en effet pour une part considérable de l'action éducative et de sa portée. C'est principalement aux enseignants qu'il incombe la délicate mission de conduire le processus. Pour ce faire, il est nécessaire que soit mis à leur disposition un minimum qui leur permettrait de rendre plus efficace leur action pédagogique. L'un des facteurs les plus déterminants de cette action est leur suivi et leur encadrement sur le terrain tels que prévus par le nouvel organigramme du Ministère de l'Éducation de Base (2012), l'examen attentif de leurs besoins et de leurs demandes ainsi que la mise à leur disposition d'outils et de moyens adéquats dans l'exercice de leur fonction devrait aboutir à la satisfaction globale des attentes. Or, les constats soulignent plutôt des effets contraires, faits particulièrement marqués dans les zones d'éducation prioritaire du Cameroun. A Moutourwa, nous avons constaté que les enseignants brillent par leur absentéisme à l'école, leur préparation approximative des leçons, et que d'autres s'adonnent activement à l'exercice d'activités parallèles telles que le commerce, la pêche, etc. De telles pratiques illustrent ainsi leur absentéisme et témoignent de la violation des droits des élèves. Pourtant, comme le

souligne Tsafak (1998), l'enseignant a, vis-à-vis des élèves le devoir de les instruire et de les éduquer, et surtout, le devoir d'amour et de bonté. Face à un tel constat, la question qui se pose est celle de savoir quels seraient les facteurs responsables de telles attitudes dans une zone déclarée d'éducation prioritaire telle que Moutourwa. Ce constat nous a amené à poser le problème du comportement pédagogique lacunaire des instituteurs contractuels (IC) relativement à leurs conditions de travail et à la discordance dans les statuts qui régissent les fonctionnaires et agents de l'Etat.

2 CONTEXTE DE L'ÉTUDE

Cette étude s'inscrit dans une conjoncture plongée dans la quête d'une émergence viable dans le domaine de l'éducation tel que prescrit par les clauses des sommets internationaux jusqu'à ce jour tenus, que ce soit dans l'offre d'éducation ou dans sa qualité, étant établi que l'éducation est un déterminant fort de tout développement. La conférence mondiale sur l'Éducation Pour Tous (EPT) de Jomtien (UNESCO, 2010), la conférence de Dakar en 2000 sur l'Enseignement Primaire Universel et la Promotion de l'Égalité des Sexes en l'an 2015 aussi bien que les objectifs du Millénaire pour le Développement (OMD) adoptés en 2012 à New-York aux États-Unis par les Etats membres de l'ONU et d'autres organisations internationales prennent en considération cette place prépondérante. L'objectif N°2 de ces OMD revient sur l'une des finalités de l'EPT qui est d'assurer à tous l'éducation primaire, grand enjeu humanitaire universel. En effet, l'éducation reste un droit fondamental tel que précisé dans l'article 26 de la Déclaration Universelle des Droits de l'Homme. S'agissant des enfants en particulier, la Convention des Nations Unies relative à leurs droits, ratifiés en 1989 par 192 pays, proclame le droit de tous les enfants à une éducation gratuite, pertinente et de qualité (UNICEF, 2009). Les communautés, tant internationales que nationales se sont donc fortement intéressées à diverses mesures efficientes pour accroître les taux d'inscription et de rétention des enfants à l'école. Par la même occasion, ces communautés voudraient s'attaquer aux causes de la sous-scolarisation et aux causes du mauvais apprentissage. L'importance est accordée au matériel didactique, aux méthodes pédagogiques les plus appropriées dans un contexte de professionnalisation des enseignements, à la révision des programmes de formation dans les ENIEG, à l'impact de la santé sur l'éducation, à l'approvisionnement en eau potable, à la démocratisation de l'éducation, à la formation et au recrutement des enseignants, à l'amélioration de l'offre d'éducation (manque d'écoles et d'équipements, infrastructures dégradées, tous ces éléments constituent selon Transparency international-Cameroon (2011) des causes liées à l'absentéisme des enseignants à leur poste de travail.

Tableau 1. Distribution des causes socioéconomiques de l'absentéisme des enseignants à l'école

Cause de l'absentéisme des enseignants	P Pourcentage (%)
Incapacité due au poids de l'âge	71
État de santé défectueux (maladie chronique, handicap physique)	71
Intempéries (pluies, inondations, vents violents, etc.)	10
Températures extrêmes	0
Rareté, cherté des biens de consommation courante	21
Hostilité de l'environnement : insectes et animaux nuisibles, maladies endémiques	40
Affairisme/priorité aux activités parallèles (agriculture, commerce…)	79
Inadéquation entre le salaire et les besoins des enseignants	50
Indisponibilité des services de télécommunication (téléphone, Internet)	0
Indisponibilité des services radio, tv, presse écrite	0
Indisponibilité des établissements : secondaires, universités, professionnels	29
Indisponibilité des services de santé : hôpital, pharmacie, laboratoires	69
Indisponibilité des services de base (eau potable, électricité, etc.)	40
Non regroupement familial : conjoint(e) ou enfants	79
Absence de logement dans la zone d'affectation	69
Éloignement du lieu de perception du salaire	59
Enclavement absence/manque d'infrastructures routières	29

Source: Transparency international-Cameroon (2011).

Comme le présente le tableau ci-dessus, plusieurs facteurs sont responsables de l'absentéisme des enseignants, dont certains sont liés aux conditions de travail et convergent vers un faible rendement. Les travaux de Transparency International-Cameroon (2011) sus cités rentrent en profondeur dans certaines causes des dysfonctionnements observées chez les Enseignants du primaire.

3 POSITION DU PROBLÈME

Le concours des bailleurs de fonds, la réouverture des écoles de formation depuis 1996 et la récente refonte des programmes de formation des instituteurs de l'enseignement général intervenues en 2013 et en 2014, mais aussi et surtout le recrutement massif des instituteurs par voix de contractualisation ont accompagné ces dispositions. Le problème de l'accès à l'éducation et surtout celui de l'offre en enseignants de qualité devrait donc être définitivement en cours de résolution. Seulement, malgré les multiples rencontres internationales en faveur de l'éducation et nonobstant les efforts consentis par le gouvernement et ses partenaires dans la recherche des solutions idoines aux multiples problèmes qui entravent le développement de l'éducation de base, le constat fait après presque deux décennies de parcours reste sombre. En effet, toutes les démarches entreprises ne semblent pas avoir porté les fruits escomptés vers l'atteinte de la qualité de l'éducation au Cameroun. Tous les enfants n'ont pas accès à l'éducation, il y'a un manque criard d'enseignants, émoussement de la conscience professionnelle des enseignants. Ceci traduit l'inadéquation entre les objectifs visés (l'amélioration de l'offre et de la qualité de l'éducation fondamentale) et les comportements des techniciens de terrain que sont les enseignants constitués en majorité des Instituteurs contractuels. Par ailleurs, désormais mieux formés que leurs aînés fonctionnaires, mais lésés par les disparités entre le code du travail, le statut de la fonction publique, le statut particulier des enseignants et les termes du contrat de travail des IC. La loi N° 92-007 du 14 Aout 1992 prévoit dans son article 61 du chapitre 1 qu'à conditions égales de travail, d'aptitude professionnelle, le salaire est égal pour tous les travailleurs, quels que soient leur origine, leur sexe, leur âge, leur statut et leur confession religieuse, dans les conditions prévues au présent article. Or sur le terrain, l'on se rend compte que les enseignants fonctionnaires sont mieux traités que les contractuels. Dans l'enseignement primaire au Cameroun, on compte 8558 fonctionnaires contre 4479 enseignants contractuels, 27383 contractualisés et 27458 maîtres des parents pour un total de 67878 enseignants. Les fonctionnaires représentent 12,60% contre 87,39% des enseignants sans contrat de travail (Annuaire statistique du Minedub, 2015). Cette frange assez importante de l'enseignement a un statut social très précaire contrairement au statut des fonctionnaires. L'enseignement primaire public au Cameroun fait face au problème de gestion d'enseignants à statut multiple alors qu'ils fournissent les mêmes prestations ; ce qui susciter des démotivations entrainant ainsi l'absentéisme de ceux-ci. Par ailleurs, Transparency International-Cameroon (2011) sur l'origine de la baisse de la qualité de l'éducation l'attribue en grande partie à l'absentéisme des enseignants du primaire.

4 L'INSTITUTEUR CONTRACTUEL AU CAMEROUN

Selon Belinga Bessala (2005), traditionnellement, un enseignant a toujours été considéré comme celui qui instruit les élèves moyennant un corpus de savoirs académiques. Il reprend Mialaret (1979), Braun (1989) quand il dit que l'enseignant transmet des savoirs et des savoirs faire aux élèves ou étudiants avec l'obtention des diplômes. L'enseignant de la base apparaît ici comme toute personne qui transmet des savoirs, des savoir-faire aux élèves du cycle primaire. Au Cameroun, on distingue, les instituteurs fonctionnaires et des instituteurs contractuels sur qui se focalise la présente étude.

D'après le Référentiel de gestion de l'Instituteur Contractualisé (IC) (MINEDUB,2012), l'IC est un personnel formé, recruté et rémunéré durant les cinq premières années de sa carrière par les Partenaires Techniques et Financiers (PTF) avant que l'État ne prenne la relève, et appartenant sur le plan salarial au groupe des Agents Contractuels d'Administration. L'IC est pris en charge au départ en 8^{e}catégorie 1er échelon, avec une prime de technicité d'une valeur de 17.650Fcfa, et une prime d'enseignement et d'évaluation d'une valeur de 10.000 FCFA. Son indemnité de non-logement représente 20% de son salaire (depuis le 1er avril 2008). L'IC bénéficie des allocations familiales qui permettent un alignement solde de ses enfants. Il peut en outre, bénéficier d'une indemnité de sujétion liée à une nomination à un poste de responsabilité : Directeur d'école : 4.500Fcfa ; Maître d'application : 4.500Fcfa ; Chef de service : 15.000Fcfa.

En outre, l'IC bénéficie tous les deux ans d'un avancement d'échelon, recruté en 8^{e} catégorie sur la base d'un CAPIEMP, il peut, à la suite de l'obtention d'un diplôme bénéficié d'un reclassement en 10^{e} catégorie. Après 10 ans d'ancienneté, l'IC n'ayant pas atteint 55 ans (âge de départ en retraite) peut prétendre à une intégration à la fonction publique. Pour la liquidation de ses droits à la retraite, il lui sera servi une allocation financière en fonction du nombre d'années de service effectif accompli. En outre, suite au décès de l'IC, ses ayant droit pourront jouir soit du remboursement des retenues, au cas où le défunt a accompli moins de 15 années de service, soit d'une pension de réversion au cas où le défunt a accompli plus de 15 années de service effectif.

Le Ministère de l'Éducation de Base présente superficiellement les droits des I C au salaire, aux primes, à l'indemnité de non logement, aux prestations familiales, à l'avancement d'échelon, à l'intégration à la fonction publique et à la liquidation de leur droits à la retraite ou suite au décès, mais il omet d'évoquer la discrimination qui existe entre les enseignants fonctionnaires et ceux contractuels sur les plans de l'ancienneté requise pour un reclassement ou sur le poids de l'effet financier, des indices salariaux, ni sur la disparité quant à l'accès aux concours professionnels (5 ans chez le fonctionnaire et 15

ans chez le contractuel) ; aucune mesure particulière d'accompagnement ou compensatoire d'utilisation des IC dans les ZEP n'est mentionnée nulle part. Ce qui nous a amené à nous interroger sur les conditions de travail de ceux-ci.

4.1 CONDITIONS DE TRAVAIL DE L'INSTITUTEUR CONTRACTUEL

Le terme « *condition de travail* » selon Volkoff (2007), Kodzovi, (2011) renvoie à l'environnement dans lequel vivent les travailleurs sur leur lieu de travail. Il intègre la notion de pénibilité et de risques encourus dans l'exercice du travail, mais aussi de disponibilité ou de facilité d'accès aux services fondamentaux tels que les services de santé, l'eau, l'électricité, l'habitat, les voies d'accès, le climat et même les mentalités. Les conditions de travail sont généralement difficiles dans les zones rurales, zones dans lesquelles les instituteurs contractualisés sont beaucoup plus affectés vu les besoins criards en enseignants d'une part. D'autre part, les distances à parcourir pour se rendre à l'école, à un centre de santé sont souvent très grandes et les moyens de locomotion rares. Le réseau téléphonique n'est souvent pas évident en zone rurale profonde, rendant les communications téléphoniques difficiles. Il convient enfin de noter l'indisponibilité des pôles de loisirs. Les conditions de travail outre l'environnement physique peuvent aussi regrouper parmi les éléments de leur compréhension la gestion de la rémunération, les modalités de recrutement, d'employabilité, d'emploi, et la gestion de la carrière.

L'instituteur contractuel est un personnel formé dans les Écoles Normales d'Instituteurs de l'Enseignement Général. Le programme de contractualisation des Instituteurs de l'Enseignement Général au Ministère de l'Éducation de Base était un vaste programme qui, au lendemain de l'atteinte du Point d'Achèvement de l'Initiative PPTE (avril 2006), visait le recrutement de 37.200 enseignants pour résorber le déficit criard en personnels. Il s'agissait aussi de mettre en œuvre les Objectifs du Millénaire pour le Développement et notamment, la scolarisation primaire universelle. Plus concrètement, le programme concernait le recrutement des Instituteurs Vacataires, et des Maîtres des Parents qui avaient consenti d'énormes sacrifices, pendant les années de crise. Ce projet s'est réalisé à la suite de l'élaboration du Document de Stratégie de Réduction de la pauvreté (DSRP). Plus concrètement, 195 milliards de francs CFA ont été distribués sous forme de salaires en cinq ans. Trois sources apportaient les financements nécessaires à cette opération. Sur le plan de la mobilisation extérieure : le fonds catalytique administré par la Banque Mondiale et les ressources du C2D mis à disposition par l'Agence Française de Développement. Sur le plan interne, le budget national s'assurait de la disponibilité des fonds.

Il semble raisonnable ici de penser que l'état de démotivation de certains salariés peut être la conséquence, tout autant si ce n'est plus que la cause du retour négatif qu'ils ont reçus concernant la non-atteinte de leurs objectifs annuels. Comment ne pas douter qu'on puisse ne pas être fait pour son emploi, ou qu'il est difficile de comprendre ce qui est attendu de nous lorsqu'on a été identifié comme faisant partie des moins performants de son service, toute chose qui pourrait générer un comportement professionnel lacunaire.

4.2 COMPORTEMENT PÉDAGOGIQUE

Le comportement pédagogique de l'enseignant renverrait à l'ensemble des conséquences d'un acte sur le comportement et les attitudes. La notion d'engagement qui y est associé est fondamentale. En effet, Kiesler (1971) dans ses travaux ainsi que Joule et Beauvois ont montré que l'engagement peut être considéré comme une forme radicale de dissonance cognitive. Kiesler (1971) a estimé que l'engagement est une variable continue et à laquelle on ne peut donner une réponse par oui ou par non. Ce qui implique que les gens sont plus ou moins engagés dans un comportement et non pas simplement engagés ou non engagés. C'est ainsi qu'il précise que *« l'engagement pourra être pris dans le sens de ce qui lie l'individu à ses actes »* (Kiesler et Sakumura 1966, p.349). Kiesler (1971) a dégagé le caractère interne de l'engagement, et le degré d'implication du sujet dans son acte qui sera essentiellement déterminé par l'importance que revêt l'acte pour le sujet.

Joule et Beauvois (1998) ont de l'engagement une vision moins centrée sur l'individu. Selon eux, le processus serait totalement externe à l'individu. Ce n'est pas l'individu qui s'engage mais la situation ou une « instance attributive » non définie, qui engage l'individu. « *L'engagement correspond* [donc] *dans une situation donnée aux conditions dans lesquelles la réalisation d'un comportement ne peut être imputable qu'à l'individu qui l'a réalisé* » (1998, p.60). Ils vont aussi rajouter le contexte de liberté de l'engagement, qu'ils reprendront à Kiesler. De plus, Mayer et Allen (1990, p.65) ajoutent que

L'engagement, se définit par une attitude qui traduit la force des liens unissant l'individu à son travail. L'engagement implique l'attachement affectif (s'identifier à l'organisation), l'attachement instrumental (coût d'opportunité), enfin, l'attachement moral (obligation envers l'organisation). En effet l'engagement est une notion proposée pour rendre compte d'une facette importante de la mobilisation du personnel dans une entreprise ; elle traduit la nature et la force des liens qui unissent l'individu à son travail.

Ainsi, le travail est considéré comme un trait spécifique de l'espèce humaine, il est de ce fait un dénominateur commun et une condition de toute vie humaine en société. Louche (2001) a pensé du travail qu'il est une activité consistant à mobiliser de l'énergie pour produire un bien ou délivrer un service et qui est contraint par un cadre social et technique. Karnas (2002) quant à lui l'appréhende dans le sens d'une activité d'un homme ou d'une femme dans un cadre organisationnel et social défini, utilisant des outils particuliers, aux fins d'atteindre des productions données.

4.3 ZONE D'EDUCATION PRIORITAIRE (ZEP)

Le sigle ZEP signifie Zone d'Education Prioritaire ; il est créé par le gouvernement français en 1981 regroupant de grands ensembles défavorisés sur le plan de la scolarisation et nécessitant davantage de moyens pour favoriser l'égalité et la justice dans le système éducatif. Ce concept apparait dans le Document de Stratégie Sectorielle de l'Education (chapitre 5).

En 2000, le gouvernement camerounais a opté pour une politique de zones d'éducation prioritaire. Cette dénomination est utilisée pour désigner les régions qui accusent un retard dans la scolarisation en général, et en ce qui concerne les filles en particulier, en comparaison des valeurs nationales. Ces régions se voyaient alors par principe favorisées dans l'allocation des intrants de base, dans le souci de combler leur retard (DSSEF, 2013).

Par cette notion, le gouvernement proclame sa volonté de résorber les inégalités scolaires traduites par la faiblesse des taux de scolarité et des niveaux de fréquentation scolaire observée dans ces zones. Cet engagement outre qu'il contribuait à la quête de l'Education Pour Tous en 2015 permettait à l'Etat de remplir son contrat social tel que prévu dans la constitution, à savoir assurer à l'enfant le droit à l'instruction, l'enseignement primaire obligatoire, et enfin contrôler cet enseignement. Les ZEP sont généralement caractérisées par la faible scolarisation, le taux d'échec élevé sur le plan national, le décrochage des enfants en cours de scolarité, l'inexistence des services de base et d'équipements. Au Cameroun, les zones d'éducation prioritaire sont constituées des régions de l'Est, de l'Adamaoua, du Nord et de l'Extrême-Nord. Elles rassemblent outre les conditions citées plus haut, l'enclavement ou des conditions climatiques particulièrement rudes. Les IC y sont essentiellement affectés à leur contractualisation pour la quasi-totalité.

Le DSSE (2005), en son Chapitre 5 stipule que :

Pour réussir le pari de parvenir à un développement harmonieux du secteur de l'Education […] L'objectif du gouvernement est d'accroître l'accès à l'éducation de tous les enfants d'âge scolaire et de les maintenir dans le système jusqu'à la fin du cycle. Un accent particulier sera mis sur le renforcement de la scolarisation des filles et des garçons vivant dans les zones d'éducation prioritaires (les provinces de l'Extrême- Nord, du Nord, de l'Adamaoua, du Sud-Ouest et du Nord-Ouest, les poches de sous-scolarisation des grandes agglomérations et des zones frontalières), ainsi que les enfants issus des groupes pauvres ou vulnérables, de même que des groupes marginaux tels que les pygmées, Bororos etc.

4.4 THÉORIE DE LA MOTIVATION AU TRAVAIL

Le terme motivation a pour origine latine *motivus*, mobile, qui suggère une idée de mouvement ; elle est l'ensemble des facteurs qui poussent un individu à agir. Selon Bloch (1997), la motivation est un processus physiologique et psychologique responsable du déclenchement, de l'entretien et de la cessation d'un comportement ainsi que de la valeur appétitive ou aversive conférée aux éléments du milieu sur lesquels s'exerce ce comportement. Ce qui signifie que sans motif l'homme n'agit pas. Lieury (2000) quant à lui, parle de la motivation pour désigner l'ensemble des mécanismes qui déterminent :

- Le déclenchement d'un comportement ;
- L'orientation du comportement : attirance vers un but ou au contraire rejet ou fuite ;
- L'intensité de la mobilisation énergétique ;
- La persistance du comportement dans le temps.

Autrement dit, ce processus règle l'engagement de l'homme dans une action ou une expérience de même qu'elle guide et sous-tend son comportement. Elle en détermine le déclenchement dans une direction donnée avec l'intensité souhaitée et en assure la prolongation jusqu'à l'aboutissement ou à l'interruption dudit comportement. La motivation peut de ce fait être considérée comme une énergie, une instance d'intégration et de régulation d'une multitude de paramètres relatifs aux opportunités d'un environnement et aux sollicitations d'une situation. Pour Thill et Vallerand (1993), la motivation représente le construit hypothétique utilisé afin de décrire les forces internes et/ou externes produisant le déclenchement, la direction, l'intensité et la persistance du comportement. Le déclenchement fait référence à l'engagement ou non de l'individu dans l'activité. La direction correspond aux choix effectués par le pratiquant parmi les nombreuses possibilités qui lui sont proposées. L'intensité fait référence à la notion d'investissement personnel et correspond au niveau d'effort fourni par le sujet, pour l'accomplissement d'une tâche.

Un enseignant intrinsèquement motivé décide de s'investir dans une activité pour le plaisir, l'intérêt et la satisfaction qu'elle lui procure. Au contraire, un enseignant extrinsèquement motivé pratique une activité afin d'obtenir des bénéfices liés à l'engagement dans cette activité. Dans ce cas, celle-ci n'est pas une fin en soi (Deci 1971, 1975, Bandura 1977).

Selon Levy-Leboyer (2008), la motivation est non seulement reliée à des facteurs endogènes (origines internes) mais aussi des facteurs exogènes (origines externes). Dans le cas des instituteurs contractuels, les facteurs endogènes seraient le plaisir de faire leur métier de la manière la plus consciencieuse (réalisation de soi), mais aussi le fait de le considérer comme le plus beau, d'une part. D'autre part, les facteurs exogènes seraient constitués de leurs conditions de travail. Alors, l'analyse de ces deux facteurs aiderait à comprendre le comportement des instituteurs contractuels.

La motivation est donc un phénomène dynamique déterminé par de nombreux facteurs ; tant endogènes qu'exogènes responsables du déclenchement, de l'entretien et de la cessation d'un comportement (Bloch et All, 2002). Allant dans le même sens, Lieury (2011) désigne par motivation l'ensemble des mécanismes qui déterminent le déclenchement, l'orientation, l'intensité de la mobilisation énergétique et la persistance d'un comportement dans le temps. C'est dire que la motivation est un processus qui règle l'engagement de l'homme dans une action. La motivation peut de ce fait être considérée comme une énergie, une instance d'intégration et de régulation d'une multitude de paramètres relatifs aux opportunités d'un environnement et aux sollicitations d'une situation. Selon Blais (1993), la motivation au travail s'explique à partir des facteurs qui agissent dans l'énergie déployée au cours d'un travail et la direction du comportement de l'individu travailleur.

5 HYPOTHÈSES DE L'ÉTUDE

5.1 HYPOTHÈSE GÉNÉRALE

Notre hypothèse générale est la suivante : les conditions de travail des IC influencent significativement leur comportement pédagogique ?

5.1.1 HYPOTHÈSES DE RECHERCHE (H.S.)

Notre étude est ainsi guidée par les trois hypothèses de recherche présentées ci-dessous :

HS1: L'environnement de travail des IC influence significativement leur comportement pédagogique?

HS2: Les critères de rémunération des IC influencent significativement leur comportement pédagogique ?

HS3: Les perspectives de carrière des IC influencent significativement leur comportement pédagogique ?

6 MÉTHODOLOGIE

6.1 POPULATION DE L'ÉTUDE

La population de cette étude est constituée de l'ensemble des Instituteurs Contractuels en fonction dans les écoles de la Zone d'Éducation Prioritaire de la région de l'Extrême-Nord du Cameroun. Pour faire partie de cette population, nous avons défini les critères inclusifs. En effet, pour participer à la recherche, les sujets devaient réunir les conditions suivantes :

- Être instituteur contractualisé de la génération 1, 2 ou 3 exerçant dans une école de la circonscription scolaire de l'Arrondissement de Moutourwa comme enseignant chargé de classe et non pas comme directeur d'école. On en dénombre ainsi dans cet arrondissement un effectif de 110 enseignants ;
- Exercer dans une école à cycle complet. Dans l'arrondissement, on dénombre 45 écoles à cycle complet ayant 110 instituteurs contractuels ;
- Avoir une ancienneté se situant entre 5 et 10 ans au poste et/ou dans la classe tenue ;
- Avoir bénéficié des actions de formations continues dans le cadre de l'amélioration de la qualité de l'offre d'éducation dans les Zones d'éducation prioritaires par les organismes des Nations Unies (UNESCO, UNICEF, Plan International, etc.).

Sur la base de ces critères, nous avons obtenu la population de l'étude c'est-à-dire l'ensemble des sujets concernés par les objectifs de l'enquête (Mucchielli, 1984). Le tableau ci-après permet de lire les caractéristiques de la population de l'étude.

Tableau 2. Population de l'étude

Circonscription scolaire Arrondissement	Nombre d'écoles concernées	Effectif		Total
		Homme	Femme	
IAEB Moutourwa	45	41	69	110

Dans le cas de notre étude ; nous avons procédé par le choix raisonné intentionnel (Alberello, 2003), en effet, nous avons choisi de travailler avec 110 enseignants qui représente l'ensemble des participants de l'étude. La population mère devient de fait l'échantillon de l'étude.

Cette recherche s'inscrit dans une démarche quantitative, c'est pour cela que le questionnaire s'est avéré l'instrument indiqué pour la collecte des informations sur le terrain. Pour valider le questionnaire de l'étude, il a fallu dans un premier temps, observer un certain nombre de principes mettant l'accent sur le « testing » de l'instrument. Le test de fiabilité a été éprouvé avec l'indice de l'alpha de Cronbach qui est de 0,87. Les hypothèses ont été testées avec le test du Khi deux. L'étude a été construite autour des variables suivantes :

VI 1 : Environnement de travail

VI 2 : Critères de rémunération

VI 3 : Perspectives de carrière

VD : Comportement pédagogique

7 RÉSULTATS DE L'ÉTUDE

7.1 PRÉSENTATION DES DONNÉES LIÉES AUX CONDITIONS DE TRAVAIL

Litem sur l'environnement de travail relève que 37,89% d'IC sont tout à fait d'accord que leur environnement de travail est difficile, 33.3% d'accord contre 6.3% seulement tout à fait en désaccord et 11.6% pas d'accord. Cet environnement de travail se caractérise par l'absence d'eau courante, de rivières, de lacs ou de ruisseaux permanents à proximité de l'école, l'insuffisance des forages, l'absence de sources aménagées, la vétusté des bâtiments, le défaut de réseaux électriques ou autres. Cette situation favorise le développement des maladies contagieuses ou d'origine hydrique, ne facilite par ailleurs pas l'hygiène et la salubrité au sein de l'école les commodités élémentaires de travail non plus. Malgré les intempéries (violence des vents, tornades en saison pluvieuse) qui endommagent fréquemment les infrastructures scolaires rendant ainsi encore plus difficiles les conditions de travail, seulement 6,3% d'enseignants pensent que les bâtiments ou les écoles sont en ruine ou précaires. L'état des infrastructures d'accueil n'est donc pas alarmant et n'aurait ainsi pas un impact considérable sur le comportement pédagogique des IC.

Par ailleurs, l'enclavement de certaines écoles dont les voies d'accès ne sont pas bien faites, ce qui ne facilite ni la ponctualité à l'école, ni les déplacements pour d'autres mobiles tels que les soins de santé, le salaire ou le ravitaillement ; 25,3% en sont tout à fait en désaccord quant à leur bon état pour 16,8 pas d'accord. L'état desdites voies, quasi impraticables en saison pluvieuse favorise l'absentéisme des enseignants comme des élèves. Toutefois, pour 49.15% d'enquêtés, le problème des voies d'accès ne se pose pas.

7.2 PRÉSENTATION DES DONNÉES LIÉES AUX CRITÈRES DE RÉMUNÉRATION DES IC

L'item relatif à la satisfaction du salaire indique que plus de la moitié des IC enquêtés ne sont pas satisfaits de la rémunération qu'ils perçoivent par rapport au travail qu'ils effectuent ; 56,8% sont tout à fait en désaccord quant à cette satisfaction pour 23.2% pas d'accord et 3,2% seulement qui le reconnaissent suffisant et satisfaisant. Les enseignants quand ils sont originaires de leur lieu de service éprouvent moins de difficultés que leurs collègues allogènes. La propension pour ces derniers à exercer des activités parallèles (agriculture, élevage ou autres) est grande et hypothèque leur rendement.

Ainsi, la médiocre rémunération des enseignants est un facteur de leur démotivation et de leur manque de temps (par obligation d'exercer d'autres activités pour compléter le salaire) pour préparer leurs leçons. Si nous considérons la difficulté déjà existante de s'approvisionner en produits de première nécessité, nous comprendrions mieux les effets du poids de cette faible rémunération sur leur comportement pédagogique. Le salaire dérisoire payé aux IC (136000Fcfa pour 40 heures de travail hebdomadairement, soit un total mensuel de 160 heures) ne les satisfait pas. L'heure de travail en termes de rémunération revient à :

$\frac{136000\ F}{160\ heures} = 850F$ l'heure pour la tâche combien ardue de l'instituteur.

En outre, les répercussions financières de l'avancement d'échelon ne sont pas les mêmes chez les IC et les fonctionnaires. 73,7% d'IC sont tout à fait en désaccord quant à savoir si l'effet de l'avancement d'échelon sur leur salaire est aussi satisfaisant que celui de leurs collègues fonctionnaires. Pour l'accomplissement des mêmes fonctions dans les mêmes conditions, les avantages ne sont pas les mêmes, ceci d'ailleurs proportionnellement au grand écart entre leurs salaires de base, ce qui affecte l'estime de soi chez l'IC compte tenu des frustrations dont il est victime.

La rémunération des IC a une incidence négative sur leur conscience professionnelle ; le pourcentage assez élevé de ceux d'entre eux qui en sont tout à fait d'accord (33,7%) et de ceux qui sont d'accord (32,6%) le démontre à profusion. Ceci peut se justifier par la différence entre le salaire de base des IC et celui des fonctionnaires, et entre le poids de l'effet financier des éléments du salaire. 12,6% seulement d'IC sont tout à fait en désaccord avec cet avis, et 13,6% pas d'accord. Ce tableau ci-dessous attire notre attention sur la taille des écarts entre les salaires et entre les éléments du salaire des IC et des IEG pour les mêmes tâches, les mêmes obligations professionnelles ou autres.

Pour la prime de non logement, les résultats révèlent que, plus de la moitié (67,4%) d'IC sont totalement en désaccord quant à la satisfaction par rapport à la prime de non logement. Ils l'estiment dérisoire. Seulement 3,2% sont tout à fait d'accord que cette prime est satisfaisante. Comment expliquer la disparité dans le traitement des éléments du salaire des personnels travaillant pourtant dans les mêmes conditions et les mêmes localités ? L'iniquité démotive et contribue fortement à l'émoussement du dévouement et de l'engouement des IC dans leur travail.

Pour ce qui est des commodités de premières nécessités, les résultats attestent que 54.7% des répondants sont tout à fait en désaccord quant à la disponibilité de l'eau courante à domicile contre 27,4% seulement pas d'accord, et 6.3% tout à fait d'accord et 1.9% ni en accord ni en désaccord. Les nombreux usages de l'eau exigent ainsi de l'IC esquinté par une dure journée de travail fasse d'autres efforts supplémentaires pour la quête de l'eau indispensable à la vie. Ce qui laisse percevoir une non assurance sur le plan sanitaire.

Pour ce qui est de l'assurance maladie, le contrat de travail entre les IC et le Ministère de la Fonction Publique et de la Réforme Administrative stipule qu'ils sont médicalement pris en charge pendant leur fonction (pour les accidents de travail ou la survenue des maladies par exemple), mais ne mentionne nulle part une assurance maladie ; 55,8% d'IC sont tout à fait en désaccord qu'ils en bénéficient, et 22,1% pas d'accord, ils devraient donc prendre des initiatives personnelles pour souscrire à une assurance maladie ; de façon formelle, les critères à partir desquels ils bénéficieraient de cette assurance nous restent inconnus, mais éventuellement attribuables aux faits de corruption.

Par ailleurs, la pension retraite étant proportionnelle au salaire de fonction, la conséquence chez les IC est la modicité de la leur, compte tenu de la précarité de leur salaire de fonction. Les 2,1% tout à fait d'accord et les 3,2% d'accord d'être satisfaits par la pension de retraite peuvent rentrer dans la catégorie d'enseignants qui le sont par souci de s'assurer du salaire de réserve. Autrement dit, il s'est agi pour eux de s'assurer le salaire minimum faute de mieux 48,4% d'IC sont pas d'accord d'être satisfaits de cette pension, 16,8% tout à fait en désaccord. Au regard de ces données, nous pensons qu'il serait judicieux de réévaluer la situation des IC en retraite, retraite dont le traitement devrait dans la moindre mesure compenser les aberrations et iniquités entre les salaires des IC et enseignants fonctionnaires. Encore devrait-il avoir totalisé 180 mois de service effectif (15 ans).

7.3 PRÉSENTATION DES DONNÉES LIÉES À LA PERSPECTIVE DE CARRIÈRE DES IC

Pour ce qui est de l'âge de départ à la retraite, Il ressort que 62,1% d'IC sont tout à fait en désaccord quant à savoir si l'âge de leur retraite (55 ans) les satisfait, pour 4,2% en accord contre 13,7% tout à fait d'accord. La crise de l'emploi accentuée au Cameroun depuis les années 90 est à l'origine de ce que les tranches d'âges entre 30 et 40 ans et entre 40 et 50 ans soient majoritaires. Le nouveau statut des enseignants signé du Président de la République par le décret n°2000/359 en date du 05 décembre 2000 portant statut particulier des fonctionnaires des corps de l'Éducation Nationale. Stipule en son article 73 que : *« les intégrations des agents de l'état relevant du code du travail se feront sans condition d'âge, mais sous réserve que les intéressés remplissent les autres conditions d'accès à la fonction publique* », d'où la contractualisation des titulaires du CAPIEMP âgés jusqu'à 40 ans en début de carrière ; conséquence, le service effectué ne couvre que 15 années avant le départ en retraite fixé pour cette catégorie à 55 ans. Soit au total 07 avancements d'échelon seulement pour toute la carrière. En outre, ce n'est qu'après 10 années de service que l'IC peut prétendre à une éventuelle intégration à la fonction publique. *(*MINEDUB, 2012).

Pour l'accès au concours professionnels, la distribution des résultats présente que 55,8% d'IC sont tout à fait d'accord qu'ils accèdent difficilement aux concours professionnels. Ils rejoignent ainsi les 13,7% qui sont d'accord pour ce fait, soit un total de

69,5% justifiable par le fait que ce n'est qu'au bout de 10 ans qu'ils évoluent au grade d'IEG et devront attendre les 5 années d'ancienneté requise dans le même grade pour postuler à un concours professionnel (MINEDUB, 2012).

Par ailleurs, les IC accèdent difficilement aux postes de responsabilité, dans ce sens les résultats indiquent que 31,6% d'IC sont tout à fait d'accord qu'ils accèdent difficilement aux postes de responsabilités dans leur carrière. Cette position est confortée par le constat selon lequel de tous les IC exerçant dans l'arrondissement de Moutourwa, 01 seul est animateur pédagogique, aucun n'est chef de bureau dans l'IAEB, ce qui nous fait penser que la prise en compte de la catégorie à laquelle l'on appartient semble constitutive des critères de nomination aux postes de responsabilité. 30 IC seulement sont directeurs d'écoles. Aucune école n'ayant jusqu'à 6 enseignants, il est clair que les 30 IC sont d'office des titulaires de classe et ne peuvent jouir des mêmes privilèges qu'un directeur non chargé ; nous pouvons d'ailleurs nous demander si la fonction enseignante ne précède pas celle administrative. 37 % de ces enseignants sont d'accord pour ce constat, ce qui amène à 72.3% le nombre d'enseignants qui pensent que les IC accèdent difficilement aux postes de responsabilité.

7.4 PRÉSENTATION DES DONNÉES LIÉES AUX COMPORTEMENTS DES IC

Pour ce qui est du fait que les IC s'adonnent aux activités parallèles pour palier a la modicité de leur salaire. Les résultats révèlent que les répondants sont tout à fait d'accord (67,4%) les IC s'adonnent aux activités parallèles pour palier à la modicité de leur salaire, nous obtenons 66,14% d'avis allant dans le même sens, pour signifier en filigrane qu'ils font des micro-activités économiques (agriculture, commerce ou autres) susceptibles d'occuper une part considérable de leur temps qui devrait être consacré aux tâches lointaines ou immédiates relatives à l'exercice serein de leur profession.

Pour ce qui est de l'absentéisme des IC, il apparait selon les résultats que 38.9% d'IC sont totalement en désaccord par rapport à l'idée selon laquelle les IC sont plus absentéistes que les enseignants fonctionnaires, 32.6% pas d'accord contre 6,3% tout à fait en accord et 14,7% en accord. Ces pourcentages dénotent de l'assiduité des IC tout comme de celle des enseignants fonctionnaires malgré les activités parallèles qu'ils mèneraient. Le phénomène de l'absentéisme serait donc plutôt attribuable à la conjonction de certaines réalités dans les ZEP, réalités qui contrarient aussi bien l'IC que les enseignants fonctionnaires (éloignement des lieux de perception du salaire ou des centres hospitaliers, qualité du salaire, insuffisance ou qualité des voies de communication…).

En ce qui concerne l'item lié à la préparation des cours, le constat inquiétant que ce tableau dénote (15,8% d'IC sont tout à fait en désaccord quant à savoir s'ils préparent toujours les leçons qu'ils enseignent, 20% pas d'accord et jusqu'à 34,7% ni en accord ni en désaccord) est révélateur de ce que seulement 29,5% d'IC préparent toujours les leçons qu'ils enseignent. Nous savons qu'un maître qui n'a pas préparé sa leçon hésite, improvise tant bien que mal, manque de logique et de profondeur (Macaire, 1993). Cette situation est révélatrice de l'émoussement de la conscience professionnelle qui hypothèque la qualité de l'enseignement. Les 34, 7% ni en accord ni en désaccord témoignent aussi bien du malaise que du libertinage de ces enseignants, et parallèlement du déficit ou de la défaillance de la supervision pédagogique.

7.5 TEST D'HYPOTHESES

Tableau 3. Récapitulatif des tests d'hypothèses avec le khi-deux

Hypothèses	Seuil de signification (α)	Degré de Liberté (ddl)	Khi carré Calculé (χ^2_{cal})	Khi carré lu (χ^2_{lu})	Coefficient de contingence (CC)	Observations	Décisions
HR_1	0,05	130	383,08	156,56	0,895	$\chi^2_{cal} > \chi^2_{lu}$	On accepte H_a et on rejette H_o
HR_2	0,05	117	29,60	142,89	0,905	$\chi^2_{cal} > \chi^2_{lu}$	On accepte H_a et on rejette H_o
HR_3	0,05	169	595,13	201,22	0,929	$\chi^2_{cal} > \chi^2_{lu}$	On accepte H_a et on rejette H_o

HR1

L'acceptation de l'hypothèse alternative nous permet de dire que notre hypothèse de recherche HR_1 est confirmée. Le coefficient de contingence (C.C.) permettant de mesurer la force de liaison entre ces deux variables est de 0,895. Il existe donc un lien significatif de forte intensité entre l'environnement de travail difficile des IC et leur comportement pédagogique.

HR2

L'acceptation de l'hypothèse alternative nous permet de dire que notre hypothèse de recherche HR_2 est confirmée. Le coefficient de contingence (C.C.) permettant de mesurer la force de liaison entre ces deux variables est de 0,905. Il existe donc un lien significatif de forte intensité entre les critères de rémunération précaires des IC et leur comportement pédagogique.

HR3

L'acceptation de l'hypothèse alternative nous permet de dire que notre hypothèse de recherche HR_4 est confirmée. Le coefficient de contingence (C.C.) permettant de mesurer la force de liaison entre ces deux variables est de 0, 929. Il existe donc un lien significatif de forte intensité entre les perspectives de carrière des IC et leur comportement pédagogique.

8 DISCUSSION DES RÉSULTATS

Cette partie de notre travail consiste en la lecture théorique de nos résultats à partir des théories qui sous-tendent notre recherche, pour rendre compréhensibles lesdits résultats en les confrontant avec les théories et les auteurs exploités. Les éléments que nous évoquons sont l'environnement de travail des IC, leur rémunération et leurs perspectives de carrière.

Hypothèse 1 : L'environnement de travail des IC influence de façon significative leur comportement pédagogique.

À l'issue des tests, cette hypothèse est confirmée. Elle cadre parfaitement avec la théorie psychologique de la motivation d'Elton Mayo : quand un salarié se sait être l'objet d'une action destinée à améliorer ses conditions de travail, quelle que soit la réalité de ces améliorations il réagira positivement et s'adonnera davantage à sa tâche.

En prenant en considération le bien-être des salariés, en tenant compte de leurs sentiments et de leurs émotions, en les instituant comme partie prenante d'un effort de changement et d'amélioration, alors on obtient une plus grande implication. Le « facteur humain » est prépondérant dans les conditions de travail qui seraient mieux tolérées ou supportées si les IC étaient convaincus des efforts fournis par les décideurs pour améliorer leur environnement de travail particulièrement difficile. Quand ces décideurs et les autorités en charge de l'éducation restent passifs, peu ou pas soucieux de l'état d'esprit des IC par rapport à leur environnement de travail particulièrement difficile, il y a lieu de comprendre que cette attitude constitue un déterminant fort de leur comportement pédagogique devenu lacunaire.

En nous référant à la théorie des deux facteurs développée par Frederick Herzberg, il devient aisé d'attribuer le comportement pédagogique des IC à leur insatisfaction. Cet état de frustration ou de déception lié au cycle de vie, du besoin, de l'attente, aux facteurs d'hygiène ou d'ambiance, aux facteurs liés à l'environnement de travail et devant avoir un niveau minimal de base.

En effet, la majorité de classes n'ont pas de bureaux pour enseignants, les bâtiments sont parfois en ruine ou sinistrés, certains élèves n'ont pas de places assises ou alors sont inconfortablement assis et les voies d'accès à l'école ne sont pas toujours bien faites. Une pareille conjoncture est angoissante et contribue à stresser les enseignants et les IC en particulier ; ils deviennent apathiques, ce qui explique en partie leur comportement pédagogique lacunaire. Billehoj (2007, Fauguet et Alpes, 2008)) classent entre autres stresseurs la charge de travail, son intensité, la surcharge des rôles, l'accroissement de la taille des classes par enseignants, la peur des conflits, le manque de soutien de la part des parents, les salaires bas ; tous ces facteurs gangrènent le quotidien de l'IC des ZEP ; Il fait régulièrement et très souvent face au phénomène des groupes complexes (surcharge des rôles ou autres), obligé de tenir dans la même salle de classe plusieurs cours, des élèves de tranches d'âges et niveaux très disparates (Benabou, Kramarz et Prost, 2004). Le manque d'enseignants a pour conséquences l'organisation le fonctionnement d'une école en une, deux, trois, quatre ou cinq classes au lieu des 6 classes requises dans une organisation standard.

L'indisponibilité de latrines dans les écoles rend davantage difficile leur viabilité. L'enseignant passe au moins huit heures de temps par jour dans son école qui dès lors devient son second milieu de vie, dans lequel il devrait se complaire, y trouvant une source de motivation suffisante ; Nous cheminons ici dans notre pensée avec le « facteur d'insatisfaction » de Herzberg (1978) lié à l'environnement du travail. En cas d'indisposition, l'enseignant qui quitte son poste de travail pour aller se soulager n'est pas reprochable. Lesage (1973) pense que l'État est tenu de veiller à l'amélioration des conditions de travail et à l'équipement des lieux de travail.

Hypothèse 2 : Les critères de rémunération des IC influencent de façon significative leur comportement pédagogique.

Cette hypothèse à l'issue des tests est confirmée, ce qui rentre dans la logique du job description index de Smith, Kendall, Hulin (1969) dont les rémunérations sont l'une des cinq facettes du travail qui peuvent être sources de motivation et de satisfaction.

La théorie du capital humain de Becker (1993) s'inscrit en faux contre la confirmation de cette hypothèse. En effet, Becker pour rendre compte des disparités salariales pense que les différences de salaire reflètent les investissements en formation par les individus au long de leur vie, notamment pendant la phase d'études initiales. Tel n'est effectivement pas le cas d'espèce puisque la formation des IC quoique quantitativement aussi bien que qualitativement plus riche que celle des IEG ne se reflète pas sur l'effet financier subséquent. Autrement dit, suite à sa recherche d'emploi comme le pense Becker, il peut être amené à accepter le premier emploi assorti d'un salaire supérieur à un certain niveau, dit salaire de réserve, qui dépend, entre autres, de son aversion pour le risque. L'acceptation de la rémunération prévue dans le contrat de travail des IC une fois signé devient hypothétique et il est fréquent qu'ils soient tentés par l'exercice d'autres activités. La saturation du temps de l'IC à l'école et / ou hors de l'école par des activités parallèles sans rapport avec l'école l'occupe, réduisant par là sa vigueur et son dynamisme dans les attributions dévolues à un instituteur dans son poste de travail, limitant ainsi considérablement son rendement.

Par ailleurs, la confirmation de cette hypothèse selon laquelle les critères de rémunération précaires influencent le comportement pédagogique des IC rentre en conformité avec la théorie de structuration du paradigme « du contenu » de Mc Gregor (1963) qui prône un management participatif où la vision négative de l'Homme au travail, ou « théorie X » (aversion pour le travail, immaturité, désintérêt pour la responsabilité…) est remplacée par une vision positive ou « théorie Y » (où le travail devient la moteur central de l'épanouissement individuel. Les individus ne manquent pas le travail, sont capables d'initiatives et de responsabilité, … et même mieux, ils aiment le travail dès lors que celui-ci est organisé, pensé, de façon à permettre à l'individu de satisfaire la totalité de ses besoins…). Réunir les voies et moyens pour permettre un tel état de satisfaction chez les IC peut passer par la facilitation de l'amélioration du niveau académique ou professionnel, pourvoyeurs de mobilité socioprofessionnelle interne. Or, le référentiel de gestion de carrière des IC (MINEDUB, 2012) stipule que tout personnel qui s'engage à suivre une formation sans autorisation, même en cours du soir ou à distance, s'expose aux sanctions disciplinaires prévues par la réglementation en vigueur. Ces sanctions vont jusqu'à la révocation ». Plus loin et s'agissant des formations diplômantes, le même référentiel statue que du fait de la plus-value enregistrée au terme de cette formation en termes de nouvelles compétences et aptitudes, que ce soit dans le même d'intervention que dans un domaine nouveau, les Instituteurs Contractualisés en sont exemptés. En définitive, conformément aux dispositions de leur contrat de travail, les Instituteurs Contractualisés ne sont pas autorisés à suivre des formations de longue durée, susceptibles de leur faire changer de cadre. Par contre le Ministère de l'Education de Base les encourage à suivre des formations de courte durée visant à renforcer leur capacité dans leur domaine de compétence. En fait il s'agit de formations de moins de 90 jours ne délivrant que des certificats de fin de formation. Dans quel sens concevoir de telles déclarations si ce n'est dans celui des facteurs démotivants à l'heure où la mondialisation et la profusion des médias en édifiant davantage les apprenants, contraignent les enseignants à plus de recherches et de qualification ? Ces déclarations ne peuvent qu'émousser davantage la conscience professionnelle des IC. Toutefois nous ne pouvons nous empêcher de reconnaître que nos présomptions sur le fait que la précarité du salaire aurait un impact négatif sur le comportement pédagogique des IC restent limitées par le fait qu'entre deux salariés de même niveau on peut observer des discordances de productivité ou de qualité de travail.

Hypothèse 3 : Les perspectives de carrière des instituteurs contractuels influencent leur comportement pédagogique.

Cette hypothèse à l'issue des tests est vérifiée. *Dans le job description index* de Smith, Kendall & Hulin (1969), parmi les cinq facettes du travail pouvant être source de motivation au travail figure en troisième place la promotion, qui est un facteur encourageant. Or, les IC accèdent très difficilement aux postes de responsabilité et aux concours professionnels. Herzberg (1978), pense et démontre que la motivation au travail suppose qu'il soit possible de satisfaire les besoins d'autonomie, de compétence et d'accomplissement des employés. Cet accomplissement chez les IC suppose la promotion, le reclassement, la nomination à des postes de responsabilité ou l'accès facile aux concours professionnels. Or comme dit plus haut, au Cameroun l'IC devra attendre 10 ans de service pour « prétendre » à une « éventuelle » intégration à la fonction publique (MINEDUB, 2012), après quoi il devra encore attendre cinq autres années pour présenter un concours professionnel. Soit au total de 15 ans d'attente, qui conduit à 55 ans (âge de retraite) pour cette catégorie de personnel, pour celui recruté à 40 ans. Cet état de choses est loin de placer l'IC dans l'état de satisfaction de la théorie de Herzberg (1978).

Les Instituteurs fonctionnaires tous les 5 ans ont la latitude de présenter des concours professionnels et s'épanouissent par ailleurs des possibilités de nomination à des postes de responsabilité ou de toute autre forme de promotion, toutes choses

irritantes et révoltantes pour les IC qui dans les mêmes conditions accomplissent les mêmes tâches sans pour autant jouir des mêmes avantages.

Le contrat de travail des IC est très restrictif et son article 16 stipule que « *le contractant s'engage à consacrer tout son temps et toute son activité dans la limite de la réglementation en vigueur aux fonctions qui lui seront confiées* ». Tout porte à croire que l'interprétation de cet article par le ministère utilisateur (le MINEDUB) est erronée si nous-nous en tenons aux prescriptions ou proscriptions faites aux IC par rapport aux formations diplômant ou excédant quatre-vingt-dix jours. Pour ces formations l'IC devra avoir une autorisation (spéciale) du ministre. Si cette attitude n'est pas fourbe, quel serait le critère discriminant les IC éligibles de ceux non éligibles ? Le bon enseignant n'est-il pas celui qui se forme en permanence et de surcroit à un moment où les possibilités de formation à distance sont multiples. En dehors des préparations des leçons, à quoi est consacré le temps libre de l'enseignant au quotidien après ses cours ? La prime de documentation et de recherche à lui octroyée de nos jours devrait être utilisée à bon escient. Les restrictions qui limitent la possibilité d'évolution sont un déterminant considérable de sa démotivation.

La revue *« POUR »* N° 148-2995 donne une première définition de la promotion sociale comme renvoyant à un ensemble d'actions de formation et le résultat de ces actions, même si d'autre part nombre de promotions sociales n'ont pas de liens directs, voire pas de liens du tout, avec des actions de formation. La prime de recherche et de documentation actuellement allouée aux enseignants contribue à ces actions de formation, formation continue qui devrait aboutir dans le moindre des cas à l'amélioration du rendement pédagogique (mobilité horizontale), et mieux dans la mesure du possible à une promotion professionnelle (mobilité ascendante). Nous pensons à la suite de Fonkeng et Tamajong (2012), dans le processus de l'approche des ressources humaines, que le management doit tenir compte des doléances des personnels, du contrat du travail, de la gestion participative et démocratique, toute chose qui responsabilise et implique les IC dans le cas d'espèce.

La lecture théorique de nos résultats vient de rendre plus compréhensible l'effet sur le comportement pédagogique de l'environnement de travail, des critères précaires de rémunération, du regard social et des perspectives de carrière des IC.

9 CONCLUSION

Le présent travail a porté sur l'incidence des conditions de travail des IC sur leur comportement pédagogique. L'étude part du constat selon lequel le comportement pédagogique des IC est lacunaire au point d'hypothéquer considérablement la qualité de l'éducation dans les ZEP. Cet état de choses laisse ainsi percevoir que leur conscience professionnelle s'est émoussée. Nous-nous sommes donné pour objectif de faire le diagnostic de ce malaise. Plus concrètement, l'étude visait à vérifier s'il existe un lien entre les conditions de travail des IC et leur comportement pédagogique. Au terme de l'analyse, il ressort que nos quatre hypothèses de recherche sont vérifiées. Nous déduisons que l'environnement de travail des IC est constitutif des freins à l'éclosion de leur conscience professionnelle. Toutefois, nous n'avons pas la prétention d'avoir épuisé tous les contours du problème de l'émoussement de la conscience professionnelle et de la dérive des comportements pédagogiques. Nous-nous sommes évertués à travers les théories de la motivation au travail, de définir ce qui dans l'esprit des IC peut constituer des mobiles d'action, dans l'optique de les motiver dans la quête de l'amélioration de leurs prestations.

REFERENCES

[1] Alpe Y. et Fauguet J.-L. (Ed.) (2008) *Sociologie de l'école rurale*. Paris : L'Harmattan.
[2] Annuaire statistique du Ministère de l'éducation de Base-Cameroun, (2015).
[3] Bandura, A. (1977). Self-efficacy: Toward a unifying theory of behavioral change. Psychological Review, 84, 191-215.
[4] Becker, G. S. (1993). *Human Capital: A theorical and empirical analysis, with special reference to education* .Chicago: University of Chicago Press.
[5] Belinga Bessala, S. (2005). *Didactique et professionnalisation des enseignants*. Yaoundé : éditions CLE.
[6] Benabou, R., Kramarz, F. et Prost, C. (2004). Zones d'éducation prioritaires : quels moyens pour quels résultats? In *Economie et Statistique, 380, p. 3-30.*
[7] Blais, M.R., Brière N.M., Lachance L., Riddle A. S. (1993). « L'inventaire des motivations au travail de Blais », *Revue Québécoise de Psychologie*, vol.14, n°3, 185-215.
[8] Bloch, H., Depret, E., Gallo, A., Garnier, Ph., Gineste, M.-D., Leconte, P., Le Ny, J.-F., Postel, J., Reuchlin, M. et Casalis, D. (2002). *Dictionnaire fondamental de la psychologie.* Paris : Larousse.
[9] Chaffi, W.C.I., (2017). Autism and Inclusive Education in Cameroon: Attitudes, Resistance and Pitfalls. *In International Journal of New Technology and Research (IJNTR), Volume-3, Issue-6, June 2017 pp. 32-38.*

[10] CONFEMEN (2007). Ministère de l'éducation de base. *Rapport PASEC Cameroun 2007.Le défis de la scolarisation universelle de qualité* Dakar.
[11] Crozier, M. et Friedberg, E. (1977). *L'Acteur et le système. Les contraintes de l'action collective*. Paris : Seuil.
[12] Deci, E. L. & Ryan, R. M. (2000). The "what" and "why" of goal pursuits: Human needs and the self-determination of behavior. *Psychological Inquiry*, 11, 227-268.
[13] Document de Stratégie Sectorielle de l'Education au Cameroun, (2006).
[14] Feyfant, A. (2007). « Transformation du travail des enseignants finalités et identités professionnelles ». *Lettre d'information*, N° 26. Repère.
[15] Fonkeng Epah, G., Chaffi, C. I. & Bomda, J. (2014). *Précis de méthodologie de recherche en sciences sociales.* Yaoundé : Graphicam.
[16] Fonkeng, E.G. et Tamajong, E.V. (2012). *Administration scolaire et provisorat* (2ème édition. Yaoundé : Classic Print.
[17] Herzberg, F. (1987), « One more time : How do you motivate employees ? », *Harvard Business Review* 65, 5, 109-120.
[18] Joule R.-V. et Beauvois, J.-L. (1998). *La soumission librement consentie*, Paris : Presses universitaires de France.
[19] Kiesler, C. A. (1971). *The Psychology of Commitment*, New York : Academic Press
[20] Kiesler, C.A. et Sakumura, J. A. (1966). "Test of a model of commitment". *Journal of Personality and Social Psychology*. 3, 349-353.
[21] Krejcie, R.V. et Morgan, D. W. (1970). *Determining Sample Size for Research Activities, Educational and Psychological Measurement.* Los Angeles: Sage Publications.
[22] Lesage, M. (1973). *La fonction publique en union soviétique*. Paris : Presses Universitaires de France.
[23] Lévy-Leboyer, C. (2008). *Re-motiver au travail*. Paris: Editions d'Organisation.
[24] Lieury, A. (1996). « Mémoire encyclopédique et devenir scolaire. Étude longitudinale d'une cohorte sur les quatre années du collège français ». *Psychologie et Psychométrie*, 17(3), 33-44.
[25] Lieury, A. (2011). *Psychologie cognitive* (2e édition). Paris: Dunod.
[26] Mialaret, G. (2011). *Les sciences de l'éducation*, Paris : Presses Universitaires de France, « Que sais-je ? » n° 1645, 11e édition.
[27] Mialaret, G. (Dir.) (1979). *Vocabulaire de l'éducation*, Paris : Presses Universitaires de France; n°1 ; vol.5,
[28] Mucchielli, R. (1984). *Le questionnaire dans l'enquête psycho-sociale : connaissance du problème* (8è éd.). Paris : Presses Universitaires de France.
[29] Ngué, G. et Ambassa, L. (2011). *Absentéisme dans les écoles publiques au Cameroun, Région du centre.* Yaoundé. Transparency International-Cameroun.
[30] Pelletier, G. (2005). La gestion scolaire et la qualité de l'éducation. *In La revue des Echanges, Revue de l'Association francophone internationale des directeurs d'établissements scolaires*. vol. 22 (3), p. 3-10.
[31] Smith, P.C., Kendall, L.M. and Hulin, C. L. (1969). *The Measurement of Satisfaction in Work and Retirement*.Chicago: Rand McNally.
[32] Tsafak, G. (1998). *Ethique et déontologie de l'éducation.* Yaoundé : P.U.A.
[33] UNESCO. (1990). *Conférence mondiale sur l'éducation pour tous : Document de référence.* Paris : UNESCO.

International Journal of Innovation and Applied Studies
ISSN 2028-9324 Vol. 27 No. 1 Aug. 2019, pp. 401-409
© 2019 Innovative Space of Scientific Research Journals
http://www.ijias.issr-journals.org/

Etude du couplage entre tags RFID UHF à fort degré de confinement

[Study of the coupling between UHF RFID tags with high degree of confinement]

Gbamélé K. Fernand, Ouatttara Y. Bérenger, Fofana Siaka, and Doumbia Issa

Laboratoire des Signaux et Systèmes, Université Félix Houphouët Boigny de Cocody Abidjan, Côte d'Ivoire

Copyright © 2019 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: When RFID tags are brought closer to each other, the acquisition by the radio frequency reader of the data they contain becomes difficult because of the strong coupling related to the respective radiation of their antennas. This radiation is at the origin of the birth of mutual impedances adapting the antenna and its integrated chip. This article proposes an electrical modeling of this coupling for different configurations of RFID tags. The approach is based on two-port network theory and antenna arrays. The coupling capacity between tags is determined on the one hand by using a numerical simulation based on the finite elements and on the other hand from an analytical model with the parameters of the antenna. The analytical results are in good agreement with the numerical results. The working frequency is the 868 MHz ISM band.

KEYWORDS: RFID tags, patch antenna, antenna array, mutual coupling, coupling capability.

RESUME: Lorsque des étiquettes RFID sont rapprochées les unes des autres, l'aquisition par le lecteur radiofréquence des données qu'elles contiennent devient difficile à cause du fort couplage lié au rayonnement respectif de leurs antennes . Ce rayonnement est à l'origine de la naissance d'impédances mutuelles desadaptant l'antenne et sa puce intégrée. Cet article propose une modélisation électrique de ce couplage pour différentes configurations d'étiquettes RFID. L'approche est basée sur la théorie du réseau à deux ports et des réseaux d'antennes. La capacité de couplage entre tags est déterminée d'une part en utilisant une simulation numérique basée sur les éléments finis et d'autre part à partir d'un modèle analytique avec les paramètres de l'antenne. Les résultats analytiques concordent bien avec les résultats numériques. La fréquence de travail est la bande ISM 868 MHz.

MOTS-CLEFS: tags RFID, antenne patch, réseau d'antennes, couplage mutuel, la capacité de couplage.

1 INTRODUCTION

Parmi les technologies de communication sans fil, l'identification par radiofréquence RFID « RadioFrequency Identification » en anglais est devenue incontournable. Le système RFID est constitué deux entitités : le lecteur qui est connecté à une base de données et l'étiquette appélée aussi tag qu'on accolle à l'objet à identifier. Le tag est formé d'une antenne et d'une puce électronique contenant des données (un identifiant ou une URL). De nos jours, la technologie RFID est présente dans de nombreux secteurs tels que la grande distribution, le paiement sans contact (NFC), le domaine agricole pour la traçabilité du bétail etc. Avec l'avenement de l'Internet des objets (IoT), la technologie RFID sera présente au cœur des interconnexions avec un déployement massif dans tous les secteurs d'activités [1]-[2]. Dans la logistique par exemple, plusieurs produis électroniquement étiquetés sont emballés dans un même carton et placés sur des palettes. Ce fort confinement des étiquettes forme ainsi un réseau d'antennes passives (ou parasites). Dans un tel scénario, la performance du tag devient fortement dépendante de la position et de l'orientation par rapport aux tags envoisinnants [4], [5]. Un fort couplage entre tags a pour conséquence une désadaptation entre l'antenne et la puce du tag rendant invisible ces derniers par le lecteur RFID [3]. D'une

Corresponding Author: Gbamélé K. Fernand

manière générale, pour mesurer le couplage mutuel entre les tags à fort dégré de confinement suivant les configurations de ces dernières, deux approches sont généralement proposées : une approche entièrement où les coefficients de couplage sont obtenus en fonction de la géométrie des antennes ou bien une approche numérique par les logiciels commerciaux où les coéfficients de transmission entre ports des antenens sont mesurés [6] [7]. Parmi les modèles analytiques , dans [8] des formules ont été developpées pour déterminer le coefficient de couplage entre deux antennes patch gravées un même substrat. Les auteurs ont montré que ce coefficient de couplage est dépendant des paramètres géometriques liés à la configuration des antennes. L'approche ainsi est valide pour le cas de deux antennes cependant devient difficilement applicable lorsqu'il s'agit d'un confinement de plusieurs antennes.

Le formalisme appliqué dans cet article est une méthode hybride qui combine à la fois la modélisation numérique et l'approche analytique permettant de prendre en compte toutes les configurations entre les tags mais également leur nombre. Le modèle analytique est basé sur a matrice à deux ports des impédances Z ou des admittnaces Y. L'etude des quadripoles permet de determiner les relations liant les tensions et les courants sur des antennes étroitement couplées [9]. La simulation quand à elle permet d'extraire les paramètres Y et d'en deduire la capacité de couplage. Ces simulations ont été réalisées avec le logiciel HFSS « High Frequency Structure Simulator » [10]. L'arcticle est divisée en quatre parties. La première partie présente les caractéristiques de l'antenne utilisée pour les tags. Dans le chapitre II, nous proposons un modèle électrique de cette antenne. Le chapitre III est consacré à la formalisation du couplage mutuel entre deux tags identiques. Enfin dans la dernière partie, nous présentons les résultats de simulation en comparaison avec le modèle analytique developpé dans [8].

2 CIRCUIT ÉQUIVALENT DU PATCH

2.1 GÉOMÉTRIE DE L'ANTENNE

Le choix de l'antenne de l'étiquette est un patch rectangulaire. La structure est conçue pour fonctionner dans la bande RFID UHF 868MHz. La géometrie de l'antenne est représentée dans la figure 1. Elle est montée sur un matériau diélectrique ayant une épaisseur h =1,6mm. Le diélectrique utilisé est la résine époxy FR4 de permittivité $\varepsilon_r = 4,4$. L'antenne est constituée d'une ligne d'alimentation micoruban, d'un l'élément rayonnant rectangulaire dans lequel nous avons inséré des encoches pour l'adaptation en impédance.

Le tableau ci-dessous donne les dimensions des différents éléments constitutifs de l'antenne patch.

Tableau 1. Paramètres du tag

Paramètres	Dimension (mm)
Largeur du patch : W_P	105,1695
Longueur du patch : L_P	81,8
Longueur de la ligne d'alimentation :L_f	73,6325
Longueur de l'encoche :L_N	30,5225
Largeur de l'encoche :W_N	3,375
Largeur de la ligne d'alimentation :W_f	3.015

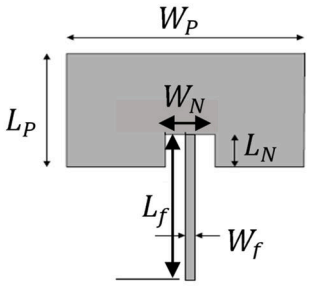


Fig. 1. Antenne patch rectangulaire avec encoches

2.2 SIMULATION DE L'ANTENNE

Dans la figure 2, l'antenne proposée a été modélisée en utilisant le logiciel commercial HFSS [10]. L'évolution du coéfficient de reflexion en fonction de la fréquence d'excitation est tracée dans la figure 3. L'antenne est bien à adaptée à l'impédance 50 Ω dans la bande ISM 868 MHz ($S11 \leq -10dB$) . La bande passante de l'antenne est de 10MHz. Le diagramme de rayonnement de l'antenne est donné par la figure 4.

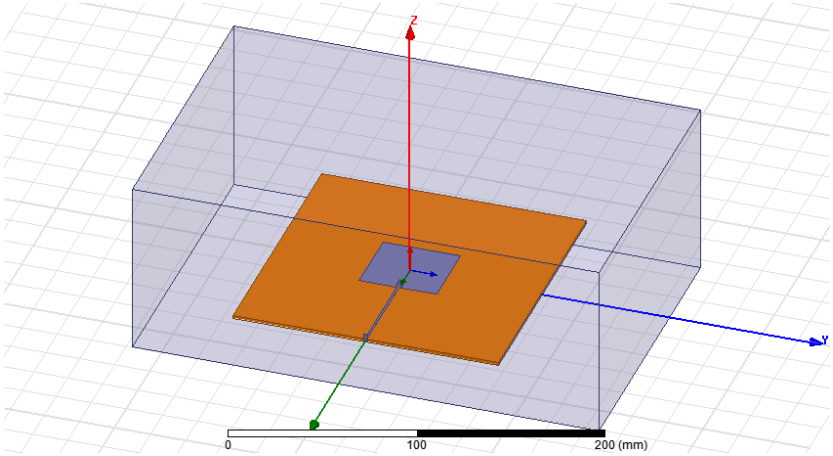


Fig. 2. Conception d'une antenne à patch unique avec HFSS

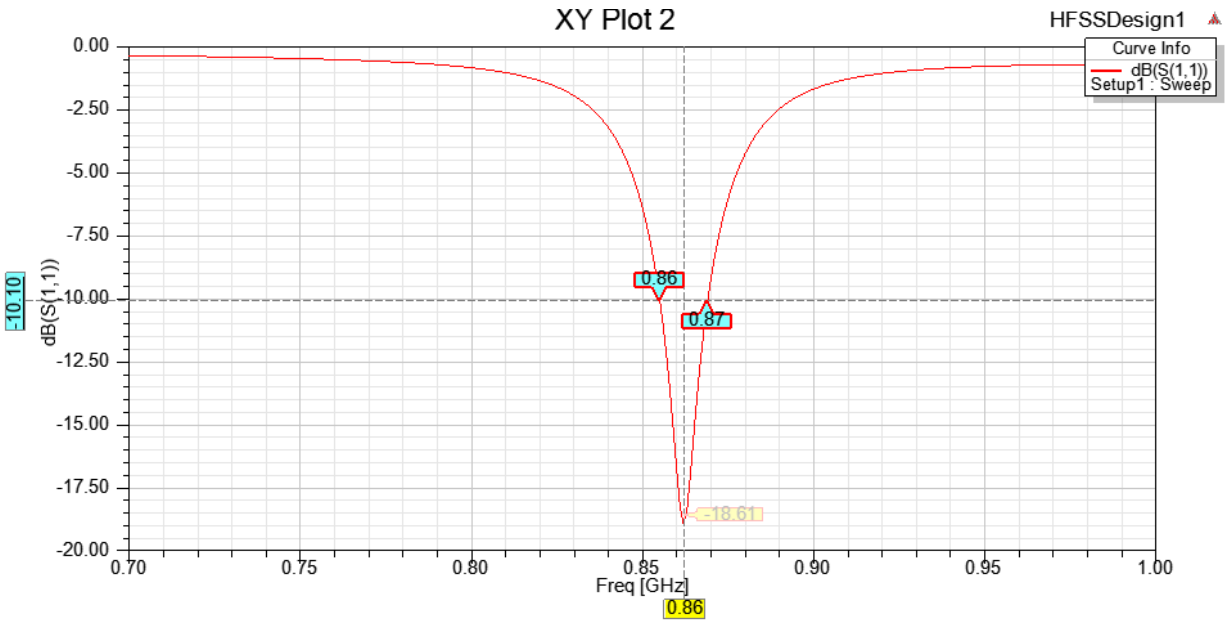


Fig. 3. Coefficient de réflexion S_{11} du tag

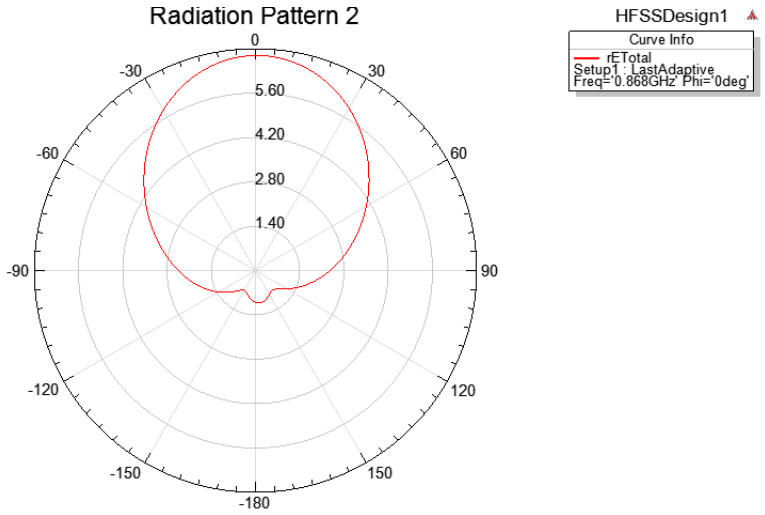


Fig. 4. Diagramme de rayonnement du tag dans le plans

2.3 CIRCUIT ÉLECTRIQUE DE L'ANTENNE PATCH AVEC ENCOCHES

La couplage entre les antennes peut être modélisé numériquement par les logiciels commreciaux (HFSS, ADS etc) en mesurant le paramètre S_{12} qui représente le couplage, l'avantantge de ne prendre en compte que les paramètres les plus prédominants dans le fonctionnement de l'antenne. La simplicité du modèle coefficient de transmission entre deux antennes. Toutefois, ces simulations deviennent rapidement exigeantes en espace mémoire lorsque le nombre d'antennes croit. La représentation d'une antenne par un circuit équivalent présente électrique permet ainsi un gain de temps dans l'étude du couplage entre plusieurs tags dans un emballage. Le modèle électrique de l'antenne de l'étiquette est représenté dans la figure 5. Nous avons suivi les étapes ci-dessous :

a. La ligne d'alimentation est une ligne micoruban considérée sans pertes. Le modèle électrique d'une telle ligne est un circuit LC parallèle [11-12]; l'inducatnce et la capacité du modèle électrique sont notées respectivement L_f et C_f sur la figure 5.

   L'admittance caractéristique de la ligne microruban peut être donnée par :

$$Y_f = \frac{1}{j\omega C_f + \frac{1}{j\omega C_f + \frac{1}{j\omega L_f}}} \quad (1)$$

b. Le patch microruban rectangulaire est considéré comme une combinaison en parallèle d'une résistance R_1, d'une inductance L_1 et de la capacité C_1. L'admittance du patch est donnée par la formule dessous [12-13] :

$$Y_P = \frac{1}{R_1} + j(\omega C_1 + \frac{1}{\omega L_1}) \quad (2)$$

c. Circuit équivalent de l'encoche

Quand une encoche est sur le patch, la distribution du courant est modifiée dans la structure rayonnante par rapport au rayonnant normal du patch. Par conséquent, cette perturbation modifie le circuit équivalent du patch initial (voir figure 1) en introduisant une inductance série supplémentaire et une capacité série. Le circuit équivalent final de l'encoche est une combinaison en parallèle d'une résistance R_2, l'inductance L_2 et la capacité C_2 est représenté sur la figure 5 [12-13]. L'admittance du patch est donnée par la formule (3):

$$\mathrm{Y}_2 = \frac{1}{\mathrm{R}_2} + \mathrm{j}(\omega \mathrm{C}_2 + \frac{1}{\omega \mathrm{L}_2}) \quad (3)$$

d. On peut noter que les deux circuits résonnants, patch rectangulaire et l'encoche chargée, sont couplés par inductance mutuelle L_M et capacité mutuelle C_M [14-15]. L'admittance du couplage encoche et patch est donnée par la formule (4) :

$$\mathrm{Y}_\mathrm{M} = \frac{1}{\mathrm{j}\omega \mathrm{L}_\mathrm{M} + \frac{1}{\mathrm{j}\omega \mathrm{C}_\mathrm{M}}} \quad (4)$$

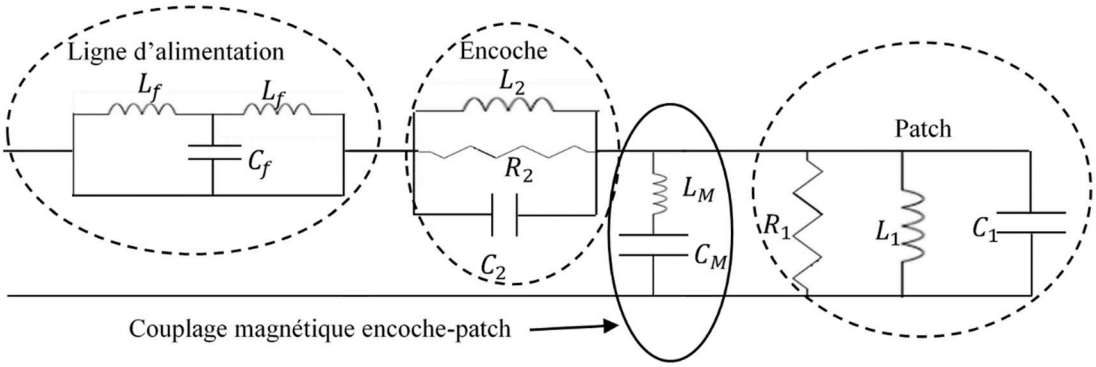


Fig. 5. Modèle électrique de l'antenne avec encoches

Le circuit équivalent en blocs d'admittances est donné par la figure 6. Par conséquent, l'admittance d'entrée Y_1 du système patch rectangulaire, de la ligne d'alimentation et de l'encoche peut être calculée à partir de la figure 6 est donnée par la relation (5) :

$$Y_1 = \frac{1}{\frac{1}{Y_f}+\frac{1}{Y_2}+\frac{1}{Y_M+Y_p}} \quad (5)$$

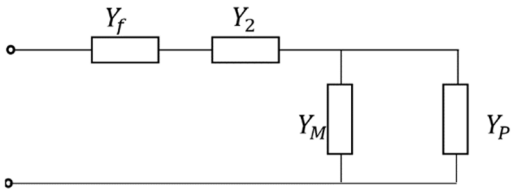


Fig. 6. Circuit équivalent de l'antenne

3 CONFIGURATIONS DE TAGS ET MODELISATION DU COUPLAGE

Considérons deux tags voisins (tag1 et tag2) dans un emballage de n tags identiques. Dans cet emballage les tags peuvent être disposés de façon aléatoire ou rangés. La distance $d = {}^{S}/_{\lambda}$ entre tags est supposée faible (voir figure 7). Le lecteur RFID communique avec ces tags dans cette configuration afin de récupérer la donnée qu'ils contiennent.

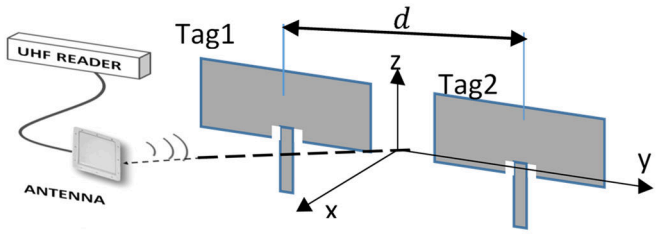


Fig.7. Configuration de deux tags RFID UHF couplés

Quelque soit la configuration des tags dans l'emballage, le circuit équivalent de deux tags voisins est représenté dans la figure 8. Le systèmé est constitué des modèles électriques des tags1 et 2, des capacités de couplage C_{p1}, C_{p2} et C_{12}. La capacité Cpj représente la capacité de superposition(verticale) du tag j respectivement avec les tags au dessus et en desous de ce dernier. La capacité Cij est la capacité de proximité planaire des tags i et j.

Pour la détermination des capacités de couplage, nous utilisons le formalisme des réseaux à deux ports caractérisés par la relation [7] :

$$[I] = [Y].\ [V] \quad (6)$$

$$[Y] = \begin{bmatrix} Y_{11} & Y_{12} \\ Y_{21} & Y_{22} \end{bmatrix} \quad (7)$$

Avec Y la matrice d'admittance. On définit les éléments de la matrice à partir de la figure 8 par les relations suivantes :

$$Y_{11} = Y_1 + j\omega C_{P1} \quad (8)$$

$$Y_{12} = -j\omega C_{12} \quad (9)$$

Avec $Y_{11} = Y_{22}$ les admittances d'entrée des tags 1 et 2. Le niveau de couplage est donné par l'admittance mutuelle Y_{12} ou Y_{21}.

L'objectif étant de déterminer la capacité de couplage C_{12} , nous avons procédés comme suit :

L'admittance mutuelle Y_{12} a été obtenue à partir d'une analyse numérique électromagnétique rigoureuse avec la méthode des éléments finis du logiciel HFSS. La capacité de couplage C_{12} est déduite du paramètre Y_{12} par la relation (9) qui les lie. Les résultats numériques ainsi obtenus sont comparés avec ceux présentés par la formule analytique de G. Dubost et al [8] qui donne l'impédance mutuelle de deux patchs couplés sur le même substrat. Les auteurs modélisent le couplage mutuel entre deux antennes à partir de l'expression analytique du paramètre d'impédance mutuelle Z_{12} donnée ci-dessous :

$$Z_{12} = \frac{25}{2\pi^8}\sqrt{\frac{\mu_0}{\varepsilon_0}}\left(\frac{\lambda_0}{W}\right)^3\left(\frac{\lambda_0}{S}\right)^2 \sin\left(\frac{\pi W}{\lambda_0}\right).\exp\left(-j2\pi\frac{S}{\lambda_0}\right) \quad (10)$$

μ_0 : perméabilité du vide ; ε_0 : permittivité du vide

λ_0 : longueur d'onde

W : largeur de l'antenne

s : distance centre à centre entre antennes.

Nous déduisons la capacité de couplage C_{12} par la relation suivante :

$$C_{12} = \left|-\frac{Y_{12}}{j\omega}\right| = \left|-\frac{1}{j2\pi f.Z_{12}}\right| \quad (11)$$

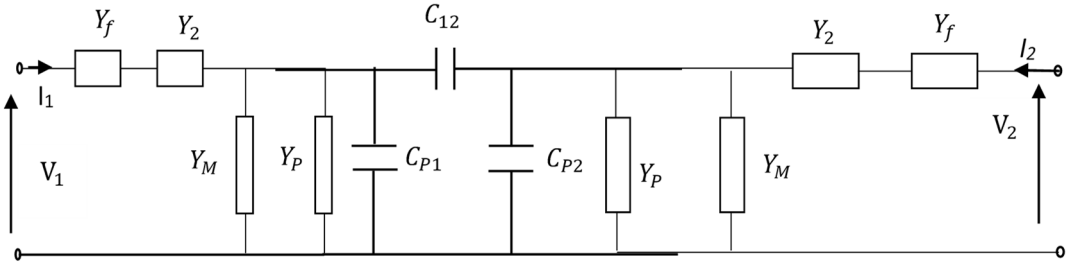


Fig. 8. Circuit électrique équivalent de deux patchs.

4 SIMULATIONS ET RESULTATS

4.1 SIMULATIONS AVEC HFSS

Les différentes configurations des antennes modélisées sous HFSS sont présentées dans les figures 10 et 13. La fréquence de simulationest de 868MHz. Nous faisons varier la distance entre les tags pour $0{,}2\lambda \leq s \leq 3\lambda$. Nous calculons la capacité de couplage C_{12} pour deux configurations de tags : dans la première configuration, les tags sont placés dans le même plan et dans la seconde configuration les tags sont disposés, l'un au dessus de l'autre (superposés). Les figures 12 et 15 montrent la variation de cette capacité de couplage calculées à partir des resultats d'admittances mutuelles Y_{12} simulées (figure 11 et 14).

4.1.1 CONFIGURATION 1 : TAGS PLACÉS DANS LE MÊME PLAN

La capacité de couplage calculée à partir de l'admittance Y_{12} est tracée à la figure 12. Le couplage entre les tags n'intervient que pour des distances $s \leq 0{,}5\lambda$. La valeur de la capacité de couplage pour $s \leq 0{,}5\lambda$ varie peu et vaut $C_{12} = 0{,}25$pF. Le couplage ici est essentiellement lié aux courants de bord des antennes des deux tags. Etant donné les longueurs des extremités des antennes $l \sim 0{,}5\lambda$, il s'agit bien d'un couplage entre dipoles demi-onde.

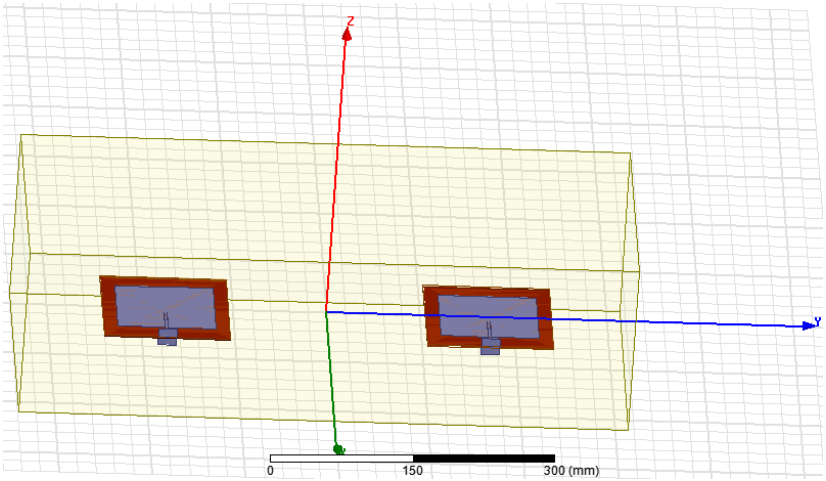


Fig.10. Simulation du réseau de deux antennes patch placés côte à côte avec HFSS

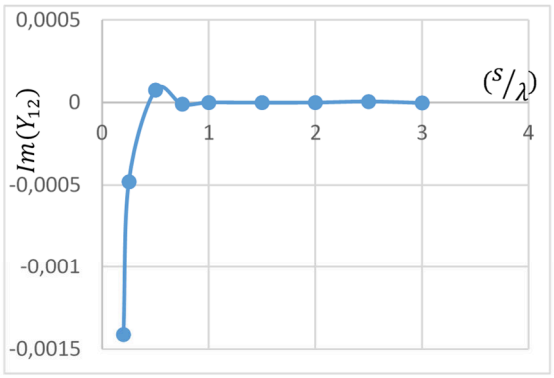


Fig.11. Partie imaginaire de l'adimttance mutulle Y_{12} pour la configuration 1.

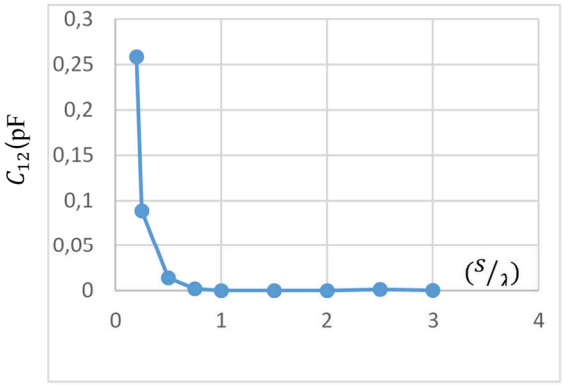


Fig.12. Capacité de couplage entre deux tags pour la configuration 1.

4.1.2 CONFIGURATION 2 : TAGS SUPERPOSÉS

Nous faisons varier verticalement la distance *s* entre les tags comme présenté à la figure 13.

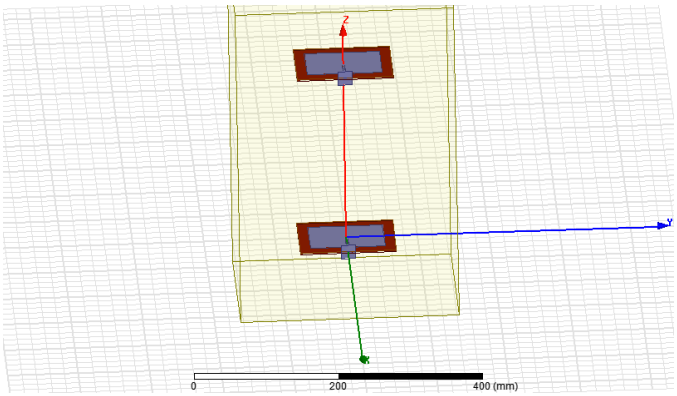


Fig. 13. Simulation du réseau de deux antennes patch placés l'un au dessus de l'autre avec HFSS

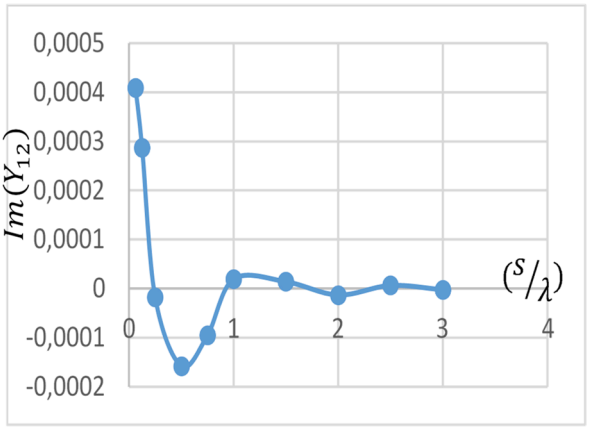


Fig. 14 .Partie imaginaire de l'adimttance mutulle Y_{12} pour la configuration 2

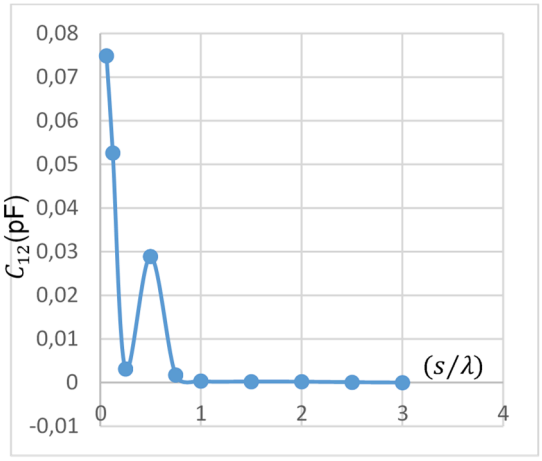


Fig. 15 . Capacité de couplage pour la configuration 2

Pour cette configuration , nous observons le même phénomène de couplage que dans la configuration 1 mais avec une capacité de couplage faible d'un facteur 10. La superposition des tags utilsant comme antennes des patchs a pour avantage de reduire le rayonnement arrière des antennes. Dans cette configuration, la proximité des tags a peu d'influence sur la désadapation de l'antenne et de sa puce.

4.2 VALIDATION DES RÉSULTATS

Dans cette partie nous comparons les résultats obtenus par la méthode hybride proposée avec celle analytique présentée dans [8]. Etant donné qu'il est presque introuvable des études dans la littérature sur la configuration 2, seule la configuration 1 des tags a été validée. La capacité de couplage est obtenue à partir des formules (9) et (11).

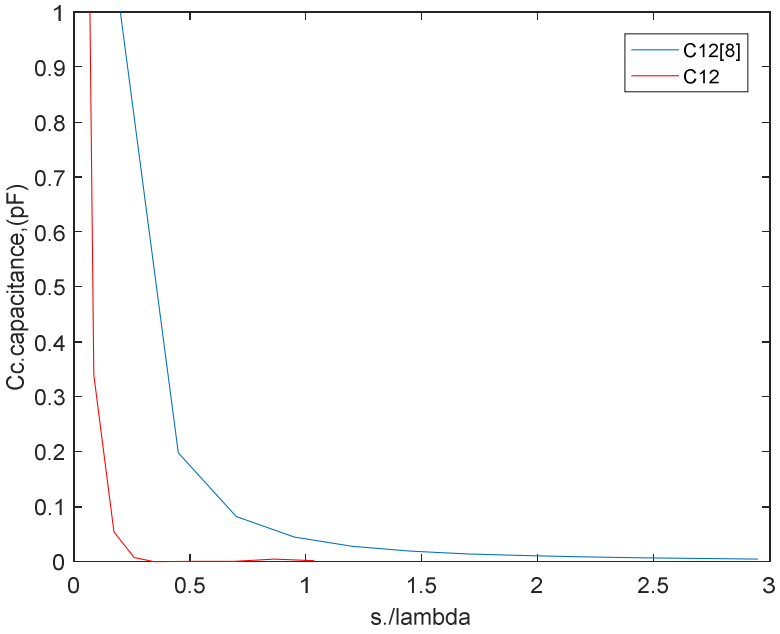


Fig. 16. Capacité de couplage entre les tags

La figure 16 montre que les deux approches donnent les mêmes allures des capacités de couplage en fonction de la distance. On note néanmoins un écart de valeurs qui peut être lié aux valeurs additives de capacité qui ne sont pas prises en compte. En effet, une antenne adaptée produit moins de rayonnement parasite qu'une antenne non adaptée. La présence d'encoches

dans nos antennes peut expliquer les valeurs plus faibles de capacité de couplage. Dans [8], les antennes sont étudiées sur un meme substrat favorisant donc la propagation des ondes de surface entre antennes.

5 CONCLUSION

Dans cette contribution nous avons proposé un circuit équivalent de deux tags couplés dans la bande RFID UHF 868 MHz. La capacité de couplage a été déduite par une méthode hydride combinant les simulations par un logiciel commercial et des formules analytiques. Les valeurs des capacités de couplage obtenues montrent que la configuration la plus sensible au couplage est celle qui dispose les tags dans un même plan. Les résultats sont concordants avec la littérature et ouvrent des perspectives pour évaluer le couplage de plusieurs empilements de tag dont les antennes ne sont pas forcément des antennes patch.

RÉRÉRENCES

[1] K. Finkenzeller “RFID Handbook” 2e edition 2003.

[2] A. Venna, E. Peret, S Tedjini, “High-Capacity Chipless RFID TAG In Sensitive to the polarization” IEEE Trans. on Antenna and Propagation, 2012; pp.60-69.

[3] P.V. Nikitin, V.S. Rao, and S, Lazar, “An overview of near field UHF RDIF” IEEE RFID Conference, 2007, pp.167-174.

[4] A. Key, “Near-field gain of aperture antennas” IEEE Transaction on Antennas and Propagation, Vol.8. no.6. Nov. 1960.pp. 586-593.

[5] J.M.Taylor, A Terzuoli, “On the concept of near field radar cross section”, IEEE Antennas and Propagation Society International Symposium. Jul. 1997. Vol. 2. pp. 1172-1185.

[6] A. Shameli et al, “A UHF Nera-Field RFID system with Fully Integrated Transponder”, IEEE Transaction on Microwave Theory and Techniques, vol.56.no.5, Part 2, 2008, pp. 1267-1277.

[7] A.Hafiane, O.Picon, L Cirio, “Etude du couplage de deux antennes imprimees par la Methode FDTD’’, JNM Mai 1999. ELECTRONlCS LETTERS 10th July 2003 Vol. 39 No. 14

[8] G. DUBOST, Y. BAO, ‘’Couplages entre sources imprimées actives Analyse d'un réseau fini & deux dimensions de sources plates actives Application au balayage é1ectronique’’Ant. Télécom, 48, n0 9-10, 1993.

[9] Pace, “Asymptotic formulas for coupling between two antennas in the Fresnel region”, IEEE transaction on Antennas and Propagation, vol.17 no.3.May.1969, pp.285-291.

[10] High Frequency Structure Simulator (HFSS) v15, Ansoft Corporation, Pittsburgh, PA, 2015

[11] G. Kumar, and K.P Ray, “Broadband Microstrip Antenna” USA, Artech House, 2003.

[12] M. Meada “Analysis of gap in microstrip Transmission Line”, IEEE Trans. Antennas and Propagation .32, 1972, pp. 1375-1379.

[13] I. J. Bahal and P. Bartia, “Microstrip patch antenna”, Artech House, 1990.

[14] Zheng, X.X. and F. Yang, “Study of slit cut microstrip antenna and its application” Microwave Opitcal Technology. Lett, 18, 1998, pp. 297-300.

[15] Bahl, I. J. “Lumped Elements for RF and Microwave Circuits”, Artech House, Boston, 2003.

[16] I. Salonen, C. Icheln, and P. Vainikainen "Microstrip antenna circuit model and linear pattern correction ". The 11th International Symposium on Antenna technology and applied electromagnetic. ANTEM Saint-Malo France, pp. 128-183, June 15-17 2005.

International Journal of Innovation and Applied Studies
ISSN 2028-9324 Vol. 27 No. 1 Aug. 2019, pp. 410-416
© 2019 Innovative Space of Scientific Research Journals
http://www.ijias.issr-journals.org/

Etude de l'offre et du comportement alimentaires des adolescents dans les collèges privés et publics au Bénin : Cas de trois collèges à Cotonou

[Study of the food offer and eating behavior of adolescents in private and public secondary schools in Benin : Case of three schools in Cotonou]

Darboux Aymeric Joaquin[1], Sossa Jerome Charles[2], and Falola Lionel Geldys[1]

[1]Faculté des Sciences de la Santé, Université d'Abomey-Calavi, BP 188 Cotonou, Benin

[2]Institut Régional de Santé Publique Comlan Alfred Quenum, Université d'Abomey-Calavi, BP 384 Ouidah, Benin

Copyright © 2019 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 poor quality of diet in adolescents contributes to the occurrence of nutritional diseases in adulthood. The aim of this study was to describe the food offer and behavior of adolescents and to examine their relationship to the type of secondary school in the city of Cotonou in Benin. The study was transversal with a descriptive and analytical purpose. It was conducted in 140 adolescents aged 10 to 19, randomly selected from one public school and two private in Cotonou. The diversity of the food supply was better in private schools (6/7 versus 4/7). Breakfast was regularly taken by 42.1% of teenagers. On a daily basis, 8.6% of teens consumed fruit and vegetables at least five times, 34.3% consumed dairy products at least once, and 82.1% less than 3 times protein foods. The frequency of consumption of pastries or pastries was 44.3% and that of soft drinks 18.6% at least once a day. Of these, 27.9% already had experience with the consumption of alcoholic beverages. The eating behavior of adolescents was not associated with the type of college. These results show that the food offer in secondary schools needs to be improved to make more nutritious foods and balanced meals available. Adolescents should benefit from nutrition education to promote better eating behaviors.

KEYWORDS: quality, diet, adolescent, secondary school, Benin.

RESUME: La mauvaise qualité de l'alimentation chez l'adolescent contribue à la survenue des maladies nutritionnelles à l'âge adulte. L'objectif de la présente étude était de décrire l'offre et le comportement alimentaire des adolescents et d'examiner leur lien avec le type d'école dans la ville de Cotonou au Bénin. L'étude était transversale à visée descriptive et analytique. Elle a été conduite chez 140 adolescents âgés de 10 à 19 ans, sélectionnés aléatoirement dans un collège public et deux privés à Cotonou. La diversité de l'offre alimentaire était meilleure dans les collèges d'enseignement privé (6/7 versus 4/7). Le petit déjeuner était pris régulièrement par 42,1 % des adolescents. Quotidiennement, 8,6 % des adolescents consommaient au moins cinq fois des fruits et légumes, 34,3 % consommaient au moins une fois des produits laitiers et 82,1 % moins trois fois des aliments sources de protéines. La fréquence de consommation des pâtisseries ou viennoiseries était de 44,3 % et celle des boissons sucrées de 18,6 % au moins une fois par jour. Parmi eux 27,9 % avaient déjà une expérience de consommation de boissons alcoolisées. Le comportement alimentaire des adolescents n'était pas associé au type de collège. Au vu des résultats, l'offre alimentaire dans les collèges doit être améliorée pour rendre disponible des aliments plus favorables à la santé et des repas équilibrés. Les adolescents devraient bénéficier d'une éducation nutritionnelle pour favoriser l'adoption de meilleurs comportements alimentaires.

MOTS-CLEFS: qualité, alimentation, adolescent, collège, Bénin.

Corresponding Author: Darboux Aymeric Joaquin

1 INTRODUCTION

Les comportements alimentaires déterminent la qualité de l'alimentation. Une mauvaise alimentation pendant l'adolescence compromet le potentiel des adolescents en agissant négativement sur leur état de santé et leur développement. Au Bénin les adolescents représentent un peu plus de 20% de la population [1]. Selon l'enquête globale sur la santé des élèves, les prévalences de la maigreur, du surpoids et de l'obésité dans ce groupe d'âge étaient respectivement de 4,4 %, 8,8 % et 0,4 % [2]. Seulement 19 % des élèves consommaient des fruits et légumes cinq fois ou plus par jour ; 28 % consommaient des boissons sucrées gazeuses ; 17,6 % mangeaient dans des fast-foods et 20,7 % d'entre eux avait déjà consommé de l'alcool [2]. Le cadre scolaire est un facteur qui influence la consommation alimentaire chez les jeunes et est susceptible de promouvoir de bonnes ou de mauvaises habitudes alimentaires [3]. L'objectif de la présente étude était de décrire l'offre alimentaire, le comportement alimentaire des adolescents et d'examiner leur lien avec le type d'école dans la ville de Cotonou au Bénin.

2 MATÉRIEL ET MÉTHODES

2.1 TYPE D'ÉTUDE

L'étude était transversale à visée descriptive et analytique.

2.2 POPULATION D'ÉTUDE

Elle était constituée des adolescents âgés de 10 à 19 ans scolarisés dans les collèges publics et privés de la ville de Cotonou.

2.3 ECHANTILLONNAGE

2.3.1 TAILLE DE L'ÉCHANTILLON

La taille de l'échantillon a été calculée par la formule de SCHWARTZ ($n = \varepsilon\alpha^2 pq/i^2$) avec p la prévalence du surpoids chez les adolescents en milieu scolaire au Bénin (8,8 %) [2], $\varepsilon\alpha^2$ le risque d'erreur accepté ($1{,}96^2$) et i la précision désirée (5 %). En ajoutant 10% pour couvrir les cas de non réponse, le nombre d'adolescents à enquêter était de 140.

2.3.2 SÉLECTION DES SUJETS

Les adolescents enquêtés ont été sélectionnés par échantillonnage aléatoire à plusieurs degrés. Dans un premier temps, trois collèges ont été choisis aléatoirement à partir des listes des collèges publics et privés disponible à la Direction Départementale Atlantique-Littoral de l'Enseignement Secondaire. Un ratio de deux collèges privés pour un collège public a été respecté car les effectifs de classe des collèges publics sont beaucoup plus grands que ceux des collèges privés. Ensuite dans chaque collège, une classe a été choisie aléatoirement de la 4ème à la 1ère.

2.3.3 CRITÈRE D'INCLUSION ET D'EXCLUSION

Tous les élèves des classes sélectionnées, présents pendant la période de l'enquête ont été inclus dans l'étude. Ceux dont l'âge était inférieur à 10 ans ou supérieur à 19 ans ont été exclus de l'étude.

2.4 VARIABLES À L'ÉTUDE

Les données collectées concernaient les facteurs sociodémographiques (l'âge, le sexe, la classe d'étude et le collège de provenance) et les facteurs alimentaires tels que la diversité de l'offre alimentaire, le nombre de repas habituellement pris par jour, le respect des principaux repas, la consommation des différentes catégories d'aliments et celle des aliments potentiellement obésogènes ou nuisibles à la santé.

2.5 COLLECTE DES DONNÉES

La collecte des données s'est déroulée en 6 jours du 29 Octobre au 07 Novembre 2013. La technique de collecte consistait en l'auto-recueil des données par les adolescents sur questionnaire et l'observation directe de l'offre alimentaire dans les collèges par le chercheur principal. Un questionnaire de fréquence alimentaire a été intégré au questionnaire principal pour le recueil des données sur l'alimentation.

2.6 CONSIDÉRATIONS ÉTHIQUES

Les données ont été recueillies dans le respect de la confidentialité et de l'anonymat en accord avec les autorités de la Direction Départementale Atlantique-littoral de l'Enseignement Secondaire au Bénin.

2.7 ANALYSES STATISTIQUES

Les données ont été saisies et analysées sur ordinateur à l'aide du logiciel Statistical Package for Social Sciences (SPSS) dans sa version 20.0. Une analyse descriptive a été réalisée puis une bivariée à l'aide du test de Chi² avec un seuil de signification à 5%.

3 RESULTAT

3.1 CARACTÉRISTIQUES SOCIODÉMOGRAPHIQUES

Au total, 140 adolescents ont participé à l'enquête. Parmi eux il y avait 62 garçons (44,3 %) et 78 filles (55,7 %). L'âge des adolescents variait de 11 ans à 18 ans. L'âge moyen était de 14,85 ans ± 1,69 (14,84 ans chez les garçons et 14,85 ans chez les filles). La majorité était en classe de 3ème (70,7 %) et en seconde pour le reste (29,3 %). Les adolescents scolarisés dans l'enseignement public étaient 54 (38,6 %) et dans l'enseignement privé 86 (61,4 %).

3.2 DESCRIPTION DE L'OFFRE ALIMENTAIRE DANS LES COLLÈGES

Par rapport à chaque catégorie d'aliments, on retrouvait dans les collèges privés une plus grande variété d'aliments à consommer par les adolescents. Le score de diversité était de 4/7 dans le collège public et de 6/7 dans les collèges privés indiquant que l'offre alimentaire est plus variée dans les écoles privées en comparaison aux écoles publiques. Dans les trois collèges, il n'y avait pas de point de vente de fruits. La disponibilité en fruits, en légumes et produits laitiers était faible dans les trois collèges surtout dans le collège public. Le tableau 1 présente les aliments disponibles dans chaque type de collège en fonction des 7 groupes d'aliments retenus.

Tableau 1. Offre alimentaire par groupe d'aliments et par type de collèges concernés par l'étude

N°	Catégories d'aliments	Collège	
		Public	**Privé**
01	Aliments à base de céréales, tubercules et racines	Pain de blé, macaroni, riz, pâte de maïs, tapioca, yaourt végétal à base de maïs, bouillie de maïs fermenté granulé, beignet de blé	Pain de blé, macaroni, riz, couscous, tapioca, yaourt végétal à base de maïs, pâte de farine de manioc fermentée, pâte de farine de manioc, bouillie de maïs fermenté granulé, beignet de blé
02	Aliments à base de légumineuses	Haricot, voandzou	Haricot, voandzou
03	Aliments à base de légumes-feuilles	Non offerts	Salade (à base de feuilles de laitue, tomate, oignon, concombre), sauce de tomate, jus d'oignon
04	Aliments à haute teneur en protéines	Poisson, viande de poulet, œuf, saucisse de poulet	Poisson, viande de poulet, œuf, fromage de lait de vache, fromage de soja, saucisse de poulet
05	Produits laitiers	Non offerts	Yaourt, yaourt au mil, yaourt au couscous
06	Aliments et boissons sucrés	Biscuits, bonbons, chewing-gum, jus de bissap sucré, jus d'orange en brique, eau	Gâteau sucré, biscuits, bonbons, chewing-gum, jus de bissap sucré, jus d'orange en brique, sirop de menthe, café au lait, eau
07	Huile et aliments gras	Friture de tomate	Igname frite, banane frite, friture de tomate

3.3 COMPORTEMENT ALIMENTAIRE DES ÉLÈVES ENQUÊTÉS

3.3.1 PRISE DES TROIS PRINCIPAUX REPAS DE LA JOURNÉE

Concernant le respect des différents repas de la journée par les adolescents, 59 (42,1 %) prenaient quotidiennement le petit déjeuner, 99 (70,7 %) quotidiennement la collation du matin, 135 (96,4 %) quotidiennement le déjeuner, 92 (65,7 %)

quotidiennement le gouter et 140 (100 %) prenaient quotidiennement le dîner. Le nombre moyen de repas par jour était de 3,78 ± 1,18 soit environ 4.

3.3.2 FRÉQUENCE DE CONSOMMATION DES ALIMENTS

Pour ce qui est de la consommation alimentaire, 84 (60 %) consommaient moins de trois fois par jour des céréales et tubercules ; 10 (7,1 %) consommaient des légumes et légumes-feuilles trois fois ou plus par jour, 36 (27,5 %) consommaient des fruits deux fois ou plus par jour, 12 (8,6 %) consommaient des fruits et légumes cinq fois ou plus par jour, 115 (82,1 %) consommaient moins de trois fois par jour une source de protéine animale ou végétale et 48 (34,3 %) consommaient une fois ou plus par jour des produits laitiers. Concernant les aliments potentiellement obésogènes ou nuisibles à la santé, 62 (44,3 %) consommaient une fois ou plus par jour des produits de pâtisserie et viennoiserie, 26 (18,6 %) consommaient une fois ou plus par jour des boissons sucrées, 21 (15 %) consommaient trois fois ou plus par semaine des plats de restauration rapide (fast-foods) et 39 (27,9 %) avaient déjà consommé une fois des boissons alcoolisées. Le tableau 2 présente les fréquences de consommation des différents aliments en fonction du sexe et du type de collège. Les fréquences de consommation par les adolescents ne différaient pas significativement selon le sexe ni le type de collège pour toutes les catégories d'aliments (toutes les p-values > 0,05).

Tableau 2. Fréquences de consommation par les adolescents des différentes catégories d'aliments en fonction du sexe et du type de collège

Catégories d'aliments	Total (%)	Sexe		p	Type de collège		p
		Masculin	Féminin		Privé	Public	
Céréales et tubercules				0,445			0,887
Moins de 3 fois par jour	84 (60)	35 (56,5)	49 (62,8)		52 (60,5)	32 (59,3)	
3 à 4 fois par jour	56 (40)	27 (43,5)	29 (37,2)		34 (39,5)	22 (40,7)	
Légumineuses, viandes, poissons et œufs				0,634			0,456
Moins de 3 fois par jour	115 (82,1)	52 (83,9)	63 (80,8)		69 (80,2)	46 (85,2)	
3 à 4 fois par jour	25 (17,9)	10 (16,1)	15 (19,2)		17 (19,8)	8 (14,8)	
Légumes feuilles et en sauces				0,109			0,923
Moins de 3 fois par jour	130 (7,1)	60 (96,8)	70 (89,7)		80 (93)	50 (92,6)	
3 fois ou plus par jour	10 (92,9)	2 (3,2)	8 (10,3)		6 (7)	4 (7,4)	
Fruits				0,982			0,454
Moins de 2 fois par jour	104 (74,3)	46 (74,2)	58 (74,4)		62 (72,1)	42 (77,8)	
2 fois ou plus par jour	36 (25,7)	16 (25,8)	20 (25,6)		24 (27,9)	12 (22,2)	
Fruits et légumes feuilles ou en sauces				0,424			0,697
Moins de 5 fois par jour	128 (91,4)	58 (93,5)	70 (89,7)		78 (90,7)	50 (92,6)	
5 fois ou plus par jour	12 (8,6)	4 (6,5)	8 (10,3)		8 (9,3)	4 (7,4)	
Produits laitiers				0,927			0,859
Moins d'1 fois par jour	92 (65,7)	41 (66,1)	51 (65,4)		57 (66,3)	35 (64,8)	
1 fois ou plus par jour	48 (34,3)	21 (33,9)	27 (34,6)		29 (33,7)	19 (35,2)	
Pâtisseries et viennoiseries				0,597			0,976
Moins d'1 fois par jour	78 (55,7)	33 (53,2)	45 (57,7)		48 (55,8)	30 (55,6)	
1 fois ou plus par jour	62 (44,3)	29 (46,8)	33 (42,3)		38 (44,2)	24 (44,4)	
Boissons sucrées				0,822			0,379
Moins d'1 fois par jour	114 (81,4)	51 (82,3)	63 (80,8)		72 (83,7)	42 (77,8)	
1 fois ou plus par jour	26 (18,6)	11 (17,7)	15 (19,2)		14 (16,3)	12 (22,2)	
Produits de restauration rapide				0,198			0,593
Moins de 3 fois par semaine	119 (85)	50 (80,6)	69 (88,5)		72 (83,7)	47 (87)	
3 fois ou plus par semaine	21 (15)	12 (19,4)	9 (11,5)		14 (16,3)	7 (13)	
Boissons alcoolisées				0,918			0,987
Oui	39 (27,9)	17 (27,4)	22 (28,2)		24 (27,9)	15 (27,8)	
Non	101 (72,1)	45 (72,6)	56 (71,8)		62 (73,1)	39 (72,2)	

4 DISCUSSION

Dans la présente étude, l'offre alimentaire était plus variée dans les collèges privés comparés au collège public (6/7 vs. 4/7). Moins de la moitié des adolescents enquêtés prenaient quotidiennement le petit déjeuner (42,1 %). Les proportions de

consommation des légumes et légumes-feuilles et des fruits étaient faibles (respectivement de 7,1 % trois fois ou plus par jour et 27,5 % deux fois ou plus par jour). Les produits de pâtisserie et viennoiserie étaient consommés une fois ou plus par jour par un peu moins de la moitié des adolescents enquêtés (44,3 %) et un peu plus du quart avait déjà consommé des boissons alcoolisées (27,9 %). Le type de collège n'était pas associé au comportement alimentaire des adolescents.

4.1 OFFRE ALIMENTAIRE DANS LES COLLÈGES

Dans les collèges enquêtés, il y avait une faible disponibilité en fruits, légumes et produits laitiers. Au Burkina-Faso, une situation similaire a été observée. Seulement 9 % des vendeuses d'aliments dans les établissements scolaires concernés par l'étude offraient des fruits [4]. Dans la présente étude, la faible disponibilité des légumes (notamment les légumes-feuilles) et des produits laitiers pourrait être liée à leurs conditions de préparation et de conservation que les vendeuses d'aliments ne maitrisent pas pour la plupart. Des repas chauds sont plus facilement conservables et sont à moindre risque pour la santé des élèves. De plus les produits laitiers de par leur coût sont moins accessibles financièrement pour les élèves et ne conviendraient donc pas à une commercialisation sur ces lieux. L'environnement alimentaire scolaire peut avoir un impact significatif sur les choix alimentaires des élèves. Des changements dans cet environnement sont nécessaires pour améliorer l'alimentation des élèves et réduire la prévalence de l'obésité [5]. Dans les écoles où des actions ont été menées pour augmenter la disponibilité alimentaire des fruits et légumes, leur consommation avait augmenté [6, 7]. Dans celles où des actions avaient été menées pour limiter la consommation d'aliments riches en énergie et pauvres en nutriments, la consommation de ces derniers a diminué [8, 9]. Ces deux types d'actions permettaient de réduire l'apport énergétique des élèves et ainsi de lutter contre le surpoids et l'obésité. Notons que les interventions intégrant à l'amélioration de l'alimentation, l'activité physique dans un cadre scolaire avec une composante familiale et communautaire sont celles qui avaient le plus de preuves d'efficacité [10].

4.2 COMPORTEMENT ALIMENTAIRE DES ADOLESCENTS

Dans les collèges enquêtés, la proportion d'adolescents prenant quotidiennement le petit déjeuner était de 42,1 %. Au Ghana, cette proportion était de 61 % [11]. La pauvreté et l'insuffisance de nourriture à la maison sont les raisons qui pourraient expliquer le saut du petit déjeuner chez les adolescents. Au Bénin 17,7 % des adolescents avaient eu faim car il n'y avait pas assez de nourriture chez eux [2]. Ces faibles proportions de consommation du petit déjeuner montrent que les adolescents dans les collèges sont exposés à des problèmes de performance scolaire. En effet, les élèves prenant le petit déjeuner ont une meilleure concentration et de meilleures performances cognitives que ceux qui ne le prennent pas [12].

Au sein des adolescents enquêtés, les proportions de consommation de céréales et tubercules (60 %) et d'aliments sources de protéines (82,1 %) moins de trois fois par jour indiquent un mauvais équilibre alimentaire. Les aliments sources de protéines devraient être consommés à chaque repas et accompagner les céréales ou tubercules, les légumes et les fruits dans des proportions établies et consignées dans les guides alimentaires des pays ou les documents sur la nutrition. Les différences entre ces deux proportions montrent que chez les adolescents enquêtés les aliments sources de protéines ne sont pas toujours présents à chaque repas. Le faible apport de protéines chez l'adolescent compromet sa croissance et peut conduire à une dénutrition.

Dans la présente étude 34,3 % des adolescents consommaient une fois ou plus par jour des produits laitiers. Au Bahreïn, près de la moitié des enfants âgés de 2 à 18 ans ne consommaient pas de produits laitiers [13]. Au Bénin, la consommation des produits laitiers ne fait pas partie de l'alimentation quotidienne sauf dans quelques régions à forte activités d'élevage de vaches laitières. Leur prix élevé par rapport aux aliments de base ne favorise pas non plus leur consommation régulière dans les autres régions du pays.

La consommation de fruits et légumes chez les adolescents dans la présente étude est faible. Au Ghana les légumes étaient consommés quotidiennement par seulement 38 % des adolescents et les fruits par 30 % d'entre eux [10]. En Tanzanie la consommation de fruits au moins deux fois par jour était de 39,1 % [14] contre 33,2 % au Bénin [2] et 27,5 % dans la présente étude. Pour les légumes elle est de 28,9 % en Tanzanie [14], 17,3 % au Bénin [2] et 7,1 % dans la présente étude. Globalement les consommations de fruits et de légumes par les adolescents sont faibles et ce malgré l'importante production agricole réalisée dans ces pays. Dans la présente étude, la faible offre alimentaire de ces produits notamment les fruits contribuerait à cette faible consommation dans les collèges visités. De par leur effet bénéfique sur la santé, la consommation quotidienne et en quantité suffisante de fruits et légumes devrait être encouragée chez les plus jeunes afin que cela rentre dans leurs habitudes alimentaires.

Dans le même temps, les consommations des aliments potentiellement obésogènes ou nuisibles à la santé sont dans des proportions importantes. Dans la présente étude 44,3 % des adolescents consommaient une fois ou plus par jour des produits de pâtisserie et viennoiserie, 18,6 % des boissons sucrées et 15 % consommaient trois fois ou plus par semaine des plats de

restauration rapide. Des proportions semblables ont été documentées au niveau national et en Tanzanie avec respectivement 17,6 % [2] et 16 % [14] pour ce qui concerne la restauration rapide. Pour ce qui est de la consommation de boissons gazeuses sucrées, la proportion est par contre plus élevée au Bahreïn (approximativement 50 %) [13]. Les différences de niveaux socioéconomiques peuvent expliquer cette différence de proportion en ce sens que dans ce pays ces boissons soient plus accessibles financièrement et plus disponibles dans l'environnement des adolescents qu'au Bénin.

Dans la présente étude ils sont 27,9 % à avoir déjà consommé des boissons alcoolisées. Au niveau national il s'agissait de 20,7 % [2] et au Ghana de 15,3 % [15]. L'initiation précoce à la consommation d'alcool chez les adolescents les expose à des risques de violences physiques, d'échec scolaire et compromet leur santé. Ces proportions de consommation sont importantes d'autant plus qu'au Bénin 17 % d'entre eux avaient été ivres au moins une fois et 10,7 % avaient eu un comportement inapproprié (dispute, absentéisme à l'école et bagarre) après consommation [2].

Les fréquences de consommation alimentaires des adolescents dans notre étude ne variaient pas selon le sexe et le type de collège (enseignement public ou privé). L'étude au Bahreïn avait observé par contre que la consommation quotidienne de bonbons et de collations était significativement plus fréquente chez les filles que chez les garçons et qu'en revanche la viande, les produits laitiers, thé et le café étaient plus populaires auprès des garçons que des filles [13]. Cette différence de résultat peut être due aux techniques utilisées par les deux études pour la mesure de la consommation alimentaire. Dans l'étude au Bahreïn, un questionnaire de fréquence semi-quantitatif a été utilisé pour mesurer les fréquences de consommation de portions standards d'aliments pris individuellement qui n'est pas le cas de la présente étude qui a mesuré ces fréquences pour des groupes alimentaires.

5 CONCLUSION

La présente étude a permis d'étudier l'offre et le comportement alimentaire des adolescents scolarisés dans quelques collèges de Cotonou. L'offre alimentaire était plus variée dans les collèges privés. Au sein des adolescents, les proportions de saut du petit déjeuner et de consommation des aliments potentiellement nuisibles à la santé (pâtisseries, viennoiseries, plats de restauration rapide, boissons sucrées et boissons alcoolisées) sont élevées tandis que celles des aliments favorables à la santé (fruits, légumes, aliments sources de protéines) sont faibles. Ces résultats soutiennent que des actions méritent d'être menées dans les collèges d'enseignement public et privé à l'endroit des adolescents pour leur garantir une meilleure alimentation. Une sensibilisation des responsables des collèges et des restauratrices est à envisager pour rendre disponible des aliments plus favorables à la santé et des repas équilibrés. A l'endroit des adolescents, une éducation nutritionnelle favorisera de meilleures pratiques alimentaires chez eux.

RÉFÉRENCES

[1] Institut National de la Statistique et de l'Analyse Économique (INSAE). Principaux indicateurs sociodémographiques et économiques (RGPH-4, 2013). 2016. 85p.

[2] Direction Nationale de la Santé Publique, Programme National de Lutte contre les Maladies Non Transmissibles. Enquête globale sur la sante des élèves au Bénin en 2009. Organisation Mondiale de la Santé. 2011. 18p.

[3] Organisation Mondiale de la Santé. Le défi de l'obésité dans la région européenne de l'OMS et les stratégies de lutte. Résumé. Copenhague : OMS. 2006. 84p.

[4] Cissé D, Youssouf DK, Souncalo TM, Mouctar C. L'offre alimentaire dans les établissements scolaires du quartier de Sabalibougou en commune V du district de Bamako. Mali Médical. 2015;30(2):1-7.

[5] Briefel RR, Crepinsek MK, Cabili C, Wilson A, Gleason PM. School food environments and practices affect dietary behaviors of US public school children. J Am Diet Assoc. 2009;109(2 Suppl):S91-107.

[6] Davis EM, Cullen KW, Watson KB, Konarik M, Radcliffe J. A Fresh Fruit and Vegetable Program improves high school students' consumption of fresh produce. J Am Diet Assoc. 2009;109(7):1227-31.

[7] Jamelske E, Bica LA, McCarty DJ, Meinen A. Preliminary findings from an evaluation of the USDA Fresh Fruit and Vegetable Program in Wisconsin schools. WMJ. 2008;107(5):225-30.

[8] Neumark-Sztainer D, French SA, Hannan PJ, Story M, Fulkerson JA. School lunch and snacking patterns among high school students: associations with school food environment and policies. Int J Behav Nutr Phys Act. 2005 ;2(1):14.

[9] Vereecken CA, Bobelijn K, Maes L. School food policy at primary and secondary schools in Belgium-Flanders: does it influence young people's foodhabits? Eur J Clin Nutr. 2005; 59(2):271-7.

[10] Wang Y, Wu Y, Wilson RF, Bleich S, Cheskin L, Weston C, Showell N, Fawole O, Lau B, Segal J. Childhood Obesity Prevention Programs: Comparative Effectiveness Review and Meta-Analysis [Internet]. Rockville (MD): Agency for Healthcare Research and Quality (US); 2013. Report No.: 13-EHC081-EF.

[11] Doku D, Koivusilta L, Raisamo S, Rimpelä A. Socio-economic differences in adolescents' breakfast eating, fruit and vegetable consumption and physical activity in Ghana. Public Health Nutr. 2013;16(5):864-72.

[12] Hoyland A, Dye L, Lawton CL. A systematic review of the effect of breakfast on the cognitive performance of children and adolescents. Nutr Res Rev. 2009; 22(2):220-43.
[13] Gharib N, Rasheed P. Energy and macronutrient intake and dietary pattern among school children in Bahrain: a cross-sectional study. Nutr J. 2011 5; 10:62.
[14] Ministry of Health, Community Development, Gender, Elderly and Children. Tanzania Mainland Global School-based Student Health Survey Country Report. 2017. 80p.
[15] Department of Health and human Performance. Global School-based Student Health Survey (GSHS) 2008 : Ghana report. 2008. 100p.

International Journal of Innovation and Applied Studies
ISSN 2028-9324 Vol. 27 No. 1 Aug. 2019, pp. 417-430
© 2019 Innovative Space of Scientific Research Journals
http://www.ijias.issr-journals.org/

Diagnostic à la mi-saison sèche de l'état hydrique des drains du Sous-bassin versant du Kohodio à partir des images multispectrales de la génération Landsat de 1986 à 2018

[Diagnostic of hydrous state of drain in the mid-dry season of kohodio watershed using multispectral images of Landsat generation from 1986 to 2018]

YOUAN TA Marc[1-2], NJEUGEUT MBIAFEU Amandine Carine[2], ADJA Miessan Germain[3], KOUADIO Armel[1], DANUMAH Jean[2], JOURDA Jean Patrice[1-2], and N'GUESSAN Vami Herman[2]

[1]Unité de Formation et de Recherche des Sciences de la Terre et des Ressources Minières (UFR-STRM), Université Félix Houphouët-Boigny d'Abidjan-Cocody, Abidjan, Côte d'Ivoire

[2]Centre Universitaire de Recherche Appliquée en Télédétection (CURAT), Université Félix Houphouët-Boigny d'Abidjan-Cocody, Abidjan, Côte d'Ivoire

[3]Ecole Normale Supérieure (ENS), Université Félix Houphouët-Boigny d'Abidjan-Cocody, Abidjan, Côte d'Ivoire

Copyright © 2019 ISSR Journals. This is an open access article distributed under the ***Creative Commons Attribution License***, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

ABSTRACT: This study focuses on the kohodio watershed in north-eastern of Côte d'Ivoire. The objective is to present the seasonal variation of the water status during the wet season and in the mid-dry season, from 1986 to 2018, using remote sensing.
This study focuses on the Kohodio watershed in northeastern Côte d'Ivoire. The aim is to present the seasonal variation of the hydrous state of drains from wet season (December-January) to mid-dry season using Landsat multispectral image processing (TM 1986, ETM + 2002 and OLI 2018).
The approach combine: (i) the discrimination of wet drains by calculating moisture indices in mid-dry season and color compositions in wet-season; (ii) the automatic extraction of wet units on our composite indices and images; (ii) and the superposition of the global hydrographic network on the extracted layers. The intersection allowed mapping of wet drains in the wet season and in the mid-dry season.
The analysis shows that the physical and spatial hydrous state results in the drying of the drains from 1986 to 2018.
Total length of wet drains in the basin is 23.80%; 21.7% and 22.4% of its water potential during wet season; and 21.1%; 7.7% and 10.1% in the dry mid-season, respectively in 1986, 2002 and 2018. From the end of the rains until mid-dry season, rate drain drying is 11.2%; 64.6% and 54.8% respectively in 1986, 2002 and 2018.
drain drying observed in the mid-dry season was greatly felt from 1986 to 2002, with a percentage equal to -63.70%. This phenomenon is the consequence of climate change and the construction of dams of reservoirs in the area.

KEYWORDS: Volta, seasonal variation, drying, hydric potential, Ivory Coast.

RESUME: La présente étude porte sur le bassin versant de Kohodio, situé au nord-est de la Côte d'Ivoire.
L'objectif est de présenter la variation saisonnière de l'état hydrique des drains de la saison humide(décembre-janvier) à la mi-saison sèche à partir du traitement d'images multispectrales Landsat (TM 1986 ; ETM+ 2002 et OLI 2018).
L'approche a combiné : (i) la discrimination des drains humides par le calcul des indices d'humidité en mi- saison sèche et des compositions colorées en saison humide ; (ii) l'extraction automatique des unités d'occupation humides sur nos indices et images composites ; (ii) et la superposition du réseau hydrographie global et des couches extraites. L'intersection a permis de cartographier réseau des drains humides en saison humide et en mi-saison sèche.
Il ressort après analyse que l'état hydrique, au plan physique et spatial se traduit par l'assèchement des drains de 1986 à 2018. La longueur totale des drains humides du bassin correspond à 23.80% ; 21.7% et 22.4% de son potentiel hydrique en période humide et à 21.1 % ; 7.7% et 10.1% en mi-saison sèche, respectivement en 1986, 2002 et 2018. De la fin des pluies jusqu'en mi-saison sèche, le taux d'assèchement des drains est estimé à 11.2% ; 64.6 % et 54.8% en 1986, 2002 et 2018.

Corresponding Author: YOUAN TA Marc

L'assèchement observé en mi-saison sèche s'est beaucoup fait ressentir de 1986 à 2002, avec un taux d'assèchement égale à -63,70%. Ce phénomène est certainement dû au changement climatique et à la construction des barrages de retenues d'eau observés dans la zone.

MOTS-CLEFS: Volta, variation saisonnière, assèchement, potentiel hydrique, Côte d'Ivoire.

1 INTRODUCTION

L'eau est une substance fondamentale pour le maintien de la vie. C'est aussi un facteur d'une grande utilité aussi bien pour la production agricole et énergétique, pour les usages domestiques que pour d'autres activités de la vie courante. Depuis quelques décennies, l'eau est restée la question centrale de beaucoup de colloques, séminaires et recherches scientifiques à travers le monde. En Afrique, les projections futures indiquent que les impacts du changement climatique sur les ressources en eau sont susceptibles de s'aggraver avec le temps [1].

En Afrique de l'Ouest, des études menées sur les fluctuations climatiques montrent que la pluviométrie a baissé de 10% à 30% ([2] ; [3] ; [4] ; [5] ; [6] ; [1]).

Les études menées sur les différents bassins en Côte d'Ivoire, ont montré une baisse des ressources en eau. Cette baisse affecte aussi bien les eaux de surface que les eaux souterraines. Elle est due aux variabilités climatiques [2], [3], [4], [7], [8], [5], [9], [6], [10], [11], [12], [13], [14], [15]. De plus, ces bassins sont soumis à de fortes pressions à cause des différents pays riverains qui l'ont en commun (Ghana, Burkina Faso, Togo, Côte d'Ivoire, Benin, Mali) [16]. Chacun de ces pays manifeste des besoins de développement et de modernisation, et des besoins d'exploitation grandissant des ressources en eau pour un meilleur épanouissement de la population.

C'est dans ce contexte que cette étude a été située pour évaluer l'impact du changement climatique sur les ressources en eau de surface dans la partie ivoirienne du bassin de la volta.

Elle se fixe comme objectif de présenter la variation saisonnière de l'état hydrique des drains au Sud du bassin versant de la volta en Côte d'Ivoire, à partir d'images multispectrales de la génération Landsat TM 1986, ETM+ 2002 et OLI 2018.

Compte tenu de la sensibilité avérée des phénomènes hydrologiques à l'échelle de temps (jours, mois, saisons…) suscitant en leur sein des variations importantes, en occurrence l'assèchement des cours d'eau, le bassin versant du Kohodio sert de zone test pour rendre compte de l'état hydrique des drains au Sud de cette partie du bassin versant de la volta. Le choix a été porté sur ce bassin versant car il occupe une plus grande superficie au niveau de la partie ivoirienne du bassin de la volta.

2 PRÉSENTATION DE LA ZONE D'ÉTUDE

Le secteur qui fait l'objet de cette étude est la partie ivoirienne du bassin versant de la volta située au Nord-Est de la Côte d'Ivoire. Elle s'étend sur une superficie d'environ 12 960 km^2 soit 3,2% de la superficie totale du bassin versant de la Volta.

Le bassin présente un réseau hydrographique très dense avec une longueur totale des drains estimée à 2 0616,4 km soit une densité de drainage de 1,13 km/km^2. Une grande variété dans la configuration du drainage le caractérise. L'influence relative et conjuguée de quatre principaux facteurs à savoir la pente, la tectonique, la géomorphologie et la nature des roches ont contribué à la mise en place de l'architecture donnée à ce réseau hydrographique.

Le bassin versant du Kohodio, qui fait l'objet de cette étude, couvre une superficie de 2881,67 km^2. Il est compris entre les longitudes 2°32' et 3°11' Ouest et les latitudes 8°45'et 8°8' Nord (Fig. 1).

Les activités agricoles et pastorales fortement liées aux ressources en eau constituent les principales sources de revenus des populations de la région.

Le climat du bassin est de type baouléen. Il se caractérise par deux saisons de pluies (avril-juin / septembre-novembre) et deux saisons sèches (décembre-mars / mai-août).

Les données de pluies des localités de Bouna et Bondoukou, de 1986 à 2016, ont servi à expliciter le climat du bassin de kohodio (Fig. 2).

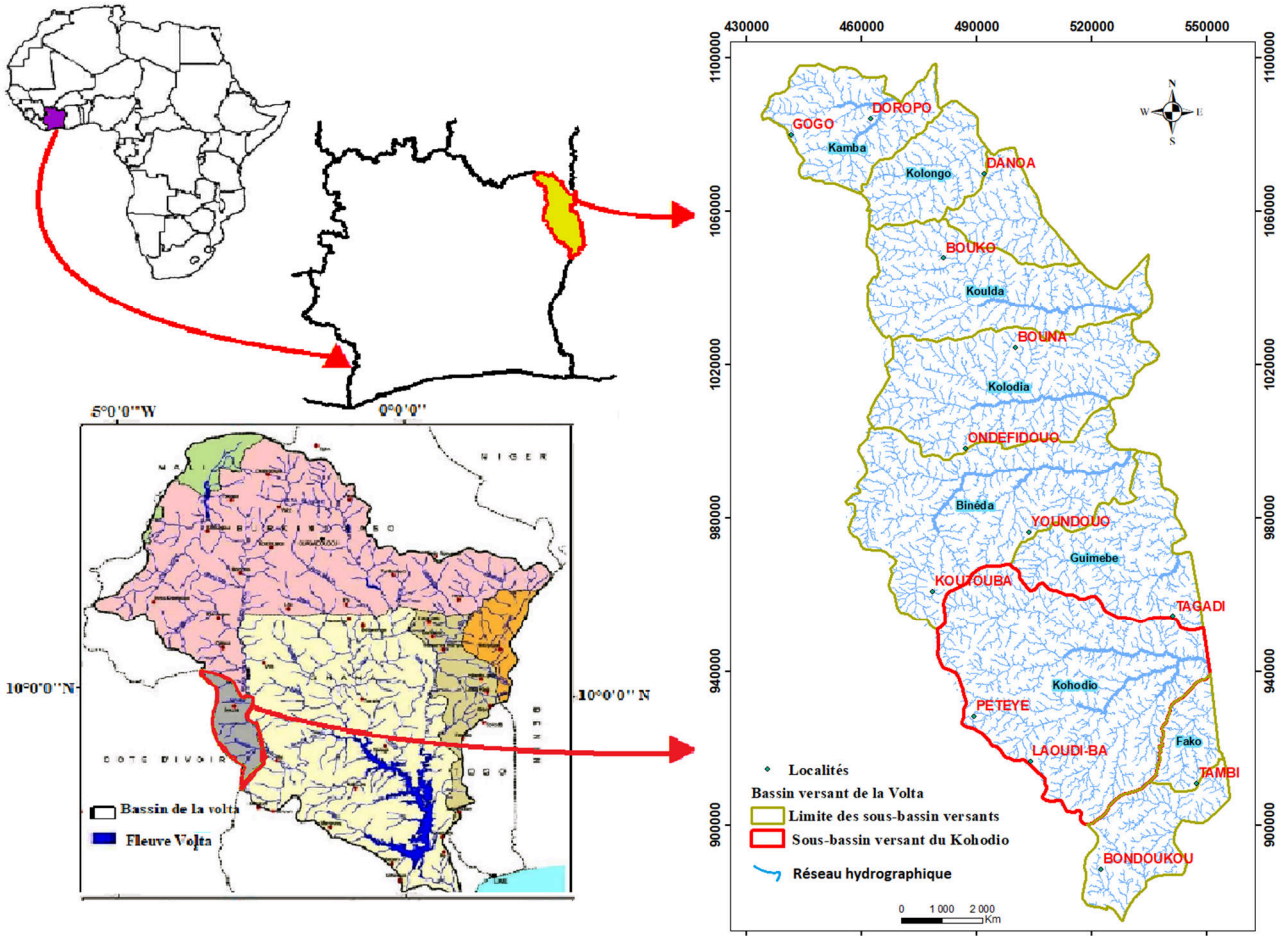


Fig. 1. Localisation de la zone d'étude

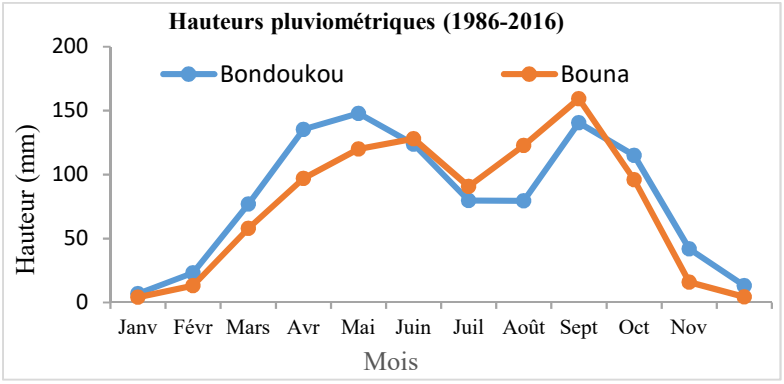


Fig. 2. Pluviométrie moyenne des départements de Bondoukou et de Bouna (Source : SODEXAM)

3 MATÉRIEL ET MÉTHODES

3.1 DONNÉES ET MATÉRIELS

Les données utilisées se composent, essentiellement, d'images satellitaires, de données cartographiques et de données météorologiques.

Les données de base utilisées sont des images optiques des générations Landsat 4 et 5 avec le capteur TM (Thematic Mapper) en 1986, Landsat 7 avec le capteur ETM+ (Enhanced Thematic Mapper) en 2002 et Landsat 8 avec le capteur OLI (Operational Land Imager) en 2018 (en téléchargement libre sur le site http://earthexplorer.usgs.gov/).

La zone d'étude est couverte uniquement par la scène 195/054 du découpage landsat. Pour chacune des périodes étudiées, la scène a été acquise en octobre/novembre pour rendre compte de l'état hydrique du bassin en période humide et en décembre/janvier (mi-saison sèche) pour rendre compte de l'état hydrique du bassin en mi-saison sèche. L'étude sur 16 ans (1986-2002 et 2002-2018), permet de mieux observer le phénomène de variation de la pluviométrie.

Les mois de décembre/janvier et octobre/novembre, ont été choisis à cause des saisons climatiques et de la disponibilité des images multispectrales landsat TM (1986) ; ETM+ (2002) et OLI (2018), de bonne qualité (faible couverture nuageuse).

Les bandes du multispectrales (bleue, verte, rouge, proche infrarouge, infrarouge moyen et lointain), ont servi à la réalisation de ce travail. Ces images ont été choisies du fait de leurs caractéristiques spectrales (images prises sur différentes longueurs d'ondes), spatiales (haute résolution) et temporelle (bonne répétitivité) permettant une bonne cartographie de l'occupation du sol et un diagnostic de l'état hydrique à grande échelle.

Le GDEM ASTER (Global Digital Elévation Model) de résolution spatiale (23,7m x 30,8m), est exploité pour extraire le réseau hydrographique global de la zone d'étude.

Les données météorologiques utilisées sont constituées des données de hauteurs de pluies, provenant de la Société de Développement et d'Exploitation Aéronautique et Météorologique (SODEXAM). Ces données couvrent les localités Doropo et Tehini sur les périodes allant de 1986 à 2018. Elles sont exploitées pour étudier la variation de la pluviométrie dans la zone d'étude.

Quatre logiciels ont permis la réalisation de cette étude : IMPACT Toolbox3.3 utilisé pour les différents prétraitements des images, ENVI 5.3 utilisé pour le traitement ; ArcGis 10.5 utilisé pour numériser les réseaux de drains sur les différentes images traitées, habiller et éditer les différentes cartes. ; et XLSTAT version 7 a servi dans l'analyse statistique des résultats obtenus.

3.2 MÉTHODOLOGIE

L'état hydrique des drains d'un bassin versant correspond à son niveau d'humidité, défini par l'ensemble des drains humides du bassin à la période d'étude. Il est estimé par le biais des longueurs ou densités des drains humides (Adja, 2009).

La méthodologie, résumée à la figure3, consiste à comparer le réseau des drains humides en saison humide (RDHSH) et le réseau des drains humides en mi-saison sèche (RDHMSS), de 1986, 2002 et 2018. L'objectif est d'arriver à mieux discriminer les drains humides sur les images Landsat, afin d'extraire le réseau de drains humides, en se référant au réseau hydrographique global (RHG). Le processus s'est faite en quatre étapes essentielles : i) le prétraitement des images TM (1986), ETM+ (2002) et OLI (2018) ; ii); la discrimination des drains humides sur les images prétraitées, iii) l'extraction du réseau des drains humides en saison humide (RDHSH), octobre/novembre, et en mi-saison sèche (RDHMSS), décembre/janvier, de 1986, 2002 et 2018, à partir des données de télédétection ; puis iv) l'analyse de l'évolution des drains humides.

3.2.1 PRÉTRAITEMENT DES IMAGES

Les images Landsat acquises, ont été fournies avec une correction géométrique (WGS 84 zone 30N), niveau de correction (Level 1T). Seules les corrections radiométrique et atmosphérique, puis extraction de la zone d'étude ont été effectuées.

L'amélioration radiométrique consiste à corriger les effets des différents artefacts qui perturbent la mesure radiométrique, notamment les défauts du capteur et le voile atmosphérique. Les images subissent la correction atmosphérique afin d'harmoniser les luminances au sol et rendre comparables les images acquises sous périodes et conditions climatiques variées. Les opérations préalablement réalisées (corrections radiométrique et atmosphérique) ont permis d'uniformiser au mieux les informations radiométriques.

Le MNT étant construit à partir de balayage radar, certaines zones à l'abri des ondes de ce balayage peuvent être à l'origine de pixels manquants sur l'image. Il est donc important de combler ces vides par interpolation (méthode du plus proche voisin).

De plus, les images multispectrales Landsat et le MNT GDEM ASTER, ont des résolutions spatiales différentes (30 m x 30 m pour Landsat et 23,72 m x 30,84 m pour GDEM), et des systèmes de projections différents (WGS 84 zone 30 N, pour Landsat, et WGS 84 pour GDEM). Pour une précision topographique, dans la superposition des couches, un reéchantillonnage du MNT GDEM Aster à 30 m x 30 m, puis une reprojection dans le système WGS 84, ont été nécessaires.

Compte tenu de la sensibilité avérée des phénomènes hydrologiques à l'échelle de temps (jours, mois, saisons…) suscitant en leur sein des variations importantes, en occurrence l'assèchement des cours d'eau, le bassin du Kohodio, recouvert par une seule scène (195/054) a donc été extrait.

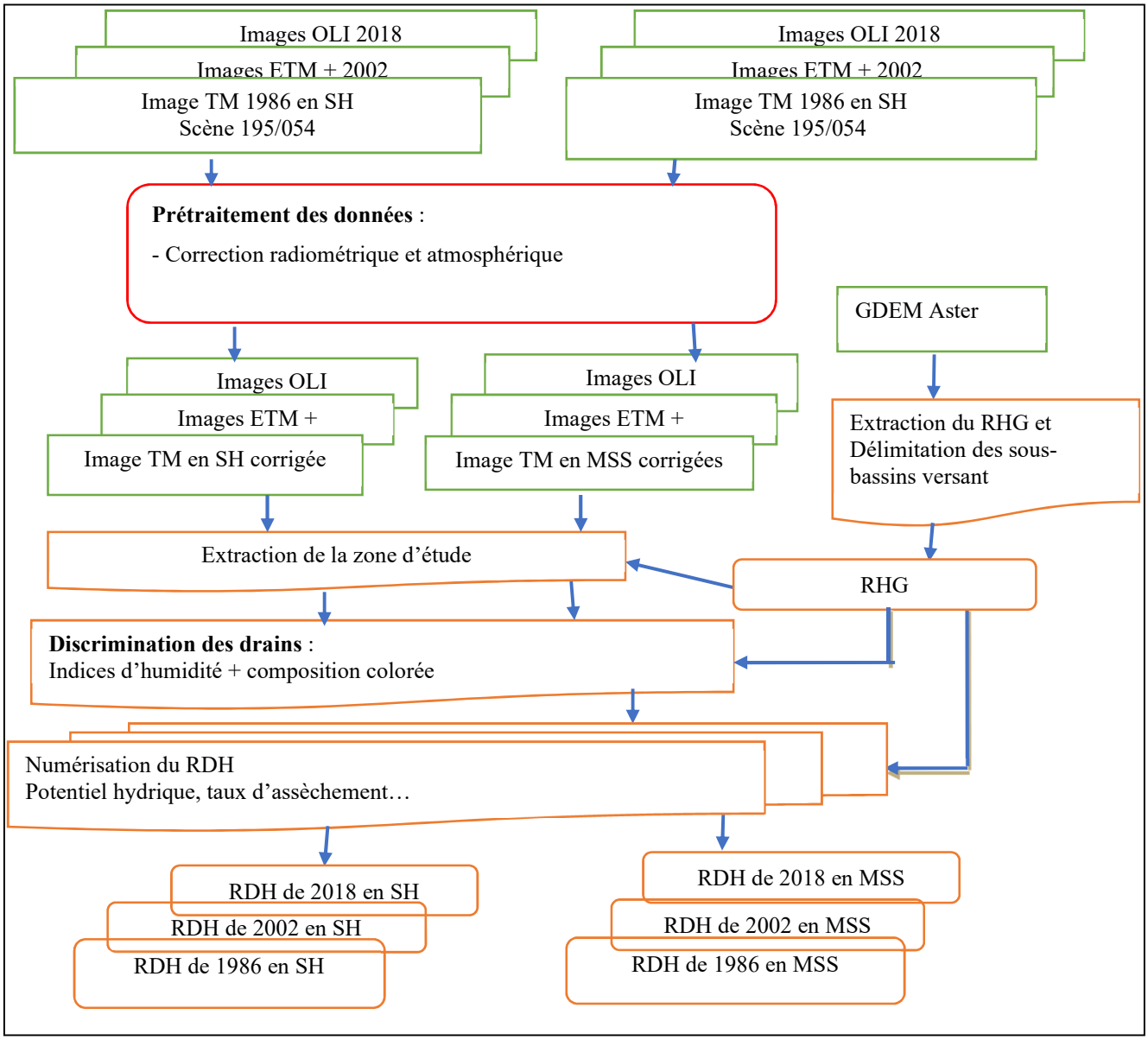


Fig. 3. Processus de diagnostic de l'état hydrique des drains à partir des images de télédétection

3.2.2 DISCRIMINATION DES DRAINS HUMIDES

La discrimination des drains humides nécessite l'observation de l'aspect des bras des cours d'eau sur l'image. Cette observation a permis de différencier les surfaces toujours en eau, des surfaces humides, et des surfaces sèches. Les surfaces humides et les surfaces en eau rendent compte de l'état humide du bassin à la période d'étude.

Pour mieux discriminer les drains sur les images, une série de techniques de transformation d'images (calcul des indices d'humidité sur les images de décembre/janvier) et d'amélioration d'images (compositions colorées sur les images d'octobre/novembre) ont été effectuées.

Les compositions colorée **4-5-7 pour TM et ETM+, 5-6-7 pour OLI** ont été appliquées uniquement sur les images de la saison de pluies (octobre/novembre), qui ne nécessitaient pas une transformation particulière des images, pour discriminer les drains encore humides des drains asséchés, à cause de la présence des pluies.

La discrimination du réseau de drains sur les images de décembre/janvier (mi-saison sèche), a nécessité le calcul des indices :

$$\mathbf{NDWI}=\frac{\mathbf{PIR\text{-}MIR}}{\mathbf{PIR+MIR}},\qquad \mathbf{NDWI_f}=\frac{\mathrm{V}-\mathrm{PIR}}{\mathrm{V}+\mathrm{PIR}},\ \mathbf{MNDWI}=\frac{\mathbf{V\text{-}\ MIR2}}{\mathbf{V+MIR2}}\ \mathbf{et}\ \mathbf{IH_5}=\frac{\mathbf{(PIR-MIR)+0,5}}{\mathbf{(PIR-R)+0,5}}$$

Le choix s'est porté sur le MNDWI qui discrimine au mieux les différents aspects des bras de cours d'eau de la zone d'étude. Cet indice maximise la réflectance de l'eau en utilisant la bande verte, et minimise celle des masses d'eau en utilisant le moyen infrarouge. Les masses d'eau sont ainsi mieux délimitées, par discrimination efficace des surfaces en eau et des surfaces sèches.

3.2.3 EXTRACTION DES DRAINS HUMIDES

L'extraction des drains humides est réalisée par interprétation qualitative (Nonguierma, 1994) ou visuelle (Biemi et *al.*, 1998) des images à l'écran.

La démarche consiste d'abord à afficher les images d'indice d'humidité (MNDWI) qui discrimine le mieux les drains humides sur les images de mi-saison sèche, et les images composites (composition colorée 5-4-7 pour TM et ETM+, et 5-6-7 pour OLI) qui discriminent les portions humides sur les images de la saison humide.

Ensuite les drains humides (DH) sont digitalisés, sur les différentes images, à partir de l'outil Arc scan du logiciel ArcGIS. Le réseau hydrographique global (RHG) est ensuite superposé, à chacune des différentes couches des DH digitalisés. Enfin à l'aide de l'outil Intersect de ArcGIS, l'intersection entre les deux couches (DH et RHG) est extraite. Cette intersection représente le RDHSH ou le RDHMSS, en 1986, 2002 et 2018.

3.2.4 ANALYSE SPATIO-TEMPORELLE DES RÉSEAUX DE DRAINS HUMIDES

L'analyse spatio-temporelle des réseaux des drains humides sur le bassin du Kohodio, vise à formaliser, sur la base de données disponibles et de connaissances plus ou moins approfondies sur l'état hydrique des drains humides, les caractéristiques spatiales et les dynamiques spatio-temporelles des réseaux de drains humides.

Pour mieux cerner le phénomène sur les périodes d'études (1986,2002 et 2018), plusieurs paramètres sont déterminés : le potentiel hydrique saisonnier (en saison humide et mi-saison sèche), la densité de drainage, et le taux d'assèchement des drains humides de la saison humide à la mi-saison sèche.

- Potentiel hydrique

Le bassin versant, de façon générale a un potentiel hydrique défini par son réseau hydrographique global ou réseau de référence. La proportion stable (P_s) d'un bassin versant, à une période donnée est la part des drains toujours humides du bassin à cette période.

$$P_s = \frac{L_{C\,RDH}}{L_{C\,RHG}} * 100 \qquad (\%)$$

- Densité de drainage

La densité de drainage est le rapport entre la longueur totale des cours d'eau dans un bassin et la superficie de ce dernier. Elle s'exprime en km/km^2.

Pour déterminer la densité de drainage, l'aire du bassin est subdivisée en maille carrées de 5 km x 5 km comme échelle adaptée à l'étude spatiale des variables hydroclimatiques des régions au Nord de la Côte d'Ivoire [17]. Les densités de drains sont ensuite regroupées en quatre classes ayant pour effectifs le nombre de mailles dont les densités sont définies par ladite classe :

– Les très faibles densités (I) de drains (0-5 km/maille);

– Les faibles densités (II) de drains (5-10 km/maille) ;

– Les densités moyennes (III) de drains (10-15 km/maille)

– Les fortes densités (IV) de drains (15-20 km/maille)

- Taux d'assèchement (TA)

Pour évaluer l'assèchement des drains de la période humide à la mi-saison sèche, le taux d'assèchement est déterminé. Le taux d'assèchement (TA) des drains humides ou déficit hydrique de la saison humide à la mi-saison sèche en 1986, 2002 et 2018, est déterminé par la formule suivante :

$$TA = \frac{L_{cSH} - L_{cMSS}}{L_{cSH}} * 100$$

Avec L_{cSH}, la longueur cumulée des DH en SH et L_{cSH} la longueur cumulée des DH en MSS.

Le TA a des valeurs comprises entre -100% et 100%. Les valeurs négatives traduisent un gain en eau et les valeurs positives un assèchement

4 RÉSULTATS ET INTERPRÉTATION

4.1 DISCRIMINATION DES DRAINS HUMIDES

Les différents aspects des drains observés sur les images sont fonctions du type de compositions colorées ou du type d'indices d'humidité (Fig. 4).

Les compositions colorées Vert-PIR-MIR2 (2-4-7 pour les capteurs TM et ETM+, et 3-5-7 pour le capteur OLI), en mi-saison sèche ont permis de discriminer l'état hydrique des drains sur les images multispectrales Landsat.

Sur ces images, la coloration est en vert foncée au niveau des zones à forte concentration en eau. En outre, plus la concentration en eau décroit, plus la coloration s'éclaircie jusqu'à tendre vers le violet. Cette différence de coloration pour un même climat s'explique soit par la pente élevée en certains endroits du bassin ou par le fait que, les différents bras des cours d'eau du réseau hydrographique de la zone d'étude ne sont pas du même ordre, donc ils ne retiennent pas l'eau dans les mêmes proportions. De plus la végétation envahissante du bassin de la Volta influe sur la discrimination des cours d'eau ; d'où la nécessité de se référer aux indices d'humidité.

L'indice d'humidité IH5 ne facilite pas la discrimination des différents états des drains. Il offre un aperçu général des drains du bassin sans discrimination des drains asséchés et les drains toujours en eau. Par contre, l'indice d'humidité MNDWI offre une meilleure discrimination de l'état des drains. En appliquant de la composition colorée fausse couleur (Blue/Green/Red/Yellow), on observe que l'indice MNDWI combine les portions toujours en eau, en bleu, et les portions légèrement asséchées par un dégradé de bleu. De plus cet indice facilite l'extraction des drains en attribuant une valeur inférieure à zéro aux autres unités d'occupation du sol différents des drains humides.

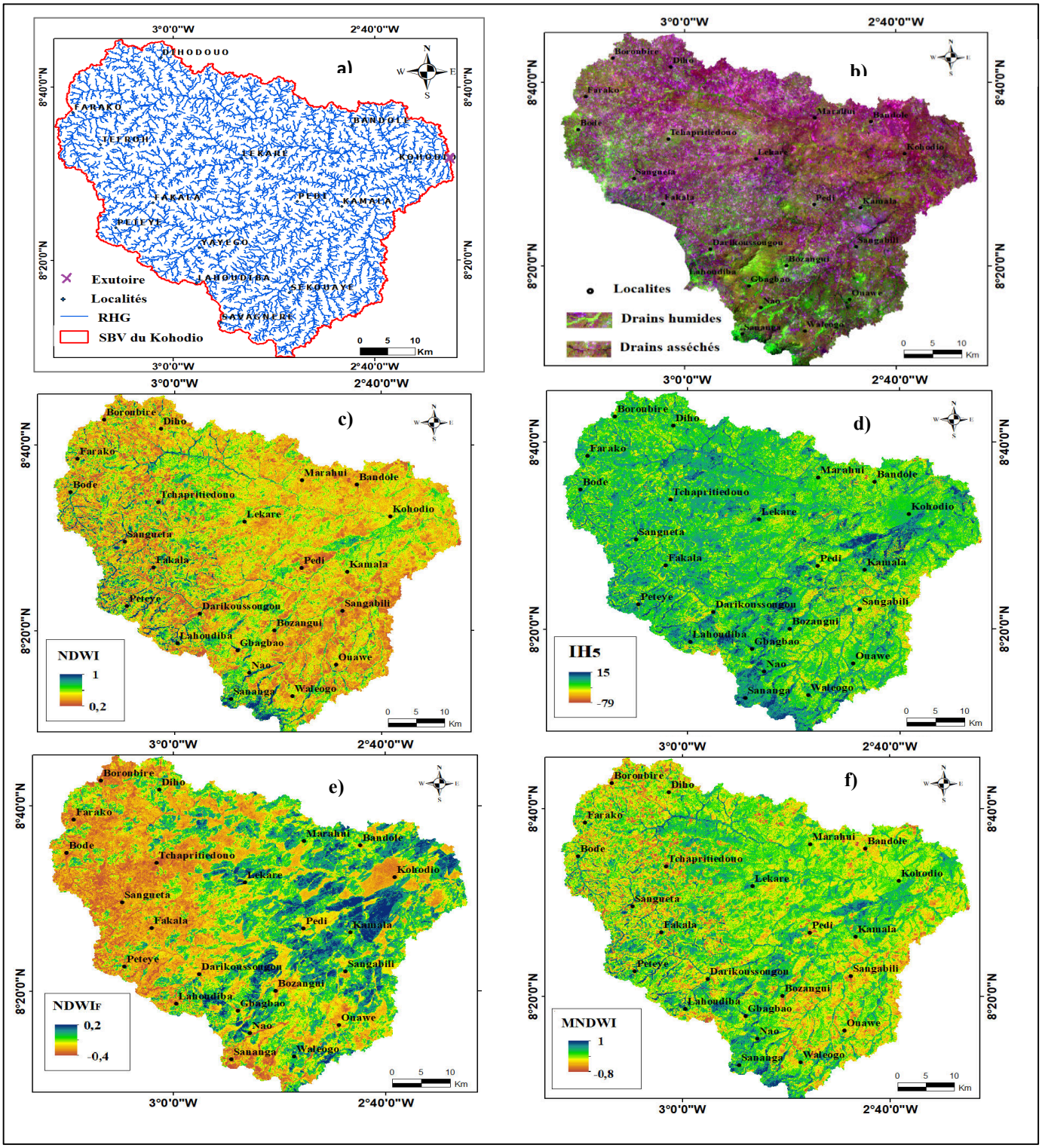


Fig. 4. (a)Réseau hydrographique global(RHG), (b)Composition colorée (2-4-7), en période humide et indices d'humidités (NDWI(c), NDWI$_f$(d), MNDWI(e) et IH5(f)) en mi-saison sèche,en composition colorée fausse couleur (Blue/Green/Red/Yellow), cas de TM 1986

4.2 ANALYSE DES CARTES DE RÉSEAU DE DRAINS HUMIDES

La figure 5 présente les cartes de réseau de drains humides (période humide et mi-saison sèche) du bassin de Kohodio, et illustre clairement l'assèchement des cours d'eau de la saison humide à la mi-saison sèche. Ces différentes cartes sont également très différentes du réseau hydrographique global de la zone.

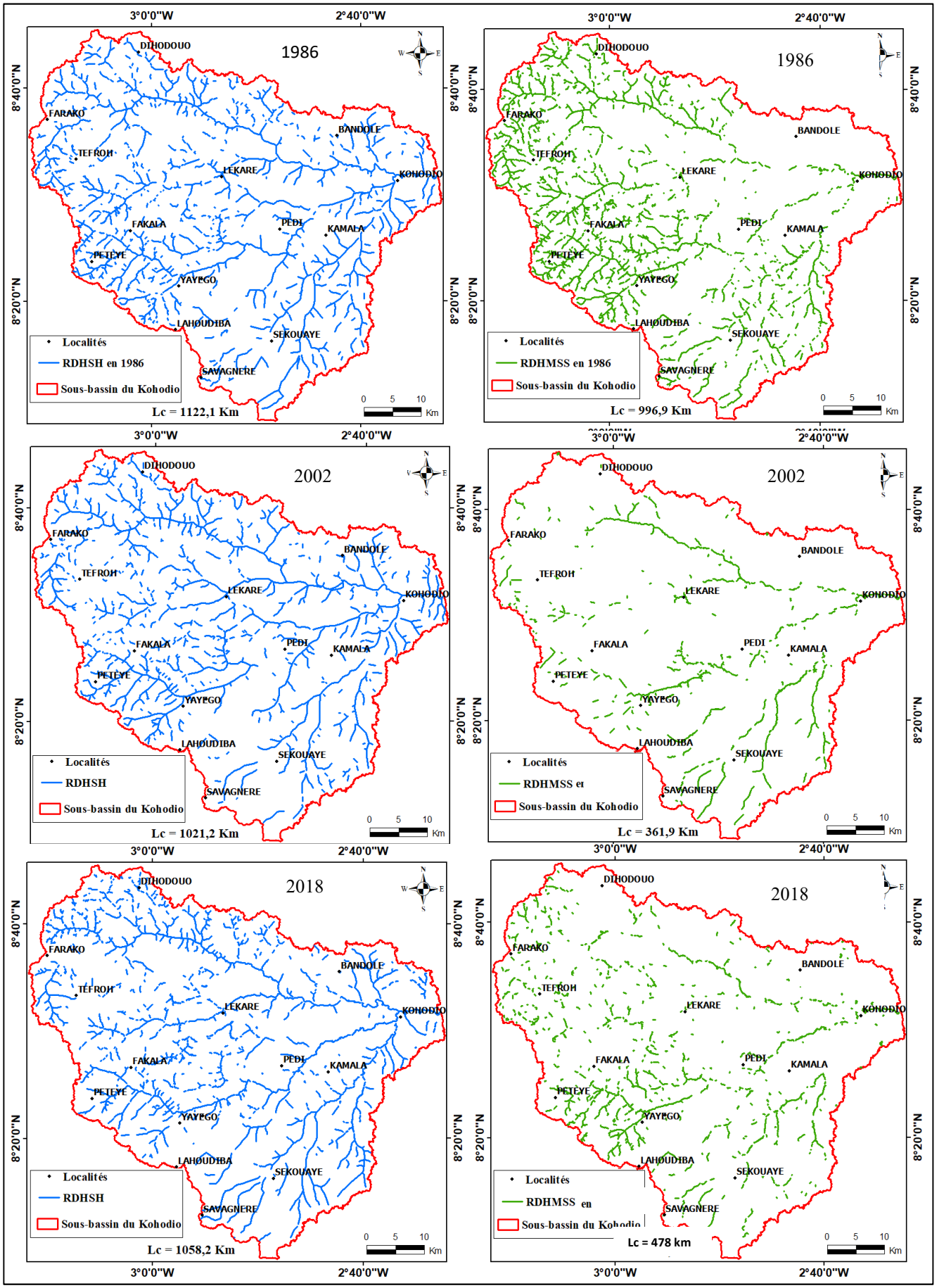


Fig. 5. Réseaux des drains humides du bassin versant du Kohodio issus des images TM 1986, ETM+ 2002 et OLI 2018 en saison humide RDHSH et en mi-saison sèche RDHMSS

4.2.1 POTENTIEL HYDRIQUE

Le réseau hydrographique global du bassin du Kohodio est différent du réseau des drains humides en période humide (RDHSH) et celui de la mi- saison sèche (RDHMSS). Cette différence se traduit par la variation de la longueur cumulée des drains humides (Tableau 1). Elle s'explique par le fait que les drains inférieurs, notamment d'ordre 1, s'assèchent rapidement (quelques heures ou quelques jours) après une période de pluie. En effet :

- En période humide, la longueur totale des drains humides du bassin (RDHSH) fait 4714,3 km, 1021,2 km et 1058,21 km, respectivement en 1986, 2002 et 2018 contre 1122,1 km correspondant au réseau hydrographique global. Ces derniers moins denses, correspondent respectivement à 23,80%, 21,7%, et 22,4% de son potentiel hydrique (RHG). Cela sous-entend que :76,2%, 78,3 % et 77,55 % des drains du RHG du bassin du Kohodio, respectivement en 1986, 2002 et 2018, se trouveraient dans des conditions topographiques défavorables à la rétention d'eau quand le bassin est hydrologiquement stabilisé.
- En mi-saison sèche, la longueur totale des drains humides du bassin (RDHMSS) fait 996,9 km, 361,9km et 478 km, respectivement en 1986, 2002 et 2018. Ces derniers moins denses, correspondent respectivement à 21,1 %, 7,7% et 10,1% de son potentiel hydrique (RHG).

Après la fin des pluies, l'état hydrique du bassin a baissé de son potentiel hydrique en l'espace de deux mois (d'octobre à décembre) au niveau du bassin de 2,7% ; 14% et 12,3% respectivement en 1986 ; 2002 et 2018.

Tableau 1. Evolution des longueurs cumulées des drains humides de la saison humide à la mi-saison sèche de 1986 à 2018

RDH	Longueurs cumulées (km)			Proportions des drains stables (%)			Proportions des drains instables (%)		
	1986	2002	2018	1986	2002	2018	1986	2002	2018
RDHSH	1122,1	1021,2	1058,2	23,8	21,7	22,4	76,2	78,3	77,6
RDHMSS	996,9	361,9	478,0	21,1	7,7	10,1	78,9	92,3	89,9
RHG	4714,3								
Baisse de la SH à la MSS	125,2	659,4	580,2	**2,7**	**14,0**	**12,3**			

4.2.2 DISTRIBUTION STATISTIQUE DES DRAINS HUMIDES ET DENSITÉ DE DRAINAGE

Le bassin de Kohodio est couvert par 135 mailles de 5km x 5km, pour lesquelles les densités de drains sont déterminées (Tableau 2). L'analyse de l'évolution de la densité moyenne de drainage en mi-saison sèche présente deux tendances. La tendance progressiste concerne les périodes 1986 à 2002 et 1986 à 2018, respectivement une baisse de densité égale à 2.9 et 1.1km/km^2 et la tendance regressiste concerne la période allant de 2002 à 2018 soit une hausse de 1.8 km/km^2. L'évolution en période humide se traduit uniquement par une baisse de 1986 à 2002, de 2002 à 2018 et de 1986 à 2018, respectivement de 2.3, 3.6 et 5.9 km/km^2. Ceci s'explique par la réalisation de quelques aménagement (barrages hydrauliques) pour la rétention d'eau de surface, comme c'est le cas du barrage de Boda à Bondoukou, et le phénomène de variabilité climatique qui s'accentue au fil du temps.

En saison de pluie, les quatre classes de densités sont représentées dans des effectifs sensiblement pareil. Par contre en mi- saison sèche, les classe III et IV des densités élevées sont faiblement représentés en 2002 et 2018. Les caractéristiques statistiques des classes de densités montrent que la distribution des densités de drains varie beaucoup plus en mi-saison sèche qu'en période humide.

Tableau 2. Statistiques des longueurs cumulées des drains humides de 1986 à 2018.

Saison	Densité moyenne de drainage			Variation de la densité moyenne de drainage			Classe	Effectifs			Nbre de mailles
	1986	2002	2018	1986-2002	2002-2018	1986-2018		1986	2002	2018	
Saison Humide	12,5	10,2	6,6	2,3	3,6	5,9	I	17	22	26	135
							II	28	24	29	
							III	25	21	25	
							IV	65	68	55	
Mi-saison sèche	5,6	2,7	4,5	2,9	-1,8	1,1	I	42	86	88	135
							II	35	37	32	
							III	37	8	9	
							IV	21	4	6	

4.2.3 ASSÈCHEMENT SAISONNIER DES DRAINS

Les longueurs cumulées des drains humides sont exploitées pour déterminer le taux d'assèchement des drains de la saison humide à la mi- saison sèche en 1986, 2002 et 2018.En 2002 le taux d'assèchement a atteint 64,6%. Ceci se traduit par le fait que l'année 2002 est considérée comme période chaude. En 2018, le taux d'assèchement a été réduit à l'ordre de 54,8% (Tableau 3). Ce phénomène est certainement dû à l'adoption des pratiques de la lutte contre le changement climatique et le développement durable.

Tableau 3. Taux d'assèchement (TA) des drains humides du bassin de Kohodio de la saison humide à la mi- saison sèche de 1986 à 2018

TA de la saison humide à la mi-saison sèche (%)		
1986	**2002**	**2018**
11,2	64,6	54,8

L'assèchement s'est beaucoup fait ressentir de 1986 à 2002 avec un taux d'assèchement égale à -63,70%. Il y'a eu par contre un gain en eau, estimé à 32,10% dans la période allant de 2002 à 2018 (Tableau 4). Ce gain s'explique par le fait que, les études ont démontré que la période allant de 1999 à 2002 a été une période chaude. Selon l'OMM, l''année 2001 sera la vingt-troisième année consécutive où la température moyenne à la surface du globe aura dépassé la normale pour la période 1961-1990 [18] Plus la hauteur de pluviométrie est élevée, moins l'assèchement se fait ressentir.

Tableau 4. Variation du potentiel hydrique de 1986 à 2016

Saison	**Taux d'assèchement annuel (en%)**		
	1986 à 2002	**2001 à 2016**	**1986 à 2016**
Humide	-5,70	-3,49	-8,99
Mi-saison sèche	**-63,70**	**32,10**	**-52,05**

5 DISCUSSION

Les ressources en eau de surface connaissent une évolution régressive dans le bassin versant de Kohodio, à travers les valeurs de pluviosité. Cette récession pluviométrique a été observée de façon générale en Afrique de l'Ouest et Centrale [19], [20], et particulièrement en Côte d'Ivoire [21]. Le choix des images multispectrales Landsat dans l'étude du diagnostic de l'état hydrique offrent des résultats satisfaisants [22]. Plusieurs travaux ont abouti à la même conclusion [5], [9], [15].

Partant de l'hypothèse qu'un réseau hydrographique a pour ressource initiale la pluie qui subit des transformations et suit des chemins divers, dont les principaux sont le ruissellement [23] », la hausse de la pluviométrie traduit par ricochet l'accroissement des longueurs cumulées des drains humides.

Les cartes de réseau de drains humides obtenues reflètent clairement les réalités de terrain. En effet, le taux d'assèchement du bassin de la saison humide à la mi-saison sèche est estimé à 11,2% en 1986 ; 64,6% en 2002 et 54,8% en 2018. Combinées aux données hydroclimatiques, ces valeurs illustrent clairement l'impact de la variation de la pluviométrie sur les ressources en eau de surface sur cette partie du bassin versant de la Volta. Constat fait par Adja [9] sur l'étude du diagnostic en mi saison sèche de l'état hydrique du bassin versant de Bagoe au nord de la Côte d'Ivoire, de la fin des pluies en octobre (période humide) jusqu'en mi-saison sèche en décembre 2000, il a obtenu un taux d'assèchement des cours d'eau du bassin de la Bagoe égal à 20,84%. Le taux a atteint 73,52% en fin janvier. L'assèchement des cours d'eau s'accentue au fur et à mesure que la période sèche perdure sur le bassin, car son ampleur évaluée de mi-décembre à fin janvier, se traduit par un fort taux de 66,55%. Alors la valeur obtenue 64.6% obtenue en 2002 sur le bassin du kohodio renseigne dans le même contexte de période de temps.

Le phénomène d'assèchement dans cette région peut s'expliquer par le fort tarissement des cours d'eau constaté en pareille période de l'année dans les régions du Nord de la Côte d'Ivoire [24], [5], [25], [26].

En effet, le tarissement dans ces régions est très rapide les trois premiers mois après la fin des pluies (octobre-novembre-décembre). Il se poursuit par un régime très faible durant la période de janvier à avril-mai, période au cours de laquelle le faible écoulement constaté résulte de la restitution d'eau de la nappe à la rivière. De plus la zone d'intérêt se trouve en amont du grand bassin de la Volta. La quasi-totalité des cours d'eau du bassin de kohodio draine rapidement l'eau vers le territoire de la République voisine le Ghana [5].

Ce travail a le mérite d'avoir réussi à estimer le degré d'assèchement du bassin de Kohodio, l'objet de cette étude et ainsi de montrer au grand jour l'ampleur du phénomène dans cette région du pays. Les drains qui gardent leur humilité et surtout qui constituent des portions de rétention d'eau toute l'année ont été ainsi cartographiés. Une exploitation de ces drains et des environs pour le développement des cultures vivrières ou maraichères pourrait aider à créer des sources de revenues additionnelles pour les populations de la région.

6 CONCLUSION

La présente étude portant sur le diagnostic de l'état hydrique a montré que le climat et la variabilité climatique ont une influence sur l'état hydrique au niveau du bassin de la Volta.

L'utilisation des images Landsat TM, ETM+ et OLI et des SIG a permis d'élaborer les cartes du réseau des drains humides et d'analyser la dynamique des réseaux de drains humides du bassin, entre 1986, 2002 et 2018.

L'utilisation des indices d'humidité, la composition colorée et le réseau hydrographique global obtenu à partir du MNT nous a permis d'établir nos cartes de réseaux de drains de 1986, 2002 et 2018.

L'exploitation de ces cartes a révélé dans un premier temps que la stabilité hydrologique du bassin est assurée par 23,80%, 22,45% et 21,66 % du réseau hydrographique globale extrait à partir du MNT de la zone d'étude, respectivement en 1986, 2002 et 2018.

Les 76,20%, 77,55 et 78,34% restant décrivent les drains du réseau hydrographique global se trouvant dans des conditions topographiques défavorables à la rétention d'eau, c'est-à-dire situés sur des terrains à pentes fortes à moyennes.

Dans un second temps, la comparaison du réseau des drains humides en période humide à celui de la mi-saison sèche a mis en évidence un taux d'assèchement des cours d'eau d'octobre à décembre de l'ordre de 18,90%, 57,60% et 56,93%.

Le phénomène de l'assèchement des cours d'eau a été donc amplifié sur le bassin de 1986 à 2002, exprimé par un important taux d'assèchement des cours d'eau s'élevant à 60,51% et à 43.85% de 1986 à 2018.

Ce fort taux montre que le déficit hydrique s'aggrave démesurément au fur et à mesure que la saison sèche s'allonge et que le climat varie sur le bassin. La période allant de 2002 à 1986, a été une période de gain en ressource en eau, car le taux de changement des longueurs cumulées des drains humides à cette période est positif. Ceci s'explique par le fait que 2002 a été une période chaude.

Compte tenu de l'important assèchement des cours d'eau constaté au cours de la période sèche, et au fur et à mesure que les années passent, il est opportun de :

Développer des politiques de rétention des eaux de surface pendant la période humide pour les redistribuer en saison sèche.

Pratiquer le reboisement, car la végétation est un régulateur de climat ; Préconiser également l'utilisation contrôlée des ressources en eau et inventorier les aires cultivables du bassin. Cet inventaire permettra d'appréhender la régression de leur niveau d'humidité après l'arrêt des pluies, en vue d'assurer à un certain niveau la continuité des cultures ne serait-ce que maraichères ou vivrières.

Effectuer une évaluation mensuelle de l'état hydrique à petite échelle de temps et d'espace, dans la zone d'étude, avec l'utilisation d'image satellitaire de très haute résolution

REMERCIEMENTS

Pour avoir utilisé les locaux et équipements du Centre Universitaire de Recherche et d'application en Télédétection (CURAT), nous saisissons cette occasion pour remercier le Directeur de cette prestigieuse Institution Dr KOUAME KAN Jean.

REFERENCES

[1] Muoghalu J. I (2014). Vulnérabilité des systèmes biophysiques et socioéconomiques des savanes et formations boisées d'Afrique occidentale et centrale au changement climatique. Forum forestier africain. Vol 2, n°14, 45p.

[2] Savané I., Coulibaly K. M. et Gion P. (2001). "variabilité climatique et ressources en eaux souterraines dans la région semi-montagneuse de man". Sécheresse, vol. 12, n°4, pp. 231-237.

[3] Goula B. T. A., Savane I., Konan B., Fadika V. et Kouadio G. B. (2006). Impact de la variabilité climatique sur les ressources hydriques des bassins de N'Zo et N'Zi en Côte d'Ivoire (Afrique tropicale humide). Vertigo - la revue électronique en sciences de l'environnement, vol.7, n° 1, pp. 27 - 49.

[4] Kouakou K. E., Goula B. T. A., Savané I. (2007). Impacts de la variabilité climatique sur les ressources en eau de surface en zone tropicale humide : cas du bassin versant transfrontalier de la Comoé (côte d'ivoire - Burkina Faso). European Journal of Scientific Research, vol16, n°1, pp.31-43.

[5] Youan Ta M. (2008). Contribution de la télédétection et des systèmes d'informations géographiques à la prospection hydrogéologique su socle précambrien d'Afrique de l'ouest : cas de la région de Bondoukou (nord-est de la côte d'ivoire), thèse de doctorat de l'université de Cocody, Côte d'Ivoire, 237 p.

[6] Ibrahim B. (2012). Caractérisation des saisons de pluie au Burkina Faso dans un contexte de changement climatique et évaluation des impacts hydrologiques sur le bassin du Nakanbé. Kouassi A. M. (2007). Caractérisation d'une modification éventuelle de la relation pluie-débit et ses impacts sur les ressources en eau en Afrique de l'ouest : cas du bassin versant du N'Zi en Côte d'Ivoire. Thèse de Doctorat, Université de Cocody, Côte d'Ivoire, 210 p.

[7] Ahoussi K. E. (2008). Évaluation quantitative et qualitative des ressources en eau dans le Sud de la Côte d'Ivoire. Application de l'hydrochimie et des isotopes de l'environnement à l'étude des aquifères continus et discontinus de la région d'Abidjan-Agboville. Thèse de Doctorat, Université de Cocody, Côte d'Ivoire, 270 p.

[8] Adja M. G. (2009). Étude de l'état hydrique saisonnier du bassin versant de la Bagoé dans un contexte de variabilité climatique. Département de Boundiali et Tengrela (milieux soudano-sahéliens au Nord-ouest de la cote d'ivoire). Thèse de Doctorat, Université de Cocody, Côte d'Ivoire, 184 p.

[9] Kouamé K. F. (2011). Influences de la variabilité climatique et de la dégradation environnementale sur le fonctionnement de l'hydrosystème du N'Zo dans la région guinéenne humide et semi-montagneuse de la Côte d'Ivoire. Contribution de la télédétection, des systèmes d'informations géographiques et du modèle hydrologique hydrotel. Thèse d'Etat, Université de Cocody, Côte d'Ivoire, 379 p.

[10] Kouakou Y. E., Koné Brama, Guéladio C., Djè K. B., N'Go Y. A., Konaré A., Savané I. (2013). Environmental Vulnerability Index: application to the White Bandama Bassin in the northern Côte d'Ivoire. International Journal of Conservation Sciences, Vol. 4, pp.357-369.

[11] N'Guettia R. Y., Oule A.F., Kouadio N. D. (2013) : Étude de Vulnérabilité du Secteur Agricole face aux Changements Climatiques en Côte d'Ivoire, 105p.

[12] Sorokoby V. M. (2013). Étude hydrologique et hydrogéologique de la région de Soubré (Sud-ouest de la Côte d'Ivoire) dans un contexte de variabilité climatique. Thèse de Doctorat, l'Université Félix Houphouët Boigny, Côte d'Ivoire, 163 p.

[13] Kouakou E., Brama K., N'Go A., Guéladio C., Chinwe Ifejika Speranza, Savané I. (2014). Ground water sensitivity to climate variability in the white Bandama basin, Côte d'Ivoire. SpringerPlus, vol3, n°226, 11p.

[14] Kouamé K. F. (2015). Estimation des précipitations par la méthode Tamsat dans le nord de la Côte d'Ivoire et analyse de la variabilité pluviométrique et de ses impacts environnementaux et sociodémographiques : cas de Korhogo. Mémoire de master, l'Université Félix Houphouët Boigny, 78 p.

[15] UNEP-GEF Volta Project (2011). Analyse Diagnostique Transfrontalière du bassin versant de la Volta : Rapport thématique sur les écosystèmes du bassin, 120p.

[16] Jourda J. P. (2005). Méthodologie d'application des techniques de télédétection et des systèmes d'information géographique à l'étude des aquifères fissurés d'Afrique de l'ouest. Concept de l'hydrotechnique spatiale : cas des zones tests de la Côte d'Ivoire. Thèse de Doctorat d'État, Université de Cocody, 430 p.

[17] Notre planete.info of Futura planète, 2019
[Online] Available: https://www.futura-sciences.com/planete/actualites/climatologie-bilan-climatique-mondial-annee-2001-321/

[18] Ardoin B. S. (2004). Variabilité hydro- climatique et impacts sur les ressources en eau de grands bassins hydrographiques en zone soudano-sahélienne. Thèse de l'Université de Montpellier II, France, 330 p.

[19] Ardoin B. S., Lubès-Niel H., Servat E., Dezetter A. et Boyer J. F. (2013). Analyse de la persistance de la sécheresse en Afrique de l'Ouest : caractérisation de la situation de la décennie 1990. IAHS Publication, n°278, pp.223-228.

[20] Kouassi K. J. (2014). Suivi de la dynamique de l'occupation du sol à l'aide de l'imagerie satellitaire et des systèmes d'informations géographiques : cas de la direction régionale des eaux et forêts de Yamoussoukro (Côte d'Ivoire). Mémoire de fin d'études, Institut national polytechnique de Yamoussoukro, Côte d'Ivoire, 73 p.

[21] Soro G., Ahoussi E. K., Kouadio E. K., Soro T. D., Oulare S., Saley M. B., Soro N., Biemi J. (2014). Apport de la télédétection à la cartographie de l'évolution spatio-temporelle de la dynamique de l'occupation du sol dans la région des Lacs (Centre de la Côte d'Ivoire). Afrique Sciences, Vol.3, n°10, pp146-160.

[22] Mardhel V., Machard de Gramont H., Vinchon C. (2002). Relation entre le réseau hydrographique de surface et les eaux souterraines dans le secteur du bassin d'Orchies. Implication de son aménagement sur la vulnérabilité des nappes phréatiques, Rap BRGM RP-RP 51408-FR, 148p.

[23] Agrar and Hydrotechnik Gmbh, Beller Consult Gmbh et Société Centrale pour l'Equipement du Territoire SA. (1986b). Développement et stabilisation de la riziculture irriguée dans la région Nord. Programme des zones de prise au fil d'eau. Ministère du Développement Rural, République de Côte d'Ivoire, 120 p.

[24] Tra Bi A. Z. (2013). Étude de l'impact des activités anthropiques et de la variabilité climatique sur la végétation et les usages des sols, par utilisation de la télédétection et des statistiques agricoles, sur le bassin versant du Bouregreg (Maroc). Thèse de Doctorat de l'université d'Artois à Arras (France) et de l'université Houphouët Boigny d'Abidjan (Côte d'Ivoire), 189p.

[25] Boko A. N. N. (2015). Variabilité climatique, changements dans l'environnement et conscience écologique à Korhogo. Thèse de doctorat de troisième cycle, Université Félix Houphouët-Boigny, Abidjan, Côte d'Ivoire, 355 p.

International Journal of Innovation and Applied Studies
ISSN 2028-9324 Vol. 27 No. 1 Aug. 2019, pp. 431-444
© 2019 Innovative Space of Scientific Research Journals
http://www.ijias.issr-journals.org/

Quality assessment *in vivo* (wistar rats) of cereal flours enriched by sesame (*Sesamum indicum*) and moringa (*Moringa oleifera*) as weaning food

William Kwithony DISSEKA[1], Meuwiah Betty FAULET[1], Elvis Serge Gbocho EKISSI[1], Bedel Jean FAGBOHOUN[2], and Lucien Patrice KOUAME[1]

[1]Nangui Abrogoua University, Department of Food Science and Technology, Laboratory of Biocatalysis and Bioprocessing, 02 BP 801 Abidjan 02, Côte d'Ivoire

[2]Peleforo Gon Coulibaly University, Department of Biological Sciences, Laboratory of Biochemistry and Genetic, Korhogo, Côte d'Ivoire

Copyright © 2019 ISSR Journals. This is an open access article distributed under the ***Creative Commons Attribution License***, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

ABSTRACT: This study contributes to the exploration of the nutritional potential of under-exploited local resources (sesame and moringa) in weaning food. So, eight diets (MiS, MiSMo5, MiSG, MiSGMo5, MaS, MaSMo5, MaSG and MiSGMo5) were formulated from cereal flours (millet or maize), sesame seed (ungerminated or germinated) and moringa leaf. Commercial weaning foods (AT1 and AT2) were used as control. The biochemical composition and nutritional quality in growing Wistar rats of the various flours was determined. The results showed that the moisture, protein, ash, fat, fiber, carbohydrate and energy content of the formulations are within the recommended standard for weaning foods. Also, the formulated diets have induced weight gain of rats. The BMI of rats fed formulated diets (0.49 - 0.51 g/cm^2) is similar to that of AT2 (0.46 g/cm^2) control rats. The formulated diets had FER, PER, TD and BV values ranging from (0.18 - 0.23), (1.38 - 1.64), (85.18 - 93.55 %) and (86.64 - 94.91 %) respectively. Any abnormalities were not identified as far as concern rat's organs (liver and kidney). The total cholesterol and HDL blood cholesterol levels in rats fed the formulated diets are higher than those in rats fed the AT2 control diets. In addition, the LDL cholesterol levels are lower in rats fed the formulations compared to those in the AT1 and AT2 control diets. These results appear adapted within the framework of the fight against infantile malnutrition in the context of the local resources available.

KEYWORDS: Infant food; Sesamum indicum, Moringa oleifera, Nutritional quality, Plasma Biochemical Parameters, flours.

1 INTRODUCTION

From the age of 6 to 24 months, breast milk becomes insufficient to meet the nutritional needs of the infant. During this period, it is therefore necessary to give the child a liquid or semi-liquid food to supplement breast milk. These complementary foods should provide the child with key nutrients such as protein, fat and carbohydrates in a balanced proportion [1].

In developing countries, commercial weaning foods are available, but their cost remains high for people of low socio-economic status, particularly in rural areas [2]. As a result, nannies prefer cereal-based complementary foods [3], [4]. However, several studies have reported that porridges that traditional cereal-based porridges have insufficient energy, protein, lipid and essential mineral densities to meet the energy needs of infants in weaning [5]. In addition, the protein contained in cereals has a low nutritional value because it is deficient in lysine and tryptophan, which are essential amino acids for the proper development of the child [6]. Despite their low content of essential nutrients for children, cereal-based food supplements remain the most affordable for low-income households [7]. It is therefore necessary to improve the nutritional density of these food supplements, while using accessible and cost-effective technology.

In households, several simple and less expensive techniques are used to produce weaning foods adapted to children's needs [8]. Germination, fermentation and roasting of cereals are affordable and widely practiced processing techniques in Africa [9]. Fermentation is a process that improves the nutritional value of food by biosynthesis and bioavailability of vitamins and essential amino acids, reducing anti-anthinutritional factors. Germination increases nutrient bioavailability, energy density and food acceptability [10]. Roasting, on the other hand, reduces anti-nutritional factors, improves the taste and nutritional quality of the food product and reduces its moisture content, thus increasing its shelf life [9]. An integrated approach that combines a

variety of traditional food processing techniques in the preparation of weaning foods is more effective in eliminating anti-nutrients in cereals, thereby improving nutrient availability [8]. In addition, the exploration of local food resources is one of the sustainable food approaches to address the nutrition-related public health problems of vulnerable groups [11].

In Côte d'Ivoire, sesame (*Sesamum indicum*) and moringa (*Moringa oleifera*) are available, but adults consume them in traditional form. However, their nutritional potential could be an asset in the fight against malnutrition. Indeed, some studies have shown that sesame seeds have proven to be good sources of edible oil, protein and minerals such as potassium, phosphorus, magnesium and calcium [12]. In addition, sesame oil contains high levels of unsaturated fatty acids, particularly oleic and linoleic acids, which are suitable for the body and cholesterol-free [13]. Moringa leaves are used to prevent or treat protein-energy malnutrition and other nutritional diseases [14]. They contain little fat and carbohydrates, but are an excellent source of vitamins, various antioxidant compounds, proteins and amino acids with all essential amino acids [14], especially sulphur-containing amino acids (methionine and cystine) which are often in insufficient supply in cereals and other plant foods [15].

This study contributes to the exploration of the nutritional potential of under-exploited local resources in infant weaning feeding. More specifically, the study aims to develop nutritious weaning flours from local cereals (millet and maize) and under-exploited local resources (sesame and moringa) using traditional, simple and accessible processing techniques for disadvantaged households.

2 MATERIALS AND METHODS

2.1 MATERIALS

2.1.1 MATERIAL FOR THE FORMULATIONS

Millet (*Pennisetum glaucum*) and maize (*Zea mays*) seeds were purchased at the Abobo market (Abidjan, Côte d'Ivoire). The leaves of moringa (*Moringa oleifera*) have been obtained a producer in the locality of Abobo-Baoulé (Abidjan, Côte d'Ivoire), while sesame (*Sesamum indicum*) came from the Meagui family locality (south-western region of Côte d'Ivoire). Two commercial weaning food brand (AT1 and AT2) used as control was purchased from a local superstore.

2.1.2 ANIMAL MATERIAL

The wistar albino rats (Rattus norvegicus) were obtained from the animals' barn of the Ecole Normale Supérieur (ENS) (Abidjan, Côte d'Ivoire). The average temperature of the room was (27 ± 2 °C) and the percentage of humidity was in range from 70 to 80 %, with 12 hours of daylight and 12 hours of darkness.

2.2 SAMPLE PROCESSING

2.2.1 PROCESSING OF MILLET AND MAIZE SEED FLOUR FERMENTED

The millet and maize seeds were sorted to eliminate plant debris, defects and infested. Then sorted seeds were washed and one (1) Kg of seeds were soaked for 24 hours in 3 L of water separately. The soaked seeds were put again in water to start the fermentation for 3 days. The fermented seeds were washed with distilled water, dried in an oven at 45 °C for 2 days. Then, the dried seeds were milled and sieved through 0.25 mm wire mesh before packing in a sealed airtight plastic container and storage at 4 °C prior to formulation and analysis.

2.2.2 PROCESSING OF MILLET AND MAIZE SEED GERMINATED FLOUR

The millet and maize seeds were sorted, washed and soaked for 24 hours. The soaked seeds were kept on a cotton cloth and allowed to germinate in the dark at room temperature for 3 days for millet seeds and 5 days for maize seeds. Then the germinated seeds were dried in an oven at 45 °C for 2 days and degerminated by hand. The dried seeds were milled, sieved, packed and stored at 4 °C as before.

2.2.3 PROCESSING OF SESAME UNGERMINATED SEED FLOUR

The mature and dry sesame seeds were sorted to remove infested seeds and washed in clean tap water before draining at room temperature. Samples of seeds (200 g) were boiled in water (in stainless steel container) for 5 min, oven dried at 45 °C for 2 days. Then, the dried seeds were roasted (oven-cooking) for 10 min at a soft fire and cooled at room temperature. The

roasted seeds were ground into flour using a blender equipped with a 0.50 mm mesh sieve. The ground material obtained was stored at 4°C in a clean dry airtight sample bottle until required formulation and analysis.

2.2.4 PROCESSING OF SESAME GERMINATED SEED FLOUR

The mature and dry sesame seeds were sorted to remove infested seeds and washed in clean tap water before draining at room temperature. The drained seeds were soaked for 24 hours. The soaked seeds were kept on a cotton cloth and allowed to germinate in the dark at room temperature for 24 hours. Samples of germinated seeds (200 g) were boiled in water (in stainless steel container) for 5 min then drained and oven dried at 45 °C for 2 days. Then, the dried have been degerminated seeds by hand. The degerminated seeds were roasted (oven-cooking) for 10 min at a soft fire and cooled at room temperature. The roasted seeds were ground into flour using a blender equipped with a 0.50 mm mesh sieve. The ground material obtained was stored at 4°C in a clean dry airtight sample bottle until required formulation and analysis.

2.2.5 PROCESSING OF MORINGA LEAF POWDER

Moringa oleifera leaves were sorted and washed in clean tap water containing 1% NaClO. Then, they were dried at room temperature for 4 days, grounded into powder using a blender and sieved with a fine sieve of 0.25 mm. The resulting powder was packaged in black polyethene bags and stored in airtight plastic containers away in the dark until formulation and analysis.

2.3 WEANING FOOD BLEND FORMULATION

The weaning food blends containing millet or maize fermented, millet or maize fermented germinated, sesame ungerminated or germinated and moringa were formulated using different proportions of individual ingredients. The different composite flours, the reference commercial flours and their code as shown in Table 1.

Table 1. Composition of designed formulations based on millet and maize

	Formulations based on millet			
Ingredient (%)	**MiS**	**MiSMo5**	**MiSG**	**MiSGMo5**
Fermented millet flour	60	60	60	60
Germinated millet flour	10	10	10	10
Ungerminated Sesame flour	30	25	-	-
Germinated Sesame flour	-	-	30	25
Moringa powder	-	5	-	5
	Formulations based on maize			
Ingredient (%)	**MaS**	**MaSMo5**	**MaSG**	**MaSGMo5**
Fermented maize flour	60	60	60	60
Germinated maize flour	10	10	10	10
Ungerminated Sesame flour	30	25	-	-
Germinate Sesame flour	-	-	30	25
Moringa powder	-	5	-	5
	Reference commerciale flours			
AT1	Control diet 1			
AT2	Control diet 2			

2.4 METHODS OF PROXIMATE ANALYSIS

Nutrient (moisture, ash, protein, fat, fiber and carbohydrate) content was determined according to standard methods of [16]. Carbohydrate content was determined by the difference that is by deducing the mean values of other parameters that were determined from 100. Energy value was estimated using the Atwater's conversion factors [17].

2.5 BIOLOGICAL ASSESSMENT OF THE WEANING FOOD

2.5.1 DIETS PREPARATION

The porridges of the composite flours were cooked by introducing 100 g of flour into 100 mL of tap water. The cooking lasted 6 min over low heat. After 5 min of cooking, 10 % table sugar was added, then the cooking lasted 1 min. The resulting paste was reduced to a dumpling before being served to the rats.

For the control flours (AT1 and AT2), 100 g were reduced to a dumpling in 100 ml of boiled tap water.

2.5.2 RAT GROUPS CONSTITUTION AND EXPERIMENTAL PROCEDURE

A total of 50 growing rats were used and fed diets. The young rats were divided into groups of 5 rats with homogeneous weights (60 ± 2 g). Thus eigth (8) groups were fed with the different formulations selected and 2 batches were fed with control flours (AT1 and AT2).

The nutritional assessment was conducted according to the procedure described by [18]. It lasted 28 days and was divided into three (3) phases: an acclimatization phase, then a growth phase and a balance-sheet phase. During the acclimatization phase (72 h), the rats received water and granules from the SFACI society (Société de Fabrication d'Aliments Composés Ivoiriens), so that they would have the same diet at the beginning of the experiment. After this period, the animals were weighed and randomly divided into 10 groups with an average mass approximately the same (with a margin of ± 2 g) for the growth phase. The rats were housed individually in separate cabins in a metabolic cage with a facility to collect urine and faeces separately. Every morning, between 7 a.m. and 8:30 a.m., rats in the same batch were fed the same diet with 30 g of feed per rat to minimize waste. The water was distributed at will in bottles and renewed every 3 days. The quantities of fresh food are weighed before being served. The next day, the refusals (leftovers) are collected and weighed before being distributed again. The dry matter of fresh feed and refusals is also measured according to method of AOAC [16]. Also, the rats were weighed every three (3) days and the increase in animal mass was recorded. During the last seven (7) days of the experiment, faeces and urine with a few drops of dilute hydrochloric acid (0.1N) were collected daily, weighed and stored at -10°C for nitrogen determination [16].

2.5.3 DETERMINATION OF NUTRITIONAL PARAMETERS

The Feed intake, Protein intake, Feed efficiency ratio (FER), Protein efficiency ratio (PER), Apparent digestibility (AD), True digestibility (TD), Net protein retention (NPU), Biological value (BV) were estimated by the method of [18]. The body length and body mass index (BMI) were determine according to methods of [19].

2.5.4 COLLECT OF BLOOD SAMPLES

At the end of the 28 days experiment, the rats were fasting for 16 hours before the blood sample was taken. This sampling was performed after ether anesthesia, according to the procedure described by [20]. Blood samples were collected in hemolysis tubes and immediately stored in a cooler containing ice (+2 °C) before being sent for biochemical parameter analysis.

2.5.5 DETERMINATION OF SERUM BIOCHEMICAL PARAMETERS

Once in the laboratory, the tubes were centrifuged at 3000 rpm for 5 min to obtain the serum, which will be stored at -20 °C. These serum were stored in eppendorf tubes, on which biochemical analyses were performed using an automated Coulter ACT diff 2 system.

These parameters, built-in the automatic analyser, were tested according to the methods below: blood glucose was tested by method of [21]; total proteins were evaluated according to [22] methods; creatinine was evaluated according to the colorimetric method of [23]; urea was evaluated according to [24]; total cholesterol (TC) was determinated by method of [21]; triglycerides (TG) were determinated using method described by [25]; HDL-cholesterol (HDL-C) was determined following the [26]method and LDL-cholesterol (LDL-C) was calculated as per the method described by [27].

2.5.6 ORGAN SAMPLING AND WEIGHING

The organs were collected after the various blood samples were taken, the animals were dissected and the various organs (hearts, livers and kidneys) were collected quickly [1].

2.6 STATISTICAL ANALYSIS

The statistical analysis of data was done by one-way Analysis of Variance (ANOVA) using the STATISTICA Software version 7.1. Differences between means values were carried out using Duncan's Multiple Range Test ($P<0.05$).

3 RESULTS AND DISCUSSION

3.1 BIOCHEMICAL COMPOSITION

The mean values of proximate chemical composition and energy values of flours studied are given in Table 2.

The moisture content of the samples is 3,34 ± 1,36 and 5,92 ± 0,09 % for composite flours and that of the AT1 and AT2 control flours is 7.60 ± 0,05 and 5.68 ± 0.27 % respectively. These water content are significantly different ($p \leq 0.05$). However, the moisture content for all the diets studied are lower than the 10% recommended for long storage of flour [28]. Aslo, the low moisture content of complementary foods increase the nutrient composition and inhibits microorganism activities [29].

The protein content in composite flour was in range from 13.08 ± 0.76 to 15.29 ± 0.01 % DW. The commerciale flours use control AT1 and AT2 content respectively 8.46 ± 0.58 and 15.67 ± 0.18 % DW of protein contents. The results indicate that formulate flours are significantly different ($p \leq 0.05$) and included between than commercial ET1 and AT2 flours. The variations in the crude protein content may be due to the ingredients used in their formulations [30]. The protein contents that all composite flours have higher than commercial AT1 flour. The presence in composite flour of moringa leaf powder and/or sesame germined seed flour are inscreases the protein content of formulated diets. This might be due to the protein content of the incorporated moringa leaf powder [31]. Aslo, the increase in protein content could be due alterations of other components (starch, lipids) which might have altered the proportion of the protein on dry weight basis during soaking and germination [32]. However, except for control diet AT1, the protein content of the studies diets within the recommended range (11-21%) [33]. Proteins play a role in the body defending and cover nitrogen expenditure caused by the renewal of tissues and the synthesis of some compounds involved in the proper body functioning (enzymes, hormones) [34].

The addition of moringa leaf powder and sesame seed flours improved the ash content of formulated diets. The value content of the weaning food samples ranged between AT1 (0.33 ± 0.01 % DW) to MaSMo5 (2.52 ± 0.04 % DW). The commercial reference flour AT2 has 2.28 ± 0.03 % DW. However, the value of all the formulated studies were within the recommended norms for weaning food (≤ 3 %) [35]. The values obtained in this study indicate that diets contain appreciable amount of important minerals for best development of children.

The fat content in the formulated (18.17 ± 0.04 – 21.56 ± 0.06 %DW) was higher ($P < 0.05$) as compared to references flours AT1 (1.77 ± 0.30 % DW) and AT2 (9.53 ± 0.09 % DW). This could be attribute to the inclusion of sesame seed in the different formulations. Indeed, the fat content of formulated diets decreases significantly ($P \leq 0.05$) with incorpored moringa leaf powder and subtitution of the sesame seed ungerminated flours (S) by the sesame seed germinated flours (SG). This decreasing could be attribute on the one hand to the weak contents in lipids of moringa leaf powder [31] and on the other hand of soaking and germination may be due to the action of lipolytic enzymes which utilized the fats present. However, the fat content obtained in this study fall within the recommended norms for infants (10 - 25 %) [35]. Fat is important in diets because it is a high-energy nutrient and promotes fat-soluble vitamins absorption [4]. In addition, the oil of sesame contains importante oleic acid, linoleic acid and antioxydant believed to promote cell integrity and healthy fonction of body tissues [13].

Concerning the fiber contents in studied flours, the lowest values statistically ($P \leq 0.05$) are obtained from the two commercial reference flours AT1 and AT2 with 1.52 ± 0.15 and 2.09 ± 0.03 % DW respectively. The formulated flours fiber contents varied statistically from 3.82 ± 0.04 (MaS) to 5.07 ± 0.09 (MiSGMo5) % DW. However, all formulated diets have values conform to that recommended (≤ 5%) [35]. The fibres contribute to the maintenance of the healthy intestinal flora [36]. In general, the health benefits of dietary fibre consumption include the prevention, reduction and treatment of nutritional diseases (constipation, colon cancer, diabetes, obesity and gallstones) [36].

The carbohydrates have an essentially energetic role, they are the energy source that can be rapidly used by the body and are involved in the anabolism of proteins [34]. The carbohydrate of the formulated flours ranged between 57.81 ± 0.14 and 60.97 ± 0.22 % DW. The control commercial flour AT1 (87.92 ± 1.26 % DW) and AT2 (70.44 ± 0.35 % DW) provides the highest value statistically ($P \leq 0.05$) compared to formulated flours. However, the carbohydrate of the formulated flours close to the recommended value (64 ± 4%) according [35].

The energy density of the samples depends on the values of fat, protein and carbohydrate of the diets. According the Table 2, the flours studied provide energy values that range 401.49 ± 0.90 to 483.50 ± 1.07 kcal/100 g DW. However, composite flours have statistically higher ($p > 0.05$) energy values (460.91 ± 0.03 - 483.50 ± 1.07), to those of the commercial reference flours

AT1 and AT2 (401.49 ± 0.90 and 430.23 ± 0.48 kcal/100 g DW respectively). All the diets studied have energy values close to those of the recommended (400-425 kcal/100 g) by [35]. This is desirable in infants and children, because low energy density foods tend to reduce total energy intake and the use of other nutrients [37].

Table 2. Proximate composition of formulated diets

		Parameter (% DW)					
Diets	**Moisture (%)**	**Protein**	**Ash**	**Fat**	**Fiber**	**Carbohydrate**	**Energy (Kcal/100g DW)**
MiS	3.77 ± 1.30 ^{e}	13.08 ± 0.76 ^{b}	1.79 ± 0.02 ^{b}	21.56 ± 0.06 ^{g}	4.30 ± 0.17 ^{e}	59.28 ± 0.64 ^{d}	483.50 ± 1.07^{j}
MiSMo5	3.54 ± 0.65 ^{a}	13.48 ± 0.07 ^{c}	2.04 ± 0.01 ^{d}	18.72 ± 0.05 ^{e}	4.80 ± 0.10 ^{h}	60.97 ± 0.22 ^{g}	466.23 ± 0.13^{f}
MiSG	3.35 ± 0.42 ^{a}	13.82 ± 0.07 ^{d}	1.93 ± 0.03 ^{c}	20.98 ± 0.16^{f}	4.43 ± 0.15 ^{f}	58.85 ± 0.35 ^{c}	479.47 ± 0.35^{h}
MiSGMo5	4.29 ± 0.91 ^{b}	14.99 ± 0.59 ^{g}	2.09 ± 0.05 ^{d}	18.39 ± 0.70^{d}	5.07 ± 0.09 ^{i}	59.48 ± 0.09 ^{e}	463.41 ± 3.60^{d}
MaS	3.34 ± 1.36 ^{a}	14.29 ±0.59 ^{c}	2.17 ±0.02 ^{e}	20.99 ± 0.13^{f}	3.82 ± 0.04 ^{c}	58.72 ± 0.69 ^{b}	480.95 ± 0.79^{i}
MaSMo5	4.57 ± 0.73 ^{c}	14.92 ± 0.36 ^{g}	2.42 ± 0.05 ^{g}	18.47 ± 0.05^{d}	4.50 ± 0.11 ^{g}	59.70 ± 0.47 ^{f}	464.70 ± 0.90^{e}
MaSG	4.22± 0.19 ^{b}	14.66 ± 0.01 ^{f}	2.27 ± 0.03 ^{f}	20.90 ± 0.20^{f}	4.37 ± 0.10 ^{f}	57.81 ± 0.14 ^{a}	478.01 ± 1.29^{g}
MaSGMo5	5.92 ± 0.09 ^{d}	15.29 ± 0.01 ^{h}	2.52 ± 0.04 ^{h}	18.17 ± 0.04 ^{c}	4.96 ± 0.10 ^{i}	59.06 ± 0.08 ^{d}	460.91 ± 0.03^{c}
AT1	7.60 ± 0.05 ^{e}	8.46 ± 0.58 ^{a}	0.33 ± 0.01 ^{a}	1.77 ± 0.30^{a}	1.52 ± 0.15^{a}	87.92 ± 1.26^{i}	401.49 ± 0.90^{a}
AT2	5.68 ± 0.27 ^{d}	15.67 ± 0.18 ^{i}	2.28 ± 0.03 ^{f}	9.53 ± 0.09^{b}	2.09 ± 0.03^{b}	70.44 ± 0.35^{h}	430.23 ± 0.48^{b}

Values are mean ± standard deviation of triplicate measurements and those bearing different letter within a columns are significantly different (P ≤ 0.05).

***MiS**: 60% Millet fermented, 10% Millet germinated and 30% Sesame; **MiSMo5**: 60% Millet fermented, 10% Millet germinated, 25% Sesame and 5% Moringa; **MiSG**: 60% Millet fermented, 10% Millet germinated and 30% Sesame germinated; **MiSGMo5**: 60% Millet fermented, 10% Millet germinated, 25% Sesame germinated and 5% Moringa; **MaS**: 60% Maize fermented, 10% Maize germinated and 30% Sesame; **MaSMo5**: 60% Maize fermented, 10% Maize germinated, 25% Sesame and 5% Moringa; **MaSG**: 60% Maize fermented, 10% Maize germinated and 30% Sesame germinated; **MaSGMo5**: 60% Maize fermented, 10% Maize germinated, 25% Sesame germinated and 5% Moringa; **AT1** :Control diet 1, **AT2** : Control diet 2*

3.2 BIOLOGICAL EVALUATION OF DIETS

3.2.1 GROWTH PERFORMANCE AND ANTHROPOMETRICAL PARAMETERS

Analysis of the results obtained shows a mass gain in rats fed formulated and commercial diets (AT2) (Figure 1; Table 3). In addition, the average mass of the batch of rats subjected to the AT2 control diet increased slightly compared to rats fed flours formulated with a markdown from day 6 of the experiment. Moreover, depending on the treatment applied to sesame seeds (S or SG) and the presence or absence of moringa leaf powder (Mo) in the diet administered to rats, a difference was observed in the evolution of the masses of the rat batches. The high growth of rats fed diets containing germinated sesame seed (SG) powder and moringa leaves would confirm the impact of leafy vegetables and seed germination on their nutritional value in food [38],[39]. Also, the growth of these rats could therefore indicate a regular development of the cellular metabolism of rats [40]. In addition, the diet of rats fed the AT1 control diet showed a loss of mass from day 6 until the end of the experiment. This loss of mass in rats fed the formulated and control AT2 diets could be explained by the high protein content of the flours (8.46 ± 0.58 % DW). According to [1] the protein requirement of growing rats varies from 9 to 18 %.

The body mass index (BMI) of rats fed the formulated diets ranges from 0.45 ± 0.02 to 0.51 ± 0.07 g/cm^2 (Table 3). Those of rats fed the AT2 control diets are 0.46 ± 0.06 g/cm^2. However, rats in the AT1 control diet (0.36 ± 0.03 g/cm^2) had the lowest BMI. In addition, the statistical analysis did not show any significant difference ($p \geq 0.05$) between the formulated and AT2 control regimes. They would indicate that rats exposed to the different formulated foods would not show signs of obesity. These values are within the range (0.38 to 0.68 g/cm^2) of normal rats described by [19]. Consequently, the formulated diets could have a health benefit on the child's body during weaning.

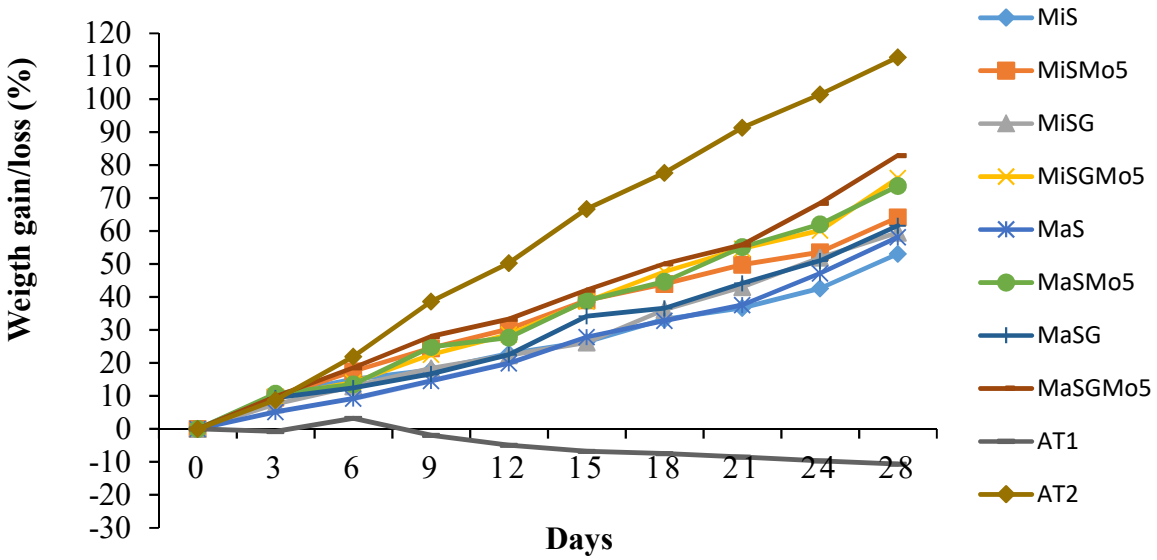


Fig. 1. Weight variation of rats fed composite and control flours

Table 3. Weight gain, body length and body mass index (BMI)

Experimental diets	Initial weight (g)	Final weight (g/d)	Weight gain (g/d)	Final length (cm)	BMI (g/cm²)
MiS	60.86 ± 7.62^{a}	93.13 ± 11.55^{b}	1.15 ± 0.17^{b}	13.60 ± 0.96^{b}	0.50 ± 0.01^{b}
MiSMo5	60.82 ± 7.53^{a}	99.70 ± 11.25^{c}	1.39 ± 0.17^{c}	14.50 ± 0.50^{d}	0.47 ± 0.03^{b}
MiSG	61.60 ± 7.50^{a}	98.16 ± 10.82^{c}	1.31 ± 0.15^{b}	14.50 ± 0.79^{d}	0.47 ± 0.00^{b}
MiSGMo5	60.31 ± 7.61^{a}	106.29 ± 14.74^{c}	1.64 ± 0.29^{e}	15.34 ± 1.25^{f}	0.45 ± 0.02^{b}
MaS	60.82 ± 7.34^{a}	98.15 ± 10.23^{c}	1.33 ± 0.12^{b}	13.88 ± 0.95^{b}	0.51 ± 0.07^{b}
MaSMo5	61.12 ± 7.35^{a}	106.05 ± 11.81^{c}	1.60 ± 0.20^{d}	14.70 ± 0.67^{d}	0.49 ± 0.06^{b}
MaSG	61.29 ± 7.44^{a}	96.89 ± 11.86^{c}	1.27 ± 0.19^{b}	14.00 ± 0.79^{c}	0.49 ± 0.03^{b}
MaSGMo5	60.51 ± 7.60^{a}	110.44 ± 11.85^{d}	1.78 ± 0.18^{e}	15.18 ± 0.73^{e}	0.48 ±0.06^{b}
AT1	60.88 ± 8.68^{a}	54.54 ± 8.98^{a}	-0.23 ± 0.02^{a}	12.28 ± 0.97^{a}	0.36 ± 0.03^{a}
AT2	59.82 ± 10.49^{a}	127.27 ± 10.19^{e}	2.40 ± 0.43^{f}	16.58 ± 0.76^{g}	0.46 ± 0.06^{b}

Values are mean ± standard deviation of triplicate measurements and those bearing different letter within a columns are significantly different (P ≤ 0.05).

3.2.2 FEED CONSUMPTION RATE AND PROTEIN QUALITY OF DIETS

The feed efficiency ratio (FER) of the formulated and control diets (AT1 and AT2) differs significantly at the 5% threshold (Table 4). The formulated and control AT2 diets were well assimilated by rats with FER of (0.18 ± 0.03 and 0.23 ± 0.03) and 0.26 ± 0.05 respectively. This could be explained by the high fat and protein content of flours that would improve the aroma, flavour and palatability of these diets [41]. However, the AT1 control diet (-0.05 ± 0.00) was poorly assimilated by rats. The protein efficiency ratio (PER) of the formulated diets ranges from 1.38 ± 0.20 to 1.64 ± 0.29. The AT2 control regime recorded a PER of 1.66 ± 0.30. However, the statistical analysis did not show any significant difference ($p \geq 0.05$) between the formulated diets and the AT2 control diets (Table 4). In addition, the protein efficiency coefficients of the composite flours and the AT2 control feed are within the range of 1.5 to 2 reflecting the good quality of a food protein. Indeed, the quality of a protein is poor if the PER is less than 1.5; good if it is between 1.5 and 2 [42]. The content of the PER obtained in this study demonstrates the advantage of using sesame seeds and moringa leaves in infant feeding. In addition, observation of the results showed that the rats' bodies used the proteins contained in the AT1 trade regime (-0.54 ± 0.04), which could justify the loss of mass in these rats.

Table 4. Feed intake, Protein intake, FER (Feed efficiency ratio) and PER (Protein efficiency ratio) of formulated diets and controls

Experimental diets	Feed intake (g/j)	Protein intake (g/j)	FER	PER
MiS	6.39 ± 1.40^{b}	0.84 ± 0.03^{b}	0.18 ± 0.03^{b}	1.38 ± 0.20^{b}
MiSMo5	6.50 ± 0.64^{b}	0.88 ± 0.00^{c}	0.21 ± 0.03^{c}	1.59 ± 0.20^{b}
MiSG	6.42 ± 0.86^{b}	0.89 ± 0.00^{c}	0.20 ± 0.02^{c}	1.47 ± 0.17^{b}
MiSGMo5	6.65 ± 1.05^{b}	1.00 ± 0.03^{e}	0.22 ± 0.05^{d}	1.64 ± 0.29^{b}
MaS	6.16 ± 1.26^{b}	0.88 ± 0.03^{c}	0.21 ± 0.03^{c}	1.45 ± 0.22^{b}
MaSMo5	7.05 ± 1.15^{c}	1.05 ± 0.02^{f}	0.23 ± 0.03^{d}	1.53 ± 0.19^{b}
MaSG	6.42 ± 1.41^{b}	0.94 ± 0.00^{d}	0.21 ± 0.02^{c}	1.42 ± 0.12^{b}
MaSGMo5	7.60 ± 1.65^{d}	1.16 ± 0.00^{g}	0.23 ± 0.02^{d}	1.53 ± 0.15^{b}
AT1	4.93 ± 1.41^{a}	0.42 ± 0.03^{a}	-0.05 ± 0.00^{a}	-0.54 ± 0.04^{a}
AT2	9.24 ± 1.09^{e}	1.45 ± 0.02^{h}	0.26 ± 0.05^{e}	1.66 ± 0.30^{b}

Values are mean ± standard deviation of triplicate measurements and those bearing different letter within a columns are significantly different (P ≤ 0.05).

3.2.3 DIGESTIBILITY, BIOLOGICAL VALUE (BV) AND NET PROTEIN UTILIZATION (NPU)

The apparent digestibility (AD) of the diets studied showed a significant difference at the 5% threshold (Table 5). Analysis of the results indicated that the highest level was obtained with the AT2 control regime (93.01 ± 0.12 %). The lowest was recorded with the MiS scheme (81.47 ± 0.31 %). Apart from the latter, the AD values recorded in the rats subjected to the diets studied are statistically identical or higher (p ≤ 0.05) than those of the commercial control flour AT1 (83.05 ± 0.04 %). In addition, diets containing 5% of moringa leaf powder (Mo) have high values compared to diets containing sesame seed powder treated under the same conditions. In addition, the true digestibility (TD) of the diets studied differs significantly (p ≤ 0.05) (Table 5). The TD of the formulated diets ranges from 85.18 ± 0.31 to 93.55 ± 0.02. The values for the AT1 and AT2 control regimes were 90.48 ± 0.04 % and 95.15 ± 0.12 %, respectively. However, more than 80% of the diet proteins were actually retained by rats. According to [43], an digestibility of more than 70 % is desired in foods intended for children of weaning age. These results are similar to those of [44] which obtained 87.82 - 97.57 % respectively. In addition, the relatively high digestibility values of diets containing germinated sesame seed powder (SG) and moringa leaves (Mo) would indicate the importance of raw material treatments and flour supplementation in improving the nutritional value of foods. Moroever, the actual digestibility values of the different diets are higher than the apparent digestibility. This observation was also made by [44].

The biological value (BV) of a food's protein reflects its bioavailability in the body [45]. The values recorded in this study oscillate between those of the AT1 (78.66 ± 1.62 %) and AT2 (95.57 ± 0.05 %) controls. The content of the formulations ranges from 83.51 ± 0.56 to 94.91 ± 0.00 %. The statistical analysis showed that there is a significant difference between control regimens (AT1 and AT2) and formulated regimens. In addition, the presence of sesame germinated seed (SG) and moringa leaf (Mo) powder increased the BV of the formulated diets tomore than 80%. Thus, 80% of the proteins contained in formulated foods would be assimilated by the body. In addition, the consumption of flours incorporated into the powder of germinated sesame seeds (SG) and moringa leaves (Mo) has a VB of more than 90%. This rate is similar to [46] which obtained by 88.31 - 100 respectively. In addition, the incorporation of germinated seeds and moringa leaves in infant flours improves the nutritional quality of the diet [8], [47].

Table 5. Digestibility (AD and TD), protein utilization (NPU), biological value (BV) and protein retention (PRE) of the formulated diets and controls

Experimental diets	Parameter (%)				
	AD	TD	NPU	BV	PRE (g/d)
MiS	81.47 ± 0.31^{a}	85.18 ± 0.31^{a}	73.79 ± 1.08^{b}	86.64 ± 0.65^{c}	0.62 ± 0.03^{b}
MiSMo5	85.18 ±0.15^{e}	88.72 ± 0.15^{d}	80.79 ± 0.07^{d}	91.06 ± 0.04^{e}	0.71 ± 0.00^{d}
MiSG	84.20 ± 0.11^{c}	87.69 ± 0.11^{c}	77.61 ± 0.08^{c}	88.51 ± 0.05^{d}	0.69 ± 0.00^{c}
MiSGMo5	89.02 ± 0.10^{g}	92.13 ± 0.10^{f}	86.69 ± 0.37^{f}	94.10 ± 0.18^{f}	0.86 ± 0.03^{f}
MaS	83.22 ± 0.10^{b}	86.75 ± 0.10^{b}	72.44 ± 0.81^{a}	83.51 ± 0.56^{b}	0.64 ± 0.03^{b}
MaSMo5	87.57 ± 0.21^{f}	90.52 ± 0.21^{e}	82.60 ± 0.30^{e}	91.26 ± 0.17^{e}	0.87 ± 0.02^{f}
MaSG	84.68 ± 0.17^{d}	87.97 ± 0.17^{c}	77.25 ± 0.01^{c}	87.81 ± 0.00^{d}	0.73 ± 0.00^{e}
MaSGMo5	90.89 ± 0.02^{h}	93.55 ± 0.02^{g}	88.79 ± 0.01^{g}	94.91 ± 0.00^{g}	1.03 ± 0.00^{g}
AT1	83.05 ± 0.04^{b}	90.48 ± 0.04^{e}	71.16 ± 1.98^{a}	78.66 ± 1.62^{a}	0.30 ± 0.03^{a}
AT2	93.01 ± 0.12^{i}	95.15 ± 0.12^{h}	90.94 ± 0.11^{h}	95.57 ± 0.05^{h}	1.32 ± 0.02^{h}

Values are mean ± standard deviation of triplicate measurements and those bearing different letter within a columns are significantly different (P ≤ 0.05).

3.2.4 BIOMETRIC VALUES OF RATS FED WITH DIETS

Biometrics of the organs (kidneys, liver and heart) of rats in the formulated and control diets (AT1 and AT2) are recorded in Table 6. One technique for assessing food quality is the measurement of organ biometrics [45]. Indeed, this measure makes it possible to detect anomalies in the organs implicated in nutritional metabolism [18]. The kidneys are extremely important and effective organs for the functioning of the body, but they are also extremely sensitive to various substances that can cause abnormalities. The kidney weights of rats on the formulated diets range from 0.70 ± 0.08 to 0.79 ± 0.09 g and those of rats on the AT2 diet from 0.76 ± 0.03 g. The analysis of the results did not show any significant difference ($p \geq 0.05$) between the formulated and control AT2 diets. These results are in the range of 0.77 - 0.90 g of rats fed with dockounou obtained by [48]. This observation would attest to the safety of diets formulated on normal kidney function. In addition, the low kidney mass obtained with rats in the AT1 control diet (0.49 ± 0.04 g) may be due to low dietary intake by rats. Similar observations have been reported by [49], on fed rats with a dietary restriction.

The liver is an organ involved in the metabolism of nutrients. The liver performs three vital functions such as purification function (cholesterol elimination, transformation of ammonia into urea, etc.), synthesis function (synthesis of coagulation factors and cholesterol synthesis, etc.) and storage function [48]. However, liver enlargement is an indicator of a treatment-related abnormality [45]. The liver mass of rats fed the formulated and control diets (AT1 and AT2) differs significantly at the 5% threshold. The lowest mass was recorded with rats in the AT1 control diet (2.18 ± 0.26 g) and the highest mass with those in the AT2 control diet (4.04 ± 0.20 g). The liver masses of ras subjected to the formulated diets range from 3.43 ± 0.21 to 3.87 ± 0.39 g. However, with the exception of rats fed the MaSMo5 diet (3.43 ± 0.21 g), the liver weights of rats fed the formulated diets are statistically identical ($p \geq 0.05$) to each other. However, the liver weights of rats fed the formulated diets are similar to (3.13 - 3.70 g) obtained by [48]. Thus, the consumption of the formulated diets may not have a negative impact on the functioning of this organ. In addition, the low liver mass in rats on the AT1 control diet (2.18 g) is believed to be due to the dietary reduction observed by rats. Such results have been reported by [49].

Table 6. Organs weight of rats fed with formulated diets and controls

Experimental diets	Weight (g)		
	Kidneys	Liver	Heart
MiS	$0,74 \pm 0,05^{b}$	$3,63 \pm 0,43^{c}$	$0,42 \pm 0,05^{c}$
MiSMo5	$0,76 \pm 0,03^{b}$	$3,43 \pm 0,21^{b}$	$0,40 \pm 0,03^{b}$
MiSG	$0,74 \pm 0,06^{b}$	$3,73 \pm 0,36^{c}$	$0,42 \pm 0,03^{b}$
MiSGMo5	$0,70 \pm 0,08^{b}$	$3,60 \pm 0,49^{c}$	$0,41 \pm 0,04^{b}$
MaS	$0,75 \pm 0,08^{b}$	$3,87 \pm 0,39^{c}$	$0,42 \pm 0,03^{b}$
MaSMo5	$0,76 \pm 0,06^{b}$	$3,81 \pm 0,31^{c}$	$0,45 \pm 0,05^{c}$
MaSG	$0,73 \pm 0,09^{b}$	$3,86 \pm 0,44^{c}$	$0,43 \pm 0,03^{c}$
MaSGMo5	$0,79 \pm 0,09^{b}$	$3,57 \pm 0,26^{c}$	$0,40 \pm 0,03^{b}$
AT1	$0,49 \pm 0,04^{a}$	$2,18 \pm 0,26^{a}$	$0,29 \pm 0,04^{a}$
AT2	$0,76 \pm 0,03^{b}$	$4,04 \pm 0,20^{d}$	$0,48 \pm 0,05^{d}$

Values are mean ± standard deviation of triplicate measurements and those bearing different letter within a columns are significantly different ($P \leq 0.05$).

3.2.5 Biochemical Parameters Studies

The levels of glucose, total protein, urea and creatinine in young rats subjected to the selected formulations and commercial control flours are recorded in Table 7.

The variation in blood glucose levels is one of the first approaches to detecting possible kidney dysfunction and diabetes in an individual [50]. This study, blood glucose levels in rats fed food preparations ranged from 55.10 ± 7.54 to 68.05 ± 2.55 mg/dL. These values range from 50 to 135 mg/dL recommended by [51] in normal rats. In addition, these values did not vary significantly from the controls in lot AT2. As a result, the consumption of the different diets formulated had no effect on the blood sugar levels of young rats. However, the hypoglycemia observed in rats subjected to the AT1 (41.00 ± 4.41mg/dL) control diet is explained by a state of protein-energy malnutrition leading to Kwashiorkor [52]. These results are consistent with those of [49] in rats with dietary restrictions.

The serum total protein levels are between those of rats on the AT1 (4.53 ± 0.21 g/dl) and AT2 (7.38 ± 0.86 g/dl) control diets. In addition, rats fed formulations containing germinated sesame seed powder (SG) and moringa leaf powder (Mo) significantly increased ($p \leq 0.05$) the serum total protein level in rats. Indeed, serum protein level is a parameter strongly influenced by the protein content of the diet [53]. Their importance results from the beneficial effect on health by maintaining

osmotic pressure, transporting molecules, purifying plasma, strengthening the immune system and coagulating blood [48]. Serum protein levels in rats on the elaborate diets are relatively low compared to the AT2 control lot. However, these values are consistent with the range (5.5 and 7.7 mg/dL) described by [54] in normal rats. In addition, the hypoproteinemia observed in rats fed the AT1 control diet is thought to result from insufficient protein intake, leading to protein malnutrition in the subjects [49]. As a result, consumption of these formulated foods would be able to meet the body's protein needs and maintain a healthy infant during weaning.

Creatinine and urea are excellent markers of kidney function, their increasing reflects kidney dysfunction [55]. However, an increase in plasma urea does not specifically indicate kidney impairment. Indeed, plasma urea concentration depends not only on kidney function but also on diuresis, dietary nitrogen intakes and endogenous protein catabolism [55]. Creatinine currently remains the most commonly used test for assessing kidney function, as it is essentially eliminated by the kidney route by glomerular filtration [56]. Creatinine highest value was recorded with rats on the AT1 diet (0.69 ± 0.02 mg/dL), followed by those on the AT2 control diet (0.60 ± 0.05 mg/dL). Moreover, a significant decrease in creatinine content is observed when diets are enriched with sesame germinated (SG) and moringa (Mo) seed powder. [57] showed that the presence of antioxidant compounds in plants conferred them a nephroprotective activity. In addition, the serum creatinine concentration (0.48 - 0.64 mg/dL) of rats in the formulated diets is consistent with that of [54] which is 0.2-0.6 mg/dL required in young growing rats. Furthermore, the results obtained in this study are low compared to those (1.51-1.71 mg/dL) of [58]. These observations demonstrate the safety of the various foods formulated on kidney function.

Table 7. Glucose, total protein, urea and creatinine of rats fed with food formulations and controls

Experimental diets	Glucose (mg/dL)	Total protein (g/dL)	Urea (mg/dL)	Creatinine (mg/dL)
MiS	62.18 ± 5.56^{c}	5.16 ± 0.10^{b}	4.40 ± 0.60^{b}	0.56 ± 0.05^{c}
MiSMo5	55.10 ± 7.54^{b}	5.68 ± 0.56^{c}	3.94 ± 0.69^{a}	0.51 ± 0.01^{b}
MiSG	68.05 ± 2.55^{d}	5.44 ± 0.44^{c}	5.08 ± 0.84^{f}	0.57 ± 0.06^{d}
MiSGMo5	56.40 ± 6.92^{b}	6.25 ± 0.22^{d}	4.91 ± 0.65^{e}	0.48 ± 0.04^{a}
MaS	63.75 ± 10.40^{c}	4.98 ± 0.60^{b}	4.82 ± 0.28^{d}	0.64 ± 0.02^{f}
MaSMo5	61.05 ± 4.82^{c}	5.32 ± 0.61^{b}	4.53 ± 0.48^{c}	0.58 ± 0.03^{d}
MaSG	64.30 ± 9.67^{c}	5.38 ± 0.73^{c}	5.97 ± 0.31^{i}	0.57 ± 0.05^{d}
MaSGMo5	61.63 ± 4.83^{c}	6.44 ± 0.10^{d}	5.19 ± 0.43^{f}	0.51 ± 0.04^{b}
AT1	41.00 ± 4.41^{a}	4.53 ± 0.21^{a}	5.92 ± 0.73^{h}	0.69 ± 0.02^{g}
AT2	63.53 ± 1.45^{c}	7.38 ± 0.86^{e}	5.62 ± 0.76^{g}	0.60 ± 0.05^{e}

Values are mean ± standard deviation of triplicate measurements and those bearing different letter within a columns are significantly different (P ≤ 0.05).

In order to explore the value of a diet composed of a mixture of cereal (millet and maize), sesame and moringa on the health status of the animals tested, the levels of total cholesterol, HDL cholesterol, LDL cholesterol and triglycerides were determined (Table 8).

For total serum cholesterol, the analysis of variance indicates that the lowest value is recorded in rats on the AT1 control diet (0.69 ± 0.04 g/L), while the highest value is observed in the blood of rats on the AT2 control diet (0.90 ± 0.06 g/l). In addition, in rats fed the formulated diets, the total cholesterol content (0.80 ± 0.04 - 0.85 ± 0.06 g/L) is lower compared to that of rats fed the AT2 control diet. This could be due to the fact that plant-based foods would have little or no cholesterol. Also, the presence of fibres and tannins in diets would promote the reduction of cholesterol in the blood by its faecal excretion or by decreasing its synthesis by the liver [59]. In addition, the HDL cholesterol (good cholesterol) (0.41 ± 0.01- 0.60 ± 0.05 g/L) and LDL cholesterol (0.09 ± 0.02 - 0.19 ± 0.04 g/L) content in rats fed the formulated diets are comparable to those reported by [58] which are approximately 0.55 g/L and 0.15 g/L respectively for Wistar rats. This would suggest that the consumption of elaborate formulations would not pose a risk of hyperlipidemia or cardiovascular disease in children. In addition, the low total cholesterol/HDL-cholesterol ratio (1.39 - 2.04) compared to the maximum limit of 3 in animals that ingested the formulations would confirm the health benefits of consuming these flours [60].

Table 8. Lipid profile and atherogenic indices of rats fed with formulated diets and controls

Experimental diets	Parameter (g/L)					
	TG	CT	HDL-C	LDL-C	CT / HDL-C	LDL-C/HDL-C
MiS	1.18 ± 0.10^{h}	0.84 ± 0.07^{c}	0.42 ± 0.01^{d}	0.18 ± 0.06^{c}	1.98	0.42
MiSMo5	0.97 ± 0.11^{f}	0.83 ± 0.05^{c}	0.50 ± 0.01^{h}	0.14 ± 0.03^{b}	1.67	0.28
MiSG	1.08 ± 0.06^{g}	0.85 ± 0.06^{c}	0.45 ± 0.03^{e}	0.18 ± 0.03^{c}	1.86	0.39
MiSGMo5	0.90 ± 0.09^{d}	0.80 ± 0.04^{b}	0.51 ± 0.02^{h}	0.11 ± 0.05^{b}	1.56	0.21
MaS	1.18 ± 0.09^{h}	0.83 ± 0.06^{c}	0.41 ± 0.01^{c}	0.19 ± 0.05^{c}	2.04	0.46
MaSMo5	0.97 ± 0.03^{f}	0.84 ± 0.03^{c}	0.48 ± 0.06^{g}	0.16 ± 0.08^{b}	1.75	0.34
MaSG	0.93 ± 0.06^{e}	0.84 ± 0.03^{c}	0.46 ± 0.04^{f}	0.19 ± 0.04^{c}	1.83	0.43
MaSGMo5	0.72 ± 0.04^{b}	0.83 ± 0.03^{c}	0.60 ± 0.05^{i}	0.09 ± 0.02^{a}	1.39	0.15
AT1	0.53 ± 0.04^{a}	0.69 ± 0.04^{a}	0.24 ± 0.02^{a}	0.35 ± 0.03^{d}	2.87	1.43
AT2	0.80 ± 0.06^{c}	0.90 ± 0.06^{d}	0.40 ± 0.07^{b}	0.34 ± 0.05^{d}	2.27	0.87

Values are mean ± standard deviation of triplicate measurements and those bearing different letter within a columns are significantly different (P ≤ 0.05).

4 CONCLUSION

The formulated flours have a high content of protein, fat, ash, fibre and an energy value that complies with the standards for complementary food. As well, the incorporation of sesame germinated seed (SG) powder into flours to optimize these parameters. Nutrition tests of enriched formulated flours (sesame and moringa) and the AT2 control diet in growing rats showed better dry matter intake. Also, the food and protein efficiency coefficient of the formulated diets is similar to that of the control diet AT2. This finding resulted in weight gain in rats fed these diets as opposed to rats fed the AT1 control diets. In addition, no obesity was detected in rats on the formulated diets. Moreover, the analysis of the results showed that the consumption of diets formulated by rats did not induce an abnormality on the organs (kidneys, liver and heart). Blood biochemical parameters (glucose, urea, total protein and creatinine) generally showed good functioning of rat organs. Consumption of the formulated diets showed good accumulation of blood lipids (total cholesterol, HDL-cholesterol, LDL-cholesterol and triglycerides) in rats. These formulations could therefore be offered to mothers in rural areas and those on low incomes.

REFERENCES

[1] K. Bouafou, K. Kouamé, et A. Offoumou, "Bilan azoté chez le rat en croissance de la farine d'asticots séchés," *Tropicultura*, vol. 25, no. 2, pp. 70-74, 2007.

[2] A. Yewelsew, J. S. Barbara, J. H. Margaret, and E. G. Gail, "Nutritive value and sensory acceptability of corn and Kocho-Based foods supplemented with legumes for infant feeding in southern Ethiopia," *Afri. J. of Food Agri. Nutri. and Dev*., Vol. 6, no. 1, pp. 1684-5376, 2006.

[3] A. Lartey, A. Manu, K. H. Brown, J. M. Peerson, and K. G. Dewey, "A randomized, community-based trial of the effects of improved, centrally processed complementary foods on growth and micronutrient status of Ghanaian infants from 6 to 12mo of age," *American Journal of Clinical Nutrition*, vol. 70, pp. 391–404, 1999.

[4] M. W. Tenagashaw, J. N. Kinyuru, G. M. Kenji, E. T. Melaku, and H. K. Susanne, "Nutrient density of complementary foods formulated from a blend of teff, soybean and orange-fleshed sweet potato," *International Journal of Food Science and Nutrition Engineering*, vol 7, no. 4, pp. 61-69, 2017.

[5] L. Songré-Ouattara, C. Mouquet-Rivier, C. Icard-Vernière, I. Rochette, B. Diawara, J. P. Guyot, "Potential of amylolytic lactic acid bacteria to replace the use of malt for partial starch hydrolysis to produce African fermented pearl millet gruel fortified with groundnut," *Int. J. Food Microbiol*., vol. 130, pp. 258-264, 2009.

[6] M. Solomon, "Nutritive value of three potential complementary foods based on cereals and legumes," *Afri. J. Food Agri. Nutri. Dev.*, vol. 5, pp. 1–14, 2005.

[7] F. K. Amagloh, A. Hardacre, A. N. Utukumira, J. L. Weber, L. Brough, and J. Coad, "A household-level sweet potato-based infant food to complement vitamin A supplementation initiatives," *Maternal and Child Nutrition*, vol. 8, no. 4, pp. 512-521, 2012.

[8] K. K. A. Amoin, E. A. Agbo, A. G. Dago, A. G. Gbogouri, D. K. Brou and G. Dago, "Comparaison des caractéristiques nutritionnelles et rhéologiques des bouillies infantiles préparées par les techniques de germination et de fermentation," *International Journal of Biological and Chemical Sciences*, vol. 9, no. 2, pp. 944-953, 2015.

[9] C. F. Ajibola, T. N. Fagbemi, and O. F. Osundahunsi, "Nutritional Quality of Weaning Foods Formulated from Maize Gruel "Ogi" and Crayfish Using Combined Traditional Processing Technology," *Advances in Research*, vol. 6, no. 4, pp. 1–11, 2016.

[10] O. A. Adeoti, A. O. Alabi, S. O. Adedokun, K. O. Jimoh, O. O. Elutilo, and L. A. Azeez, "Influence of Processing Methods on the Nutrient, Anti-Nutrient, Mineral Compositions and Functional Properties of Akee Apple (Blighia Sapida Konig) Seed and Aril Flour," *J. Hum. Nutr. Food Sci*, vol. 5, no. 1, pp. 1101, 2017.

[11] N. F. Fogny, E. Y. Madode, F. F. Laleye, Y. Amoussou-Lokossou, and A. P. Kayode, "Formulation de farine de fonio enrichie en ressources alimentaires locales pour l'alimentation complémentaire des jeunes enfants au Bénin," *International Journal of Biological and Chemical Sciences*, vol. 11, no. 6, pp. 2745-2755, 2017.

[12] J. M. Nzikou, L. Mate, G. Bouanga-kalou, C. B. Ndangui, N. P. G. Pambou-Tobi, A. Kimbonguila, T. Silo, M. Linder, and S. Desobry, "Chemical composition of the seeds and oil of sesame (Sesamun indicum L.) grown in Congo- Brazzaville," *Advance Journal of food Science and Technology*, vol. 1, no. 1, pp. 6-11, 2009.

[13] I. D. A. Kouamé, M. B. Faulet, G. S. E. Ekissi, B. J. Fagbohoun and P. L. Kouamé, "Effects of sprouting time on physicochemical and biochemical parameters of oil extracted from sesame (Sesamum indicum)," Journal of Current Research, vol. 10, no. 6, pp. 70358-70364, 2018.

[14] F. Anwar, S. Latif, M. Ashraf and A.H. Gilani, "Moringa oleifera: A Food Plant with Multiple Medicinal Uses," Phytotherapy Research, vol. 21, pp. 17–25, 2007.

[15] O. I. Steve and O. I. Babatunde, "Chemical compositions and nutritional properties of popcorn-based complementary foods supplemented with Moringa oleifera leaves flour," J. Food Res., vol. 2, no. 6, pp. 117-132, 2013.

[16] AOAC, Official Methods of Analysis of Association of Official Analytical Chemists, 17th Ed, Gaithersburg, Maryland, USA, 2000.

[17] W. O. Atwater and F. G. Benedict, "A new respiratory calorimeter and experiments on the conservation of energy in human body II," Physical Review vol. 9, pp. 214-251, 1902.

[18] Adrian, J., Rabache, M., and Fragne, R., Technique d'analyse nutritionnelle In Lavoisier Tec et Doc (Eds). Principes de techniques d'analyse, Paris, pp. 451-478, 1991.

[19] E. L. B. Novelli, Y. S. Diniz, C. M. Galhardi, G. M. X. Ebaid, H. G. Rodrigues, F. Mani, A. A. H. Fernandes, A. C. Cicogna and J. L. V. B. N. Filho, "Anthropometrical parameters and markers of obesity in rats," Lab Anim; vol. 41, pp. 111–119, 2007.

[20] Descat, F., Hématologie du rat: hémogramme et myélogramme, Thèse médecine vétérinaire Toulouse, pp. 109, 2002.

[21] P. Trinder, "Determination of glucose in blood using Glucose Oxidase with an alternative oxygen acceptor," Ann clinBiochem, vol. 6, pp. 24-27, 1969.

[22] Spinreact. Total protein Biuret. Colorimetric; Quantitative determination of total protein. SPINREACT, S.A./S.A.U. Ctra.Santa Coloma, 7 E-17176 SANT ESTEVE DE BAS (GI) Espagne. 2015.

[23] M. Rasha and M. Ahmed, "Formulation of Reduced Calorie and Trans-free Fat Biscuits Using Palm Oil and Sucralose: Study of Their Hypoglycemic Activity on Albino Rats," Ame. J. Food Nutr., Vol. 3, No. 6, pp. 131-140, 2015.

[24] Spinreact. UREA – B. Berthelot. Enzymatique colorimétrique. Détermination quantitative d'urée. SPINREACT, S.A./S.A.U. Ctra.Santa Coloma, 7 E-17176 SANT ESTEVE DE BAS (GI) Espagne, 2015.

[25] Tietz N. W., Clinical Guide to Laboratory Tests, Second Edition W.B. Saunders Company, Philadelphia, USA. pp 554-556, 1990.

[26] C. C. Allain, L. S. Poom, C. S. Chan, W. S. Richmonal and P.C. Fu, "Enzymatic determination of total serum cholesterol," Clin. Chem., vol. 20, pp. 470-475, 1974.

[27] T. W. Friedwald, D. S. Fredrickson and L. J. Levy, "LDL cholesterol estimation," Clin. Chem., Vol. 18, pp. 499-501, 1972.

[28] A. V. Ikujenlola and E. A. Adurotoye, "Evaluation of Quality Characteristics of High Nutrient Dense Complementary Food from Mixtures of Malted Quality Protein Maize (Zea mays L.) Steamed Cowpea (Vigna unguiculata)," J. Food Proc. Technol., vol. 5, pp. 291, 2014.

[29] A. U. Achidi, B. Tiencheu, N. Tenyang, H. M. Womeni, M. N. Moyeh, L. T. Ebini and F. Tatsinkou, "Quality evaluation of nine instant weaning foods formulated from cereal, legume, tuber, vegetable and crayfish," Int. J. Food Sci. Nutr. Eng., vol. 6, no. 2, pp.21-31, 2016.

[30] N. S. Dlamini and W. K. Solomon, "Effect of Ingredients Ratio on Physicochemical and Sensory Properties of Sorghum, Maize and Soya Protein Concentrate Blend Extrudates," *International Journal of Food Science and Nutrition Engineering*, vol. *6, no.* 5, pp. 112-120, 2016.

[31] M. R. Mahan, N. Y. Konan, D. Sidibé, A. Coulibaly, P. Ezoua, K. O. Chatigre and G. H. M. Biego, "Nutritive compounds from leaves of *Moringa oleifera* L. and beans of *Vigna unguiculata* W. for improvement of the meal deriving with new shoots of *Borassus aethiopum* M. *Côte d'Ivoire," International Journal of Environmental & Agriculture Research*, vol. 2, no. 6, pp. 64-74, 2016.

[32] O. B. Ocheme and C. E. Chinma, "Effects of Soaking and Germination on Some Physicochemical Properties of Millet Flour for Porridge Production," Journal of Food Technology, vol. 6 no. 5, pp. 185-188, 2008.

[33] FAO/OMS. Programme mixte FAO/OMS sur les normes alimentaires. Commission du Codex Alimentarius : Rapport de la 30ème session du comité du codex sur la nutrition et les aliments diététiques ou de régime. Rome, Italie, French, pp. 1-223, 2008.

[34] R. Ponka, E. L. T. Nankap, S. T. Tambe and E. Fokou, "Composition nutritionnelle de quelques farines infantiles artisanales du Cameroun," *International Journal of Innovation and Applied Studies,* vol. 16, no. 2, pp. 280-292, 2016.

[35] FAO/WHO, CODEX CAC/GL 08, 1991. Codex Alimentarius: Guidelines on Formulated Supplementary Foods for Older Infants and Young Children, 4, pp 144, 1991.

[36] P. A. Dakia, M. M. A. Combo, B. M. Yapo, D. K. Brou and M. Paquot, "Dietary fibre content in carob (ceratonia siliqua l) seed husk," *International Journal of Current Research International Journal of Current Research*, vol. 9, no. 12, pp. 62190-62196, 2017.

[37] Brown, K. Dewey, K., and Allen L., Complementary feeding of young children in developing countries: A review of current scientific knowledge, World Health Organization, Geneva WHO/NUT/98.1; 1998.

[38] V. Kumar, A. K. Sinha, H. P. S. Makkar and K. Becker, "Dietary roles of phytate and phytase in human nutrition: A review," Food Chem.,vol. 120, pp. 945–959, 2010.

[39] B. D. Beruk, "Effect of Soaking and Germination on Proximate Composition, Mineral Bioavailability and Functional Properties of Chickpea Flour," Food and Public Health, vol.5, no. 4, pp. 108-113, 2015.

[40] T. Dally, A. Meite, K. G. Kouame, K. G. M. Bouafou and S. Kati–Coulibali, "Efficacité nutritionnelle de trois mets Ivoiriens : cabatoh à la sauce dah au nord; foutou igname à la sauce gouagouassou au centre; riz cuit à la sauce graine à l'ouest," Journal of Applied Biosciences, vol. 33, pp. 2084-2090, 2010.

[41] P. Singh, R Kumar, S. N. Sabapathy and A. S. Bawa, "Functional and edible uses of soy protein products," CRFSFS, vol. 7, pp. 14-28, 2008.

[42] M. Friedman, "Nutritional Value of Proteins from Different Food Sources. A Review," J. Agric. Food Chem. Vol. 44, pp. 6-29, 1996.

[43] FAO/WHO, Protein quality evaluation, Report of the joint FAO/WHO Expert consultation Bethesda, MD., USA, pp. 58-66, 1989.

[44] E. H. Kamau, C. A. Serrem and F. W. Wamunga, "Rat Bioassay for Evaluation of Protein Quality of Soy-Fortified Complementary Foods," Journal of Food Research, vol. 6, no. 6, pp. 35-44, 2017.

[45] K. Bouafou, B. A. Konan, A. Meite, G. Kouame, S. Kati-Coulibally, "Substitution de la farine de poisson par la farine d'asticots séchés dans le régime du rat en croissance : risques pathologiques?," Journal of Applied Biosciences, vol. 48, pp. 3279– 3283, 2011.

[46] A. O. Akinsola, M. A. Idowu, E. K. Oke, O. A. Idowu and A. M. Laniran, "Nutritional evaluation of maize-millet based complementary foods fortified with soybean," Annals. Food Science and Technology, vol. 18, no. 2, pp. 173-182. 2017.

[47] D. Shiriki, M. A. Igyor and D. I. Gernah, "Nutritional evaluation of complementary food formulations from maize, soybean and peanut fortified with *Moringa oleifera* leaf powder," Food Nutr. Sci., vol. 6, no. 494-500, 2015.

[48] N. J. Kouadio, K. A. S. Kra and L. S. Niamké, "Nutritional Effect of Boiled and Baked Soybean Dockounou on the Wistar Rats Health Conditions," International Journal of Biochemistry and Biophysics, vol. 5, no. 1, pp. 1-8, 2017.

[49] T. Moriyama, S. Tsujioka, T. Ohira, S. Nonaka, H. Ikeda, H. Sugiura, M. Tomohiro, K. Samura and M. Nishikibe, "Effects of reduced food intake on toxicity study parameters in rats," The Journal of Toxicological Sciences, vol. 33, no.5, pp. 537-547, 2008.

[50] M. Janghorbani, A. Aminorroaya and M. Amini, "Hypertension in Non-Type 2 Diabetes in Isfahan, Iran: Incidence and Risk Factors," *International journal of hypertension*, Article ID 3132729, pp. 7, 2017.

[51] Johnson-Delaney C., Exotic Companion Medicine Handbook for Veterinarians (2 Vol. Set). Lake Worth, FL: Zoological Education Network, pp. 500, 1996.

[52] E. K. V. Kouakou, K. G. M. Bouafou, A. Meite, K. G. Kouame and S. Kati-Coulibaly, "Farine de sevrage commerciale ANAGOBAKA: quels risques pathologiques dans le régime du rat en croissance?". Int. J. Biol. Chem. Sci., vol. 10, no. 1, pp. 167-174, 2016.

[53] B. Backlund, D. L. Zoran, M. B. Nabity, B. Norby and J. E. Bauer, "Effects of dietary protein content on renal parameters in normal cats," Journal of Feline Medicine and Surgery, vol. 13, pp. 698 – 704, 2011.

[54] Giknis, M. L. A., and Clifford C. B., Clinical laboratory parameters for Crl: WI (Han), *Charles River Laboratories*, pp. 14, 2008.

[55] Schmitt F., Pathologie rénale. In: Biochimie Hématologie. Edited by Vaubourdolle M, édition le moniteur, tome 2, Paris, pp 543-558, 2007.

[56] S. A. Gbakon, T. S. Ubwa, U.J. Ahile, O. G. Obochi, I. A. Nwannadi and M. I. Yusufu, "Studies on Changes in Some Haematological and Plasma Biochemical Parameters in Wistar Rats Fed on Diets Containing Calcium Carbide Ripened Mango Fruits," International Journal of Food Science and Nutrition Engineering, vol. 8, no. 2, pp. 27-36, 2018.

[57] M. Nandave, S. K. Ojha, S. Joshi, S. Kumari and D. S. Arya, "Moringa oleifera leaf extract prevents isoproterenol-induced myocardial damage in rats: Evidence for an antioxidant, antiperoxidative, and cardioprotective intervention" Journal of adequately Medicinal Food, vol. 12, no. 1, pp. 47-55, 2009.

[58] G. Goutianos, A. Tzioura, A. Kyparos, V. Paschalis, N. V. Margaritelis, A. S. Veskoukis, A. Zafeiridis, K. Dipla, and I. S. Vrabas, "The rat reflects human responses to exercise in blood biochemical profile: a comparative study," *Physiological reports*, vol. *3, no* 2, e12293, 2015.

[59] L. A. Brown, C. J. Kerr, P. Whiting, N. Finer, J. Mc Eneny and T. Ashton, "Oxidant stress in Healthy? Normal-weight, Overweight, and Obese Individuals," Obesity, vol. 17, pp. 460-466, 2009.

[60] J. M. Njinkoue, J. C. Manz-Koule, F. Tchoumbougnang, C. S. Milong Melong, N. C. Tchintchui, C. R. Fowe, F. J. Schweigert and I. Gouado, "Evaluation des effets hypolipidémiants de l'huile extraite du poisson *pseudotolithus senegalensis* chez des rattes ayant subi une dyslipidémie," Int. J. Biol. Chem. Sci., Vol.11, no. 6, pp. 2952-2961, 2017.

International Journal of Innovation and Applied Studies
ISSN 2028-9324 Vol. 27 No. 1 Aug. 2019, pp. 445-455
© 2019 Innovative Space of Scientific Research Journals
http://www.ijias.issr-journals.org/

Aboveground biomass production of different species of shrub and gramineae on two contrasting soil in Eastern Democratic Republic of Congo

Ntamwira Bagula Jules[1-2-3] Pyame Mwarabu Lolonga Dieudonne[2], Kanyenga Lubobo Antoine[1-4-5], Bembeleza Zihalirwa Emmanuel[1], Katunga Musale Dieudonne[1], and Dhed'a Djailo Benoit[6]

[1]Institut National pour l'Étude et la Recherche Agronomique, BP 2037 Kinshasa 1, Station de Mulungu, RD Congo

[2]Faculté de Gestion de Ressources Renouvelables, Université de Kisangani, BP 2012, Kisangani, RD Congo

[3]Institut supérieur d'Etudes Agronomiques et Vétérinaires de Mushweshwe, RD Congo

[4]CIAT-HarvestPlus, Bureau de Bukavu, RD Congo

[5]Faculté des Sciences Agronomiques, Université de Lubumbashi, BP 1825, Lubumbashi, RD Congo

[6]Faculté des Sciences, Université de Kisangani, BP 2012, Kisangani, RD Congo

Copyright © 2019 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: Fallow is one of the methods used to restore soils fertility and to produce fodder for domestic animals. The objective of this study was to compare the biomass yields of different species of shrubs and grasses in contrasting soils in South Kivu Province in the Eastern of Democratic Republic of Congo. The experimental design was a randomized block containing four repetitions. Each repetition contained four plots corresponding to four species of gramineas (*Pennisetum purpureum*, *Setaria sphacelata*, *Brachiaria ruziziensis* and *Tripsacum laxnum*) or shrubs (*Albizzia chinensis*, *Leucaena diversifolia*, *Calliandra calothyrsus* and *Leucaena leucocephala*). Highly significant differences (P = 0.001) were observed between species and between sites for all observed parameters. The quantities of biomass produced by the Pennisetum in the two sites (29.31 t/ha) were significantly higher than those produced by the 3 others species followed by *Setaria* (19.54 t/ha), *Brachiaria* (13.84 t/ha) and *Tripsacum* (13.8 t/ha). The same trend was observed for shrubs species, the quantities of biomass produced by the *Calliandra* in the two sites (11 t/ha) were significantly higher (P = 0.001) than those produced by the 3 others species followed by *Leucaena diversifolia* (8 t/ha), *Leucaena leucocephala* (3 t/ha) and *Albizia chinensis* (2 t/ha). Concerning the sites, a highest significant difference was observed between the two sites, the biomass yields produced at Mulungu (7.3 and 23.7 t/ha) were significantly higher than those for Mushinga (4.7 and 14.5 t/ha), for shrubs and gramineas respectively. For forage biomass production and soil productivity restoration, the combination of *Calliandra and Leucaena diversifolia*, and pennisetum-setaria can be used as improved fallow in the conditions of the trial sites. There is a need for follow-up research on soil production restoration to include these four species in trial at both sites in South Kivu Province.

KEYWORDS: Biomass, Forage, Improved fallow, Soil degradation, Yield.

1 INTRODUCTION

Soil fertility degradation on smallholder is the principal causes of declining food production in Africa including the East of Democratic Republic of Congo (DR Congo) [1]. This has the consequences of reducing farmers' incomes and increasing poverty in rural areas.

The use of fallow is one of the main methods used to restore soils productivity. However, Traditional fallows take several years (10 to 15 years) [2] and natural vegetation is slow to restore soil productivity. In contrast, leguminous shrubs and fast-growing grasses are planted to improve soil fertility in a short time [3].

Corresponding Author: Ntamwira Bagula Jules

The improved fallow is a natural fallow in which one or more species of grasses or shrubs fixing nitrogen or not, are introduced in order to accelerate the restoration of soil fertility, erosion control and / or to obtain various products such as fodder and wood as well as plant pest control [3], [4]. The species used are characterized by their rapid growth, their ability to produce a great quantity of biomass (leaves and wood), their deep root system and their great adaptation to local soil and climate conditions [6].

Calliandra calothyrsus, Leucaena sp and *Albizzia chinensis* are among the main leguminous shrub species selected for soil fertility improvement in several countries including Kenya, DR Congo and Burundi [7], [8], [9, [10].

Calliandra calothyrsus is a nitrogen-fixing shrub. It is used to restore soil fertility. The tree also provides a good firewood, which dries well and burns rapidly [11]. The pruning's of *Calliandra calothyrsus* are used to feed cows, rabbits and other livestock in many parts of the world [8].

Calliandra calothyrsus is a riverine colonist with relatively rapid early growth. It is outcompeted in later successional stages but may often invade areas of continual disturbance such as roadsides or shifting cultivations. In its native Central American habitat, it grows at altitudes from sea level to 1,860 m in areas where the annual precipitation ranges from 700 to 3,000 mm. The plant is not very drought tolerant although it is able to withstand dry periods. In humid climates, the tree is evergreen, whereas in areas with a long dry season it is semi-deciduous. Under severe drought conditions, the tree will die back but will generally recover after the onset of the rainy season.

Calliandra calothyrsus grows well on a wide range of soil types ranging from deep volcanic loams to more acidic metamorphic sandy clays. It appears naturally well suited to the light textured slightly acidic soils of volcanic origin which are common to the humid and subhumid tropics of southeast Asia. The precipitation pattern in these areas shows a well defined wet and dry season and an annual rainfall of 2,000-4,000 mm. The plant is not tolerant of low oxygen tensions in waterlogged situations and does not grow well on poorly drained calcareous soils. Within its native environment, *C. calothyrsus* occupies areas with mean monthly maximum temperatures between 24 and 28°C and mean minimum temperatures of 18-24°C. These areas are frost-free but *C. calothyrsus* appears to have some cool tolerance.

Calliandra calothyrsus Meissn. (Calliandra) is a small, thornless leguminous tree native to Central America and Mexico. It has been introduced to many tropical regions where it is used in agroforestry systems for fuel wood, plantation. It is planted in many countries for reforestation of eroded, poor quality land around villages.

Leucaena diversifolia is an erect tree or shrub. It is a tropical upland species present in cool and seasonally wet areas. It is often grown in degraded and deforested areas dominated by Imperata cylindrica and Themeda triandra. It also serves as fodder for livestock. Firewood and charcoal are one of the main uses of this species [12].

In addition, some grass species such as pennissetum, setaria, tripsacum and Brachiaria are recommended for restoring soil fertility in short-term fallows in Africa [10], [14].

Pennisetum purpureum is used for a number of purposes except for forage use. Indeed, this plant is known for its capacity to protect soil against erosion and, it is cultivated at the edge of contour lines and food crops to limit soil loss. It produces a large amount of dry matter which, by decaying, improves the soil structure [6], [15], [16]. This material is made both in the soil (roots) and in the abover ground (stems, leaves), the abundant roots break the clods and promote the passage of water [10].

Setaria sphacelata was developed for grazing and hay production. It is an aggressive perennial herb of arid tropical regions in the world. It prefers very hot climate and is limited to these tropical environments. It is drought resistant and is better suited to shallow soils and low rainfall, it is also used in restoring the fertility of degraded soils [17], [18], [19].

Tripsacum laxnum is a perennial forage, it is particularly useful as a green food during dry periods. Used as a hedge or for contour strips with or without legume on the hills to restore the fertility of degraded soils [18], [19]. It is used for the control of soil erosion.

Brachiaria ruziziensis is a herbaceous grass, semi-erect to creeping, native to Central Africa (Burundi, Rwanda, and the Ruzizi plain in the Democratic Republic of Congo (DR Congo.) Brachiaria is able to remobilize rapidly from fertility to crops. In particular on highly saturated and more or less degraded acidic ferralitic soils, it produces the most biomass (aerial and root), making it a prime forage and soil fertility regenerator for sowing in annual successions and agriculture-livestock integration [21].

These species of shrubs and grass are regularly cut and the leaves buried or spread on the ground as mulching to fertilize soil. However, the production of biomass by the different shrubs and grass species depends on several factors among which, the soil characteristic and the characteristics of each species [16]. For example, when acid and exchangeable Al content are high in the soil, and the availability of exchangeable Ca, Mg and P is low, the biomass yield of *Pennisetum purpureum*, *Leucaena leucocephala* and several other species is weak [15].

In addition, biomass production by these different species can be affected by the agro-ecological and soil characteristics of different production sites. For example, the results of observations made by [9] on the production of fodder biomass by several shrub species in the South Kivu province of Eastern DR Congo showed that Calliandra produced more fodder biomass than the other species in the different experimental sites.

It is within this framework that the present work has set the objective of comparing the abover ground biomass yields of different species of shrubs and grasses on two sites with contrasting soils in South Kivu in eastern DR Congo.

2 SITE, MATERIAL AND METHODS

2.1 SITES DESCRIPTION

The trial was established in two sites located in 2 territories in the South and North of South Kivu Province in Eastern DR Congo for one year, from January 2015 to January 2016. The Territory of Kabare, at the Research Center of INERA / Mulungu (02 ° 19'907 '' South Latitude, 028 ° 46' 540' 'East Longitude, located at 1825 m altitude), in the "Territory of Walungu", "Groupement" of Mushinga (02 ° 45'592 '' S, 028 ° 39 '591' 'East, located at 1592 m altitude).

The climate of the trial area has nine months of rain and three months of dry season, it is a humid tropical climate. The average annual temperature of this area varies between 16 and 20° C. The rainfall regime is bimodal, the first season (A) spreading from September to November and the second (B) from March to May. The average annual rainfall is 1572 mm [18]. Table one summarizes the soil characteristics of experimental sites.

Table 1. Soil characteristics of experimental sites

Sites	pH (Water)	Carbon (%)	N (%)	Phosphore (mg p/kg)	Al +++	Ca	K	Clay (%)	Sand (%)	Limon (%)
Mulungu	5.38a#	2.38b	0.27b	23.18a	0.69b	3.47a	0.45a	68.54a	15.92b	16.37a
Mushinga	4.32b	4.11a	0.43a	12.12b	4.43a	0.30b	0.08b	41.88b	40.95a	10.62b

#:Means in a column followed by the same letter are not significantly different from each other according to the HSD test at p value 0.05.

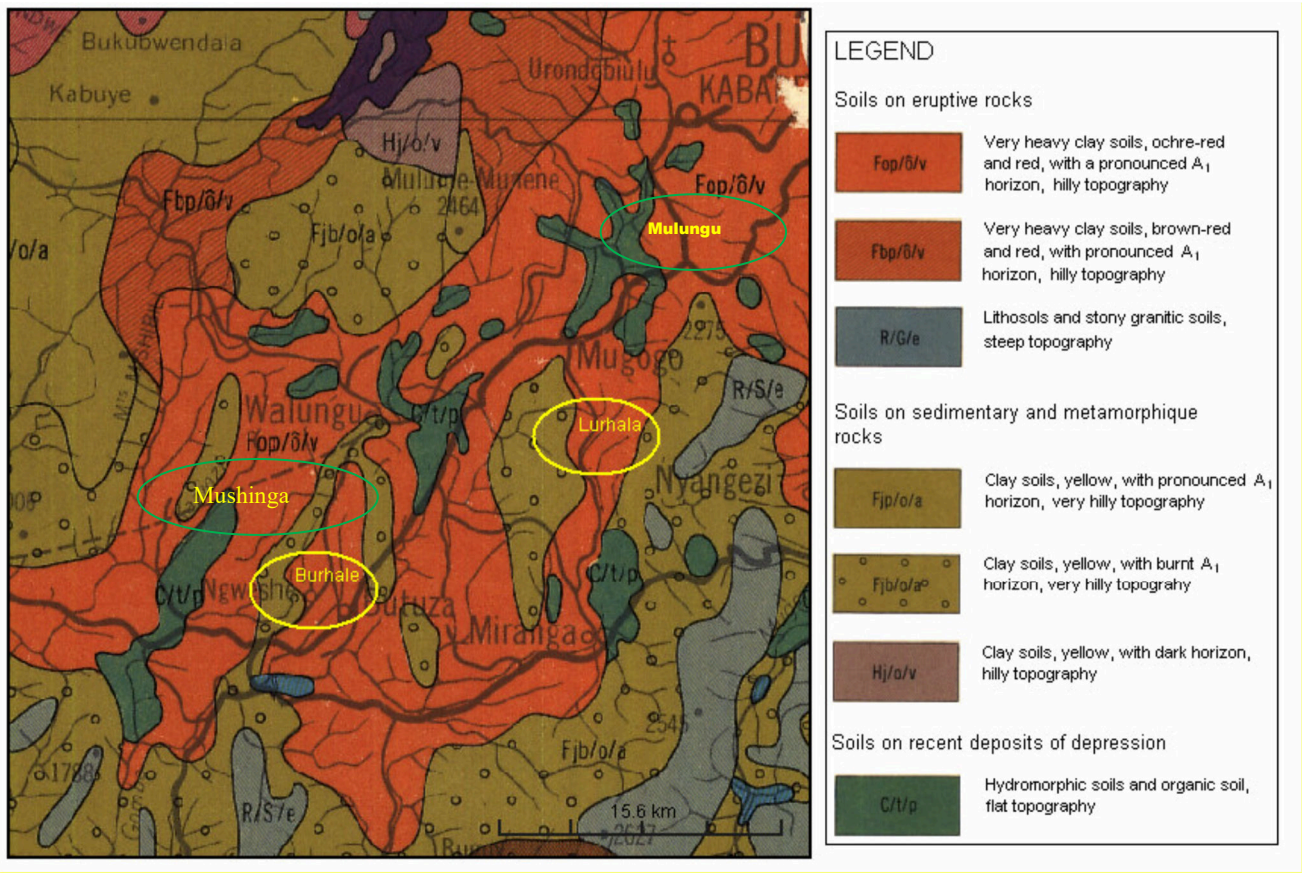


Fig. 1. Sites soils characteristics (Dorsale de Kivu)

The results in table one show that the soil characteristics in the two experimental sites are different. PH, nutrient levels and texture are significantly different. The percentage of sand in the soil of Mushinga is significantly higher than that of Mulungu, while that of Mulungu contains more clay and silt. These results corroborate those obtained by [22] who state that Mulungu soils contain more clays than Mushinga soils.

2.2 MATERIAL

The planting material used consisted of four species of shrubs / leguminous trees and four species of grasses. The four species of shrubs were : Calliandra calothyrsus, L diversifolia, L leucocephala and A chinensis.

2.2.1 CALLIANDRA CALOTHYRSUS MEISSN

It is a small tree (2-12 m high), with a trunk diameter of up to 30 cm, with white to red brown bark and a dense canopy. Leaves are bipinnate and alternate; the rachis is 10-19 cm long, without glands; pinnae are (3)-6-20 jugate; rachilla are 2-11 cm long; there are 19-60 pairs of leaflets; leaflets are linear, oblong and acute, 5-8 x 1 mm. Inflorescences are particulate with flowers in umbelliform clusters of 10-30 cm length. Flower sepals and petals are green, calyx 2 mm long, corolla 5-6 mm long. The numerous red stamina filaments are 4-6 cm long. Fruits are broadly linear, flattened, 8-11 cm x 1 cm linear oblong with thickened and raised margins, finely pubescent or glabrous, brown dehiscent, 8(12) seeded. Seeds are ellipsoid, flattened, 5-7 mm long and mottled dark brown [11].

2.2.2 LEUCAENA DIVERSIFOLIA

The specific name ‘diversifolia’ means ‘with leaves of different shapes on the same individual’; from the Latin ‘diversus’ (divergent) and ‘folium’ (leaf).

Leucaena diversifolia is a tree or erect shrub, 3-20 m tall, with a single stemmed bole 20-50 cm in diameter, slender and clear up to 10 m in height, ascending branches with horizontal twigs. Bark on young branches smooth, rougher on bole, grey-brown with shallow rusty orange-brown vertical fissures; slash green then cream. Leaves with (min. 14) 16-24 (max. 28) pairs pinnae; pinnular rachis (min. 3.5) 5-7 (max. 8) cm long, densely covered with white hairs; leaflets (min. 2.9) 4-5.5 (max. 7) mm long, (min. 0.6) 0.8-1 (max. 1.2) mm wide, (min. 43) 48-58 (max. 62) pairs per pinna, linear-oblong, acute at apex, strongly asymmetric at base, glabrous except for hairy margins. Flower heads 11-15 mm in diameter, the buds loosely packed; 45-90 flowers per head, in groups of 1-5 (max. 7) in leaf axils, on actively growing indeterminate shoots, the leaves developing with flowers; stamen filaments, anthers and style white, pale pink, sometimes bright shocking pink, and occasionally bright scarlet; anthers sparsely hairy at the tip. Pods 1-6 (max. 7) per flower head, (min. 7) 10-13 (max. 15.5) cm long, (min. 11) 13-16 (max. 17) mm wide, narrowly linear-oblong, flat 6-20- seeded, pod walls thin, papery dark brown or reddish-brown, sometimes lustrous, glabrous or covered in dense velvety hairs, opening along both sides. Seeds 4.3-5.5 mm wide, 2.7-3.4 mm long; the smallest of any species of Leucaena [12].

Annual dry matter production of the leaves can reach 10-16 t / ha. Incorporated as a green manure, this product adds 72-119kg of nitrogen, 2.5-3kg of phosphorus, 29-60kg of potassium, 47-94kg of calcium and 7.5-18.5kg of magnesium in the soil per ha. This equates to about 10 t / ha of livestock manure per year [12].

2.2.3 LEUCAENA LEUCOCEPHALA

The specific name ‘leucocephala’ comes from ‘leu’, meaning white, and ‘cephala’, meaning head, referring to the flowers. There are 3 recognized subspecies: ssp. leucocephala, ssp. glabrata (Rose) S. Zárate, and ssp. ixtahuacana C. E. Hughes. *Leucaena leucocephala* is a small, variably shrubby and highly branched(ssp. leucocephala) to medium-sized tree with a short, clear bole to 5 m,upright angular branching and a narrow open crown (ssp. glabrata), 3-15(max. 20) m tall, bole diameter 10-50 cm. Bark on young branchessmooth, grey-brown, slash salmon pink, darker grey-brown and rougherwith shallow, rusty orange-brown vertical fissures and deep red inner barkon older branches and bole. This evergreen plant is deep rooted. It oftenhas a combination of flowers, immature and mature pods all present onthe tree at the same time.Leaves with (min. 4) 6-9 pairs pinnae; pinnular rachis 5-10.2 cm long,leaflets 9-16 (max. 21) mm long, 2-4.5 mm wide, 13-21 pairs per pinna,slightly asymmetric, linear-oblong to weakly elliptic, acute at tip, rounded to obtuse at base, glabrous except on margins. Leaves and leaflets foldup with heat, cold or lack of water.Flower heads 12-21 mm in diameter, 100-180 flowers per head, in groupsof 2-6 in leaf axils, arising on actively growing young shoots, flowers whiteor pale cream-white.Pods (min. 9) 11-19 cm long, (min. 13) 15-21 mm wide, (min. 3) 5-20(max. 45) per flower head, linear-oblong, acute or rounded at apex, flat, 8-18 seeded, mid- to orange-brown, glabrous and slightly lustrous ordensely covered in white velvety hairs, papery, opening along bothmargins. Seeds hard, dark brown with a hard, shining testa, 6.7-9.6 mmlong, 4-6.3 mm wide, aligned transversely in pod [12]

2.2.4 ALBIZZIA CHINENSIS

Albizia chinensis is an unarmed, deciduous or evergreen tree with a flat, spreading crown, up to 30(-43) m tall and trunk up to 70(-140) cm in diameter; bark dark gray, rather smooth, densely hooped, lenticellate, thin; live bark 5 mm thick, pinkish-red. Branchlets slightly angular in the distal parts, terete, puberulous to tomentose, glabrescent. Leaves bipinnate; stipules auriculate, very prominent, 1-1.5 cm x 0.6-3 cm, caducous, pinkish-orange, pubescent, with filiform tail, base much dilated at one side; rachis stout, 10-25 cm long, lenticellate, sparsely and minutely tomentellous, glabrescent, with an elliptical, raised gland near the base of 2-3 mm x 1-1.5 mm; pinnae 4-14(-20) pairs, 4-14 cm long, puberulous to tomentose, glabrescent, with glands at the junctions of the 1 or 2 distal pairs of leaflets, narrowly elliptical to slit-like, concave, 1 mm long, glands sometimes absent; leaflets (10-) 20-30(-45) pairs per pinna, opposite, sessile, thinly chartaceous, asymmetrically subulate, 6-10 mm x 1.5-3 mm, apex sharply acute, base obtuse, oblique, midrib close to the upper margin, sparsely sericeous or glabrous on either side. Inflorescence consisting of penduculate glomerules (heads) aggregated into terminal, yellow-green, tomentose to hirsute panicle; penducle 1-3 cm long, up to 5 in clusters, often with auriculate stipules at base; glomerule composed of 10-20 flowers; flowers pentamerous, dimorphic; in a glomerule the central flower is male, the marginal flowers are bisexual; calyx tubular to narrowly funnel-shaped, 2.5-5 mm long, tomentose to hirsute, ending in small triangular teeth; corolla funnel-shaped, 6-10 mm long, puberulous to hirsute especially on the lobes, lobes triangular-ovate, acute; stamens numerous, 2 cm long, at the base united into a tube as long as or slightly longer than the corolla tube; ovary glabrous, sessile. Pod thin, flat, strap-shaped, 6-20 cm x 2-3 cm, often with slightly sinuate margins, indehiscent or breaking irregularly, reddish or yellowish-brown, glossy, 8-12 seeded. Seed flattened ellipsoid, 7(-10) mm x 4-6 mm x 0.5-1 mm, dull dark brown, areole nearly circular, 1 mm in diameter [12].

The different species of grasses used were: setaria, pennisetum, tripxacum and brachiaria.

2.2.5 SETARIA SPHACELATA

It is a perennial grass often growing up to 2 m tall, and occasionally reaching up to 3 m in height. Its green or somewhat bluish-green leaves are elongated in shape (10-50 cm long 3-17 mm wide) and mostly hairless. Its spike-like seed-heads (7-50 cm long) have densely clustered flower spikelets borne in small groups. Each group of spikelets is subtended by a ring of 6-15 golden yellow bristles (4-12 mm long). when the seeds are shed from the seed-head, the subtending bristles are left behind.

The upright (i.e. erect) flowering stems (i.e. culms) are usually green and hairless (i.e.glabrous).

The green or somewhat bluish-green (i.e. glaucous) leaves consist of a sheath, which encloses the stem, and a spreading leaf blade. The leaf sheaths are smooth and hairless (i.e. glabrous), but where they meet the leaf blade there is a line of hairs (i.e. ciliate ligule) about 1.5 mm long. The elongated (i.e. linear) leaf blades (10- 50 cm long 3-17 mm wide) are soft and mostly hairless (i.e. glabrous) with entire margins and long pointed tips (i.e. acuminate apices).

The upright (i.e. erect) seed-heads are spike-like in appearance, but actually consist of numerous very short branches that are held closely to the stem (i.e. they are spiciform panicles). These seed-heads (7-50 cm long and about 8 mm wide) have numerous densely clustered flower spikelets that are borne in small groups of one to four. Each group of spikelets is subtended by a ring (i.e. involucre) of 6-15 golden yellow bristles (4- 12 mm long). The individual flowers spikelets (1.25-3.5 mm long) are oval (i.e. elliptic) in shape and consist of a pair of bracts (i.e. glumes) and two tiny flowers (i.e. florets). The lower floret has only male flower parts, while the upper floret has both male and female parts (i.e. it is fertile or bisexual). The fertile florets have three stamens and a purple or white two-branched feathery stigma Flowering occurs mainly during summer. The 'seed' (i.e. caryopsis or grain) remains contained within the remains of the old flower spikelets. When these 'seeds' are shed from the seed-head, the subtending bristles are left behind.

This species reproduces only by seed. Seeds are commonly spread through the deliberate cultivation of this species as apasture grass, and in comtaminated agricultural produce (e.g. fodder). They may also be dispersed by wind, seed-eating (i.e. granivorous) birds and water [17].

2.2.6 PENNISETUM PURPUREUM

It is a Poaceae (Gramineae)/Grass Family. Robust perennial to 4 m tall, forming thick clumps or colonies from basal offshoots or short rhizomes. Stems often branched above; internodes more or less bluish glaucous; young nodes with white hairs, later becoming smooth, glabrous. Leaf sheaths glabrous, usually shorter than the internodes; ligule a narrow rim densely fringed with long white hairs. Leaf blades linear to tapering, flat, often bluish green, to 1 m (39 in) long and 3 cm (1 in) wide, pilose near the base, especially on margins; blade margins generally rough; midvein stout, whitish above, strongly keeled below. Inflorescence a dense terminal panicle, spike-like, bristly, tawny to purple-tinged, to about 20 cm (8 in) long and 2 cm (0.8 in)

across. Spikelets 4-6 mm long, solitary or in clusters of 2-6 on hairy axis, surrounded by sparsely plumose bristles to 2 cm long that fall with the spikelets at maturity; outermost glume minute or absent.

2.2.7 TRIPSACUMLAXUM

Tripsacum laxum Nash) is a robust, strongly rhizomatous, tufted and leafy perennial grass that can form large bunches. The stems can be up to 3.5-4.5 m high and up to 1-5 cm in diameter. They develop at a very late stage and Guatemala grass remains leafy for a long time. The roots are shallow and the plant does not grow well during a long dry season. As the grass matures, the roots become stronger and store nutrients that will be necessary for regrowth after cutting. The leaves are tall (0.4-1.2 m long x 9 cm broad), glabrous or sparsely hairy. The inflorescences are subdigitate with 3 to 8 slender, elongated racemes, up to 20 cm long, containing male and female spikelets (3-5 mm long). Flowers are mostly sterile and Guatemala grass is usually propagated by stem cuttings or tuft division [23].

Guatemala grass is cultivated primarily for fodder in cut-and-carry systems. It can also be used to make silage. Guatemala grass provides several environmental benefits, notably against soil erosion and the development of pests and diseases in neighbouring crops.

2.2.8 BRACHIARIA RUZIZIENSIS

Brachiariaruziziensis belongs to the Poaceae family, Panicoideae subfamily and the Paniceae tribe. A tufted grass, Congo grass is a creeping perennial that has short rhizomes which form a dense leafy cover over the ground. Stems of the plant arise from many-noded creeping shoots and short rhizomes and then when fully grown reach a height of 1.5 m when flowering. The leaves of this grass are soft but hairy, with an average width of 15mm, length of 25mm and a seed weight of 250,000/kg. The seeds should be drilled into a well prepared seed bed, sowing in rows that are spaced 60 cm apart and it can be grazed upon as soon as it is ready [24].

2.3 METHODS

2.3.1 EXPERIMENTAL DISIGN

Different species of grasses and shrubs were planted on two sites with degraded soils in stations and on farm.

The experimental field was divided into four randomized blocks each containing 8 plots of 10 mx10m corresponding to four grass species and four other shrub species and separated by 3m paths. Each plot was crossed by 10 lines of hedges of one of the four grasses (*Pennisetum purpureum*, *Setaria sphacelata*, *Brachiaria ruziziensis* and *Tripsacum laxum*) or shrubs (*Leucaena diversifolia*, *Calliandra calothyrsus, Albizzia chinensis* and *Leucaena leucocephala)*. Hedges were planted every 1m perpendicular to the slope. Grasses were planted at 1 x 0.25m intervals while shrubs were 1 x0.5m. The eight plots of all species were repeated four times in each site.

Grasses were cut 20 cm above the ground every 2 to 3 weeks using a machete to recycle all the biomass for the herbaceous.

Manure (20 t MS / ha) and micro doses of NPK fertilizer (50 kg / ha-1) were applied. In the case of shrubs, they were cut at 50 cm from the soil level during field preparation for planting annual crops and 3 months after planting crops in order to reduce competition between them and annual crops, at each cut the amount of biomass cut was weighed using a scale.

2.3.2 OBSERVATIONS

For comparing the production of different species of grasses and shrubs, observations were made on the quantities of cut biomasses. Cut shrubs and grasses were weighed to obtain the amount of biomass produced per species. To obtain the dry matter, the samples were dried in an oven at 100^0c for 48 hours.

2.3.3 DATA ANALYSIS

The data analysis was done by software R. It consisted of the examination of the multivariate variance (Multifactor ANOVA). For the comparison of means between forage species and between sites, Tukey's (honestly significant difference) (HSD) test at p value 0.05 was used.

3 RESULTS

3.1 BIOMASS PRODUCTION BY GRASSES (GRAMINEAE) AND FORAGE LEGUMES AT TWO SITES WITH CONTRASTING SOILS

The average quantity of above ground biomass produced by four forage gramineae species at two sites with contrasting soils are presented in Table 2 below.

Table 2. Average quantity of above ground biomass produced by four forage grass species during three cuts at two sites with contrasting soils at Mulungu and Mushinga

Sites	Species	Cut1(kg FM/plant)	Cut 2 (kg FM/plant)	Cut 3 (kg FM/plant)	Total (kg FM/plant)	Yield DMt/ha
Mulungu	P. purpureum	4.1 a#	4.0 a	3.3 a	11.2 a	33.7 a
	S. sphacelata	3.4 b	2.8 b	2.4 b	8.3 b	24.9 b
	T. laxnum	3.4 b	2.2 d	1.8 c	7.3 c	18.3 c
	B. ruziziensis	2.9 c	2.5 c	1.9 c	7.2 c	18.0 c
	Average	3.5	2.9	2.4	8.5	23.7
Mushinga	P. purpureum	2.9 c	2.8 b	2.6 b	8.3 b	24.9 b
	S. sphacelata	1.9 d	1.6 e	1.3 d	4.7 d	14.1 d
	T. laxnum	1.5 e	1.3 f	1.0 e	3.7 e	9.3 e
	B. ruziziensis	1.5 e	1.3 f	1.1 e	3.9 e	9.7 e
	Average	2.0	1.8	1.5	5.2	14.5

#:The numbers followed by the same letter in the same column are not significantly different according to the Tukey test p <0.05. FM: Fresh matter, DM : Dry Matter.

The analysis of results summarized in Table 2 and 3 show that the sites have a highly significant effect (p = 0.001) on the forage aboveground biomass yield per plant and per hectare for the different forage species. The biomass produced per plant per cut as well as the total biomass produced per plant and the yield per ha for all the different cuts and species at Mulungu were significantly (p = 0.001) high than those produced at Mushinga. The total quantity of biomass produced per plant at Mulungu ranged from 7.2 to 12.2 kg of Fresh Matter as opposed to Mushinga, ranging from 3.7 to 8.3 kg of Fresh Matter per plant for gramineae (Table 2). The same trend was observed for the biomass yield produced per hectare. The yield for Mulungu varied between 18.0 and 33.7 t/ha of dry matter, contrary to Mushinga, it varied between 9.3 and 24.9 t/ha of dry matter 3 for gramineae (Table 2).

The similar tendance was obsserved for shrubs forage species. The different quanties of biomass (fresh matter) yield per plant varied from 1.6 to 7.8 kg per plant for the Mulungu site, from 1.3 to 5.2 kg/plant for Mushinga (Table 3). In additon, the average biomas yield of dry matter per hectare produced per the different species of shrubs at Mulungu was higher in comparison with Mushinga yield. It varied between 2.6 and 13.1 t/ha of dry matter and between 2.1 and 8.5 t/ha of dry matter respectively for Mulungu and Mushinga (Table 3).

The average quantities of aboveground biomass produced by four forage legume shrubs at two sites with contrasting soils in South Kivu province are presented in Table 3 below.

Table 3. Aboveground biomass quantities produced by four species of forage legume shrubs intercropped at Mulungu and Mushinga

Sites	Species	Cut1(kg FM/plant)	Cut 2 (kg FM/plant)	Cut 3 (kg FM/plant)	Total (kg FM/plant)	t DM/ha
Mulungu	C. calothyrsus	2.7 a	2.8 a	2.4 a	7.8a	13.1a
	L.diversifolia	1.9 b	2.2 b	2.0 b	6.2b	10.3b
	L.leucocephala	0.7 d	0.6 e	0.5 e	1.9e	3.1e
	A.chinensis	0.6 de	0.6 e	0.5 e	1.6 ef	2.6ef
	Average	1.5	1.5	1.3	4.4	7.3
Mushinga	C. calothyrsus	1.9 b	1.8 c	1.6 c	5.2c	8.7c
	L.diversifolia	1.3 c	1.2 d	1.1 d	3.6d	5.9d
	L. leucocephala	0.6 de	0.4 f	0.3 f	1.3f	2.1f
	A.chinensis	0.5 e	0.4 f	0.3 f	1.3f	2.2f
	Average	1.1	1.0	0.8	2.8	4.7

#:The numbers followed by the same letter in the same column are not significantly different according to the Tukey test p <0.05. FM: Fresh matter, DM : Dry Matter.

3.2 SUMMARY OF ANALYSIS OF VARIANCE FOR AVERAGE BIOMASS PRODUCTION

Table 4. Summary of Analysis of Variance (P-Values)

Species	Source of variation	Cut1(kg FM/plant)	Cut 2 (kg FM/plant)	Cut 3 (kg FM/plant)	Total (kg FM/plant)	Yield t/ha
Gramineae	Species	0.001***	0.001***	0.001***	0.001***	0.001***
	Sites	0.001***	0.001***	0.001***	0.001***	0.001***
	Species * sites	0.023 ns	0.472 ns	0.113 ns	0.400 ns	0.224 ns
Shrubs	Species	0.001***	0.001***	0.001***	0.001***	0.001***
	Sites	0.001***	0.001***	0.001***	0.001***	0.001***
	Species * sites	0.001***	0.001***	0.001***	0.001***	0.001***

**** = very highly significant difference at p <0.05; ns = not significant.*

The analyze of variance summarized in this table, show the higher interaction between sites and species aboverground biomass production for forage shrubs species. However, there was no significant interaction between sites and species for gramineae species. In addition the biomass yield was significantly higher between the different species gramineae and shrubs legumes forage.

3.3 ABOVERGROUND BIOMASS PRODUCTION BY GRAMINEAE SPECIES FORAGE

Figure 2 illustrates the results of observations on average aboverground biomass production by forage grass species in South Kivu.

The results of observations presented in Figure 2 show that Pennisetum stood out very widely, it produced an average amount of biomass in DM highly superior (P <0.001) to those of three others followed by Setaria, Brachiaria and Tripsacum. The classification of these species would be as follows: pennisetum>setaria>Brachiaria = tripsacum (Figure 1).

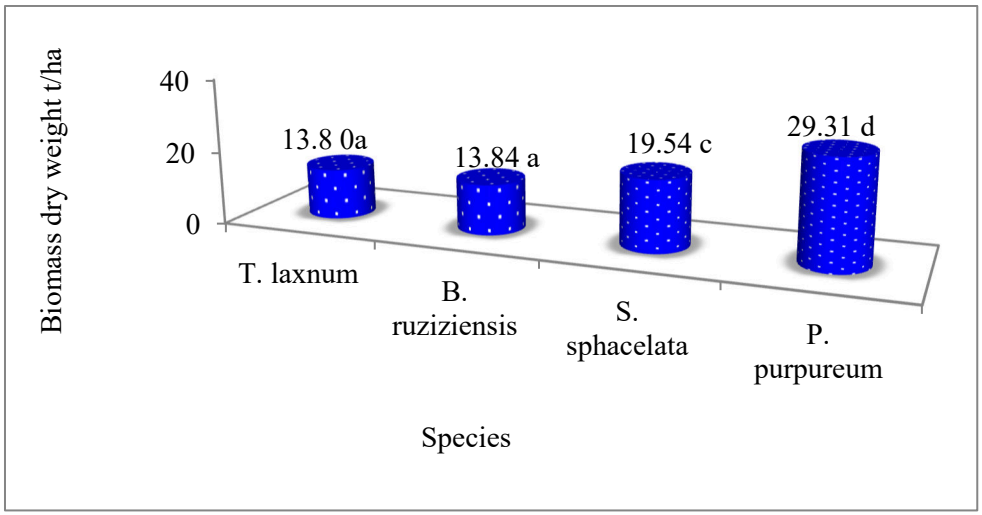


Fig. 2. Aboveground biomass production by forage grass species in South Kivu. The bars with the different letters with 2 values compared indicate a very highly significant difference according to the Tukey's HSD test (p <0.05)

3.4 ABOVEGROUND BIOMASS PRODUCTION BY FORAGE SHRUBS SPECIES

Figure 3 shows the results of observations on average aboveground biomass production by forage shrubs species in South Kivu.

The results of observations presented in Figure 3 show that Calliandra stands out very widely, it produced an average amount of biomass in MS / ha highly superior (P <0.001) C calothyrsus to those of three others followed by L diversifolia, L leucocephala and last position A chinensis. The classification of these species would be as follows: Calliandra> L diversifolia> L leucocephala> A chinensis (Figure 3). Figure 3 clearly shows that L. leucocephala and A. chinensis shrubs, although successful in the Kisangani environment (very hot wetland), are unsuitable in mountainous Kivu (wet and very cool zone).

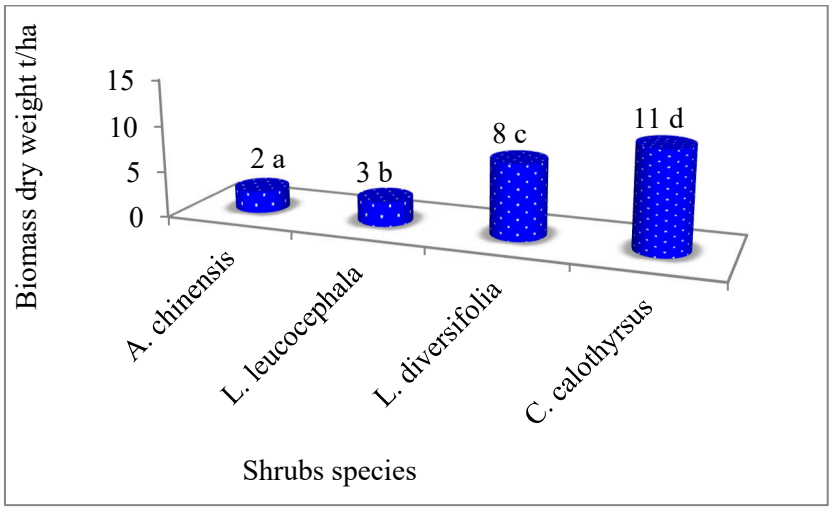


Fig. 3. Aboveground biomass production by forage grass species in South Kivu. The bars with the different letters with 2 values compared indicate a very highly significant difference according to the Tukey's HSD test (p <0.05)

4 DISCUSSION

4.1 BIOMASS PRODUCTION BY GRASS AND FORAGE SHRUB SPECIES IN INTERCROPPING AT TWO SITES WITH CONTRASTING SOILS

All forage species yielded higher biomass yields in the Mulungu site with a higher clay content than Mushinga with a higher sand content.

The difference in biomass yield between different species at both sites may be due to specific performance. Some studies have shown that the dry matter production of grass species depends positively on the level of nitrogen and soil fertility, this would be the case of the difference between the yields of different species on the two experimental sites which gives a higher yield at Mulungu with soil with a higher fertility level than Mushinga (Table 1).

4.2 ABOVER GROUND BIOMASS PRODUCTION BY GRASS SPECIES AND SHRUBS FORAGE LEGUMES

The amount of biomass produced by pennisetum for all observed parameters was greater than that produced by setaria and tripsacum and brachiaria. The appearance of diazotrophic bacteria associated with pennisetum purpureum, as indicated in previous studies [25], indicates that biological nitrogen fixation may play an important role in the nitrogen supply of this crop in poor soils. In addition, some plant species may have high productivity due to good assimilation coefficients, good photosynthetic activity and well adapted root development, but yield cannot increase significantly on degraded soils without fertilizer.

For shrubs, calliandra produced a large amount of biomass compared to other species. These results are similar to those obtained by [9] who have shown that Calliandra produces more biomass than other species in some sites in the South Kivu province. For the production of forages biomass, We can classify in different classes the different species: Fodder producing more biomass; the calliandra, middle class; L diversifolia and the class of low production; L. leucocephala and Albizzia, these results corroborate those found by [9].

5 CONCLUSION

The aboveground biomass yield is influenced by site soil characteristics. Some forage species produced a highest biomass yield in the two sites. It is mainly *Calliandra calothyrsus* and *Leucaena diversifolia* for leguminous shrubs, but also *Pennisetum purpureum* and *Setaria sphacelata* for forage grasses.

For forage biomass production and restoration productivity on degraded soils, *Calliandra calothyrsus* or the combination of *Calliandra calothyrsus and Leucaena diversifolia*, and *Pennisetum purpureum* alone or in the combination *Pennisetum purpureum-Setaria sphacelata* can be used as shrubs leguminous and grass species fodder in the conditions of the Province of South Kivu and especially in the territories of Kabare and Walungu. These four species have been retained in the continuation of soil fertility restoration trials at both sites.

ACKNOWLEDGMENT

The author thanks the International Center for Tropical Agriculture (CIAT) which, through the HarvestPlus Program, financed the field activities. The same thanks are also extended to INERA for providing technicians for data collection.

REFERENCES

[1] Sanginga, N and Woomer, P.L (2009). Integrated soil fertility management in Africa: principles, practices and developmental process, 270 pp.
[2] N'goran, K (2012). Gestion améliorée de la jachère dans le système de culture à base d'igname par l'utilisation de légumineuse de couverture. Journal of Applied Biosciences 52: 3716– 3724.
[3] Harmand JM and Balle P (2001). La jachère agroforestière (arborée et arbustive) en Afrique tropicale. In La jachère en Afrique tropicale : de la jachère naturelle à la jachère améliorée. Le point de connaissances, John Libbey (ed). Paris; 265-292.
[4] Autfray P, Gbakathectche H (1999). Semis de cultures vivrières dans des couvertures végétales en zones forestières de Côte d'Ivoire. In Gestion agrobiologique des sols et des systèmes de cultures. Atelier International de Madagascar du 23 au 28 mars 1998. CIRAD. Antsirabé, Madagascar, 563-576p.
[5] Bembeleza ZE, Rubabura Kituta JA, Dipo S, and Ntamwira BJ, (2018). Effects of Agro forestry and Micro doses of Fertilizers on Spodoptera frugiperda control in the East of DR Congo. International journal of applied science and research, Vol 1, issue 1.
[6] Kannika R, Yasuyuki I, Kunn K, Pichit P, Prapa S, Vittaya P, Pilanee V, Ganda N and Sayan T (2011). Effects of inter-cutting interval on biomass yield, growth components and chemical composition of napier grass (*Pennisetum purpureum* Schumach) cultivars as bioenergy crops in Thailand. Japanese Society of Grassland Science, Grassland Science, 57, 135–141.
[7] Angima S, Stott DE, O'Neill MK, Ong DE and Weisies GA, (2002). Use of Calliandra–Napier grass contour hedges to control erosion in central Kenya. Agriculture, Ecosystems and Environment 91, 15–23.
[8] Katunga, M.D, (2013). Evaluation de légumineuses fourragères dans un système d'élevage. Thèse de Docteur en Sciences Vétérinaires. Université de Lubumbashi, 285pp.
[9] Katunga, M.D, (2014). Testing Agro-Ecological Adaptation of Improved Herbaceous Forage Legumes in South-Kivu, D.R. Congo. *American Journal of Plant Sciences*, **5**, 1384-1393.
[10] Pyame D, (2015). Propriétés agronomiques et potentiel d'atténuation des changements climatiques d'une agro-forêt de type «culture en assiettes sous tapis vert», en restauration de sols dégradés, à Kisangani (RD Congo). Thèse de Docteur en Sciences Agronomiques. Université de Kisangani, 192 p.
[11] Palmer, B, Macqueen, D.J and Gutteridge, R.C. (1994). Calliandra calothyrsus – a multipurpose tree legume for humid locations. In Gutteridge, R.C. and Shelton, H.M. (Eds.) Forest Tree Legumes in Tropical Agriculture. CAB Intemational, Wallingford, UK.
[12] Orwa C, A, Mutua, Kindt R, Jamnadass R, Anthony S, (2009). Agroforestree Database: a tree reference and selection guideversion 4.0 (http://www.worldagroforestry.org/sites/treedbs/treedatabases.asp).
[13] CTA (1995). L'agroforesterie pour la conservation du sol. 194 p.
[14] Kindomihou M V, Saidou A, Sinsin B A**,** (2014). Response to fertilizer of native grasses (*Pennisetum polystachion* and *Setaria sphacelata*) and legume (*Tephrosia pedicellata*) of savannah in Sudanian Benin. Agriculture, Forestry and Fisheries 2014; 3(3): 142-146.
[15] Renato, L (20015). Elephant grass (*Pennisetumpurpureum*Schum.) biomass production as promising alternative source of energy in Brazil's semiarid area using gypsum.AustralianJournal of Crop Science 9(11):1082-1088
[16] Morais RFD, Souza BJD, Leite JM, Soares LHB, Alves BJR, Boddey RM, Urquiaga S (2009). Elephant grass genotypes for bioenergy production by direct biomass combustion. PesquAgropecu Bras. 44: 133-140.
[17] Mushtaque M, Ishaque M, Ahmad AH and Bukhsh, A (2010). Growth and herbage yield of *setariasphacelata*grass in response to varying clipping stages. The journal of animal and plant sciences, 20(4), 261-265.
[18] Ntamwira B J, Mirindi CT, Pyame Mwarabu L D, Dhed'a Db, Bumba ME, Moango M A, Kazadi WJ et Kanyenga L A (2017). Évaluation agronomique des variétés de haricot volubile riches en micronutriments dans un système integer d'Agroforesterie sur deux sols contrastés à l'Est de la RD Congo. Journal of Applied Biosciences 114: 11368-11387.
[19] Ntamwira BJ, Pyame Mwarabu L D, Kanyenga LA, and Dhed'a DB. 2018. The effects of different combinations of herbaceous and shrubs and microdose of fertilizer on bean and maize yields, soil proprieties and carbon sequestration on twodegraded soils in the highland of South Kivu, Eastern of DR Congo. International Journal of Innovation and Applied Studies ISSN 2028-9324 Vol. 23 No. 3 Jun. 2018, pp. 275-284.
[20] http://www.tropicalforages.info/key/forages/Media/Html/entities/tripsacum_andersonii.

[21] Husson O, Charpentier H, Razanamparany C, Moussa N, Michellon R, Naudin K, Razafintsalama H, Rakotoarinivo C, Rakotondramanana, Seguy L, (2008). *brachiaria sp.b. ruziziensis, b. brizantha, b. decumbens, b. humidicola*fiches techniques plantes de couverture : graminées pérennes,20p.

[22] Mulangwa, N (2001). L'efficacité de Tithoniadiversifolia en tant qu'amendement édaphique pour la culture du haricot commun (Phaseolusvulgaris L.) in PABRA Millenium Workshop Novotel Mount Meru, Arusha, Tanzania 28 May-Jun, PP. 264-276.

[23] Heuzé V., Tran G., Nozière P., Salgado P., Lebas F., (2015). *Guatemala grass (Tripsacum andersonii)*. Feedipedia, a programme by INRA, CIRAD, AFZ and FAO. https://www.feedipedia.org/node/365 *Last updated on May 11, 2015, 14:30*

[24] Schultze-Kraft, R; J.K. Teitzel (1992). "Brachiaria ruziziensis". *Plant Resources of Southeast Asia* (4): 65–67.

[25] Kirchhof, G Eckert B, Stoffels M, Baldani I, Veronica M, Reis and Hartmann A, (2001). *Herbaspirillum frisingense*sp. nov., a new nitrogen-fixing bacterial species that occurs in C4-fi bre plants. International Journal of Systematic and Evolutionary Microbiology, v.51, p.157-168.