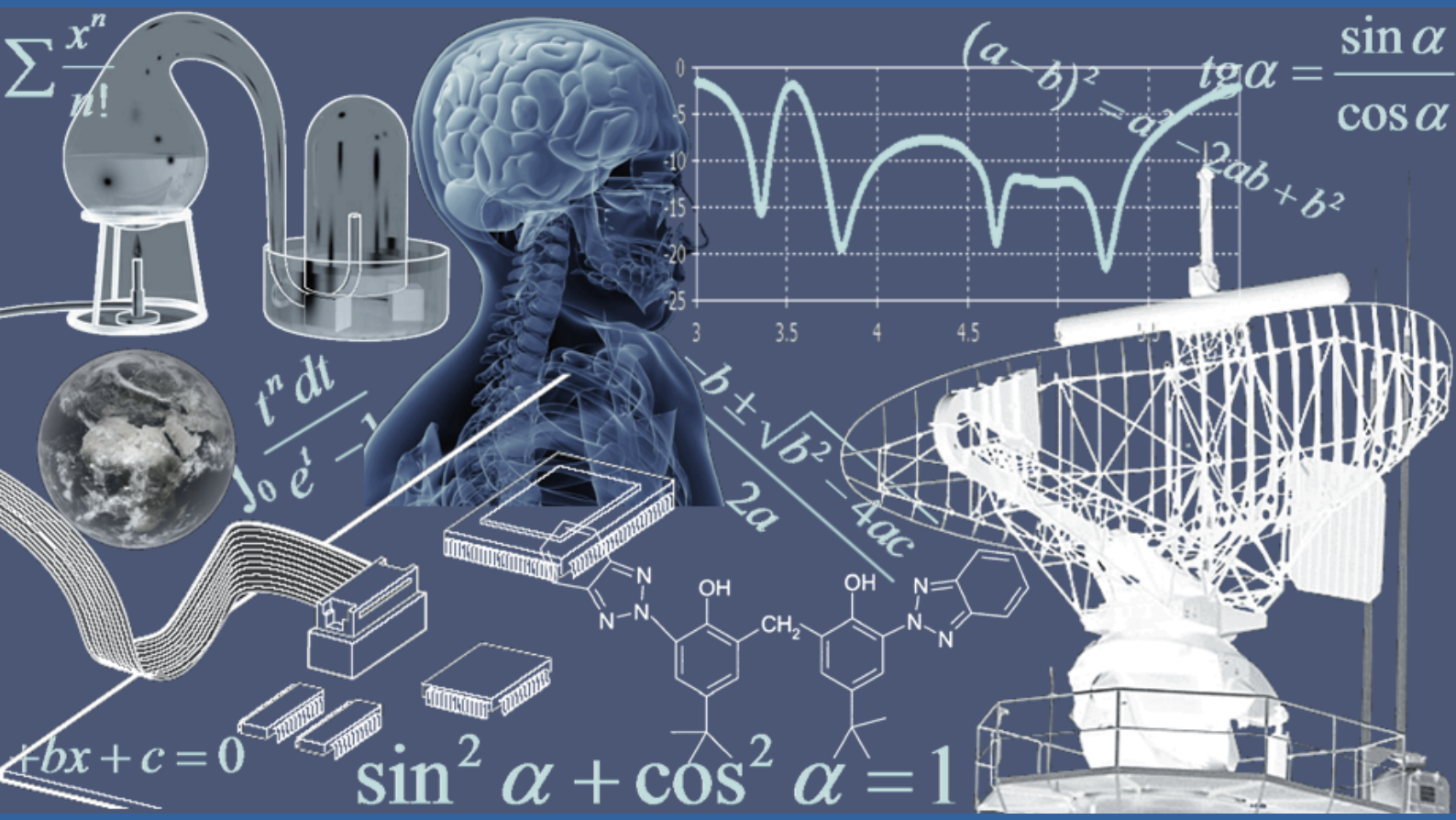
ISSN: 2028-9324
CODEN: IJIABO
Impact Factor: 6.85

INTERNATIONAL JOURNAL OF INNOVATION AND APPLIED STUDIES

Vol. 43 N. 4 October 2024



International Peer Reviewed Monthly Journal

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

International Journal of Innovation and Applied Studies

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

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

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

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

Editorial Advisory Board

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

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

Table of Contents

Embracing Digitalization in Education 892-895

Meriem Marzak and Mehdi Belghmi

Analysis of socio-cultural barriers limiting the participation of women and youth in local decision-making processes: Case study of the communes of Kpomassè and Tori-Bossito in Benin 896-909

Hospice Bienvenu HOUNYOTON, Roland Maurille Satongnon BOCO, and Adolphe AHONNON

Analyse de l'Impact des Bruits sur les Communautés Riveraines de la Mine de Sangarédi (Concession CBG), République de Guinée 910-917

Ousmane Djènè Kaba, Gbélé Ouattara, Alpha Issaga Pallé DIALLO, Keita Kandas, and Moriba Kourouma

Dynamique et prévision des changements d'usage des sols de l'Agro-forêt de Haute Dodo (Sud-Ouest de la Côte d'Ivoire) 918-931

Yaya Doumbia, Atsu Dogbeda Hlovor, Béh Ibrahim Diomande, and Kokou Kouami

Physicochemical and calorific characterizations of balm from cashew nuts shells (Anacardium occidentale L.) from two processing factories in Ivory Coast 932-938

Serge Séri GUEDE, Fabrice Armel ZORO, Abdoulaye TOURE, Yanick Kadjo ALLOUAN, and Réné Yadé SORO

Impact de l'anthropisation sur la croissance de Sarotherodon melanotheron (Rüppell, 1852) dans la baie de Biétry, Abidjan, Côte d'Ivoire 939-944

Vincent Kadjo Kadjo, Jean Noel Yapi, Medard Gbai, Ouation Souleymane Soro, and Assoi Olivier Etchian

Diagnostic d'utilisation du matériel didactique de Physique par les enseignants de 3ième année des humanités scientifiques dans les deux sous-divisions de Mbanza-Ngungu 945-954

MBUNDU NDOKI Tadé-Étienne, BAZANGIKA MUSANDA WA SADI Rama, BONZEKE SHOLE Didier, and Kinyoka Kabalumuna God'El

Caractérisation des producteurs et usages des lianes issues des agrosystèmes à base de cacaoyers du Sud-Ouest de la Côte d'Ivoire 955-960

Kanga Justin KOUASSI, Yao Bertin KOUAKOU, Kossonou Affia Sonmia Francia, and Kouadio Henri KOUASSI

Intégrisme religieux en Afrique: Fondements psychosociologiques du phénomène 961-964

Pierrette Affia Houndonougbo

Diagnostic Analysis of a Non-Conventional Irrigation System in the locality of Bafou, West Region of Cameroon 965-984

Roger Cesaire Ntankouo Njila, Henri Grisseur Djoukeng, Carole Epiphanie Gnimpieba Zoleko, and Barthelemy Ndongo

Promotion communautaire des Associations Villageoises d'Epargnes et de Crédits: Expériences initiées par l'ONG PPSSP pour le renforcement du pouvoir socioéconomique des membres en Province du Nord Kivu, République Démocratique du Congo 985-997

Amuda Baba Dieu-Merci, Gabriel Moliso, Mosika Sembu Dieu-Merci, and Sikuli Bindule Micheline

Analyse des interactions entre les caractéristiques agro-pédo-géologiques et la gestion durable des ressources pastorales du bassin versant du Zou à l'exutoire de Domé au Bénin 998-1012

Luc Adetona, AGOÏNON Norbert, Vodounou Jean Bosco Kpatindé, and GNELE José Edgard

Optimizing and modeling the Moroccan bonus-malus system using perfect simulation 1013-1022

Bounnite Mohamed Yasser

Binary Classification Model of Adult Patients Deserting the Orthopedic Traumatology Department of a Reference Hospital: A Machine Learning Approach to Strengthen Traditional Medicine 1023-1035

Keffa Denis Diomande, Seydou Sangare, N'Guessan Behou Gérard, and Kone Tiémoman

Composition biochimique et qualité sensorielle de la viande des poulets hybrides F1 (Holli x Fulani) en relation avec la durée de maturation et le système de production 1036-1048

Tougan P. Ulbad, H. Bah, V. Kourouma, Domingo I. Anaïs, Osseyi G. Elolo, and Théwis André

Caractérisation de la déformation des grès de Niamey (Bordure Nord-Est de la dorsale de Man, Liptako nigérien, Région de Niamey) 1049-1061

Hassan Ibrahim Maharou, Laouali Ibrahim Sarki, Salissou Abdoul Ganiou Amadou, and Moussa Konaté

Amélioration du procédé de maltage pour la production du bili bili, boisson traditionnelle à base du sorgho au Nord Cameroun 1062-1077

Touwang Charles, S. C. Zangué Desobgo, Nso Emmanuel Jong, and Robert NDJOUENKEU

Modélisation de la gestion des zones pastorales au Burkina Faso: Dynamique et perspective d'évolution des parcours 1078-1088

Hahadoubouga Paul Yarga, Sidiki Guelbéogo, Abdoul Rasmané Zongo, Amoin Flora Yao, and Lucien Ouedraogo

Bio-preservation of atan, a wine extracted from palm trees in Benin, using orange peelings 1089-1096

Nonviho Guévara, Assou Sidohoundé, Justin G. GANDEHO, Agathe M. E. Assogba, Papin S. Montcho, Jean-Marc Gnonlonfoun, and Célestin C. K. Tchekessi

Effets des fertilisants biologiques et de la fertilisation microdose sur la rentabilité économique de la culture du maïs (Zea mays L.) l'Ouest du Burkina Faso 1097-1105

Pascal Bazongo, K. Traoré, P.B. Ouédraogo, and O. Traoré

Study of the cutaneous toxicity and antifungal activity of Senna podocarpa, a plant used to treat cutaneous affection 1106-1112

Agré Don Josette, Assemian Ines Christelle, Konan Ghê Kouakou N'Dri Ange, Koné Check Hamed Baba, Bolou Gbouhoury Eric-Kevin, and Djaman Allico Joseph

Etude lithologique du réservoir « Mengo » dans l'onshore du bassin sédimentaire côtier congolais en République du Congo 1113-1125

Anselme Mavambou Mbadou, Gustave Ngalamulume Bantu, Erick Mantuila Tadila, Aurelie Nkayilu Wa Luvuvamu, Blaise Baludikay Kabamba, Jean-René Kabamba Bantu, Valentin Kanda Nkula, and Albert Ongendangenda Tienge

SCAPS-based numerical simulation of an organic heterojunction OTC/ED/EA solar cell 1126-1133

S. Tuo, K. J. Datte, S. A. Yapi, and D. Kone

Évaluation de l'indice de qualité de la bande riveraine (IQBR) de la lagune Ebrié soumise à une forte anthropisation: Cas de la baie du banco, dans la zone urbaine du district d'Abidjan (Sud, Côte d'Ivoire) 1134-1145

Ouattara MEVANLY, Aboubacar Ouattara, and KOMOE Koffi

Défis de l'évaluation des politiques publiques face aux exigences du développement des communautés africaines: Analyse critique du cas du Bénin 1146-1164

Kocou Edgard Romaric Akpovo, Rodrigue Sèwènan Chaou, Christian Duhamel Logozo, Sourou Juste Akakpo, and Sidoïne Bitho Gbetey

Using artificial intelligence to improve Beninese ESP advanced learners' communication skills in Institut de Formation et de Recherche en Informatique (IFRI) and Haute Ecole de Commerce et de Management (HECM) in Benin Republic 1165-1176

Teba Sourou Corneille

Vers un modèle de planification et d'aménagement écotouristique du parc de la N'SELE à Kinshasa (RD Congo) 1177-1200

Kaki Ngisila Blanchard

Applicabilité de l'accord de Maputo dans le contexte de la province du Sud-Ubangi - Enjeux et perspectives: Etude réalisée dans l'aire de santé cité Kivu, Zone de santé urbano-rurale de Gemena, Ville de Gemena. Province de Sud Ubangi, RD Congo 1201-1210

MOMBELA IBELE Désiré, Mambesa Bainamboka Martin, MANGI BENDE Maurice, WEBINA SANA Clarice, MALAKA MAKONGO Frédéric, KUTUBATO ETONDE Niclette, Bokango Bapoti Thomas, ETOMBO Wa LINGOMBOLO, and MONGANGA TWANA Olivier

Faible implication des hommes mariés à la consultation prénatale dans l'aire de santé Salongo II, zone de santé urbano-rurale de Gemena 1211-1217

KUTUBATO ETONDE Niclette, Mambesa Bainamboka Martin, MANGI BENDE Maurice, Kombo Tobopele Zachée, and Ekpimbo Mambokolo Claris

Cartographie des obstacles anthropiques rencontrés par la girafe de l'Afrique de l'ouest (Giraffa camelopardalis peralta) et l'interaction socio-économique liés à sa mobilité dans la réserve de biosphère du complexe park W: Cas des communes rurales de Kouré et Harikanassou 1218-1238

Djibo Ibrahim and Hassimi Moussa

International Journal of Innovation and Applied Studies
ISSN 2028-9324 Vol. 43 No. 4 Oct. 2024, pp. 892-895
© 2024 Innovative Space of Scientific Research Journals
http://www.ijias.issr-journals.org/

Embracing Digitalization in Education

Meriem Marzak[1] and Mehdi Belghmi[2]

[1]Humanities and Social Sciences, GCAS College Dublin, Ireland

[2]English Department, Faculty of Letters and Human Sciences Dhar El Mahraz, Sidi Mohamed Ben Abdellah University, USMBA, 30000, Fes, Morocco

Copyright © 2024 ISSR Journals. This is an open access article distributed under the ***Creative Commons Attribution License***, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

ABSTRACT: In the rapidly evolving educational landscape, digitalization has emerged as a pivotal force shaping both pedagogical approaches and student engagement. This manuscript explores the transformative impact of digital technologies on contemporary education, emphasizing the dual role these technologies play in both enhancing and challenging traditional learning environments. By analyzing the integration of Information and Communication Technologies (ICT) in classrooms, this paper highlights how digital tools can be leveraged to foster interactive and student-centered learning. It also addresses the complexities associated with shortened attention spans and the need for adaptive instructional strategies. Furthermore, the manuscript delves into the potential of emerging technologies, such as Augmented Reality (AR) and gamification, in revolutionizing educational practices, thereby creating immersive and engaging learning experiences. The findings underscore the importance of educators adopting a proactive stance towards digitalization, ensuring that both students and teachers are equipped to navigate and thrive in this digital era.

KEYWORDS: digitalization, educational technology, ICT, augmented reality, gamification, student engagement, pedagogy.

1 INTRODUCTION

It is with no doubt that today's learning conditions are far different than before. Some students, day after day, are getting shorter and shorter attention spans due to the unconditioned use of social media short videos and reels [1]. This uncontrollable, nearly- automated behavior has left students, among other social media users, with a short attention span and unable to focus for extended periods. On the brighter side, educators are now using the same techniques and psychological tricks to utilize and harness learners' engagement. Energizing students and adopting the methods mentioned earlier and pedagogical tools while relying on sensory stimulating content gives students a huge sense of involvement, leading to a better learning experience [1].

While digitalization could be viewed as a form of distraction in some form or shape, it has been found that classroom and educational institutions that do not allow digital devices lack several features that their counterparts are enjoying [1].

> "Environments that do not allow students to access and use digital devices can make the learning process disconcerting."

Practicing self-control while using digital technologies in education is one of the 21st-century skills that learners should develop. Furthermore, embracing technology by the educational institution Serves as a role model and Is viewed highly positively by the social learning theory.

The challenge in embracing new technologies has been and will always be in creating and calling for interactivity on the part of students. It is also important for learners to quickly adapt to technological tools and prepare for a lifelong learning journey [1].

Corresponding Author: Meriem Marzak

Students are only one aspect in the equation of new technologies in education, while educators are another important aspect. It is also important to talk about incentives when talking about technology use. The common conduct is to offer faculty members and professors incentives and rewards to value their time and effort towards the training and workshops they attend. Incentives could be in the form of direct compensation or recognition and promotion. All this is done to serve students better and achieve targeted educational outcomes [1].

2 APPLICATION OF ICT IN EDUCATION

The current unprecedented technological advancement in education has unlocked new frontiers for teachers who look to modernize, automate, and incorporate new and trending technological tools into the classroom environment. The shift in thinking has allowed for greater creative solutions that serve all active parties in the education sector, be it students, teachers, administrators, lawmakers, and shareholders [2]. Now, more than ever, teachers and students alike can expand their knowledge through online learning. Furthermore, with the use of PowerPoint slides and visual aids support, it has become easy to ignite conversations, while videos and animated motion could provide solutions for contextual, theoretical, or just conceptual issues that need to take one form to be fully understood by the learners [2].

On the one hand, learning for students starts from being assigned a topic to present on, this whole journey of understanding a topic, reading about it, and finding reliable and authentic resources to cite and utilize for the presentation. This journey of commitment and actively engaging in an activity mostly leads to a successful self-formation experience among students. On the other hand, it is very important for students to independently search for new knowledge when online or distance classes are taking place; these classes teach self-education, which should be taught to all learners from all age groups [2].

Virtual tutoring platforms are also expanding with the growing trend of online learning. Unlike formal education, virtual tutoring falls into the informal education segment. So, teachers post learning and supporting materials on the platforms used for private tutoring. However, Measuring and monitoring knowledge could Be similar to measuring knowledge in face-to-face classes while relying on technology in education. Using multimedia presentations, training, and control tests [2].

While it is hard to have learners study at their own pace in the classroom, it is possible to achieve it with extracurricular activities and assignments where students can choose the pace and intensity with which they want their learning to progress. Furthermore, studies show that online and distance extracurricular activities expand the learners' creativity and encourage students to learn more seriously about topics such as sciences, economics, arts, and humanities [2].

3 DIGITALIZATION AND LANGUAGE LEARNING

One of language learning's peculiarities is that it demands the use of three R's: reading, writing, and arithmetic. While not all start with R, they are particularly useful in language learning. Nowadays, people talk about the four C's: critical thinking, creativity, communication, and collaboration (Burbules et al., 2020). The previously mentioned 21st-century skills mark a change in educational aims and objectives. They are useful in educating learners about learning and adapting to a quickly changing world.

The previously mentioned C's could also be applied to how learners interact with digital media in education. For that, there are four basic stages [3]:

- Critically analyze the credibility of the information at hand.
- Interaction with various digital media productions to gain familiarity and become a digital native.
- Gain and develop literacy and fluency through engaging with different kinds of platforms.
- Finally, practice sharing and collaboration in social media and other applications.

All these stages have the same preliminary source of learning; they all share the concept of visual gratification among students. These sensory-rich learning environments constitute their own space. While it is important to serve students' immediate visual needs for a fostered learning experience, it is also undeniable that young learners need to be educated about the dangers of social media as a source of information for many of them [3].

For changes in educational ecology, many teachers claim that online teaching boosts their creativity, calling for a revolutionized and reformed form of education different from the traditional classroom. MOOCs, for example, have proven to be efficient even if developed with the intent of being simply an online "Delivery system"; yet, they come with a traditional form and content. Furthermore, ubiquitous learning (learning anytime and anywhere) is also prevalent to this day, and it could take the shape of [3]:

"Online, blended, visualization, virtualization, and augmented reality can play a role in how distributed and ubiquitous learning opportunities can be made available in formal education: learning at home, the workplace, the museum, the coffee house, the park, or city street. Learning can become more contextual, context-bound and situated in real life problems or questions which suggests, in turn, different reasons for learning and a more organic relationship of learning to other needs and interests."

Another trend with limitless potential in education is Adaptive instruction (also known as "intelligent tutoring") is also another trend. These adaptive learning system platforms aim to collect huge amounts of data points through learners' interaction with the instructional program. The collection of answers from hundreds of thousands of learners helps educators and education experts find patterns highlighting conceptual errors made by learners, which are then met by customized interventions tailored to each learner's need [3].

4 THE USE OF AR IN EDUCATION: USE CASES

Augmented reality (AR) has shown great potential in the past few years as a source for disruptive education in the fields of science, technology, Engineering, Arts, and mathematics. In a limited number of students' study, it has been found that using AR has made learning enjoyable and enhanced the whole learning experience (Toda et al., 2019). Using AR immersed students fully in the learning experience while it served as a stimulus for developing new skills, including team management skills, student-instructor interaction skills, and the required skills for engineering a working prototype of a word game. Henceforth, it has been argued that combining AR with language learning, relying on an active learning format, has provided students and instructors with a holistic and engaging education [4]. AR is the bridge between reality and virtual objects. It provides a link between the real world and the virtual one. AR provides a real-time direct view of the physical world with AR enhancements and virtual information. While AR offers a portal to the invisible digital world, it also provides students with a deeper learning opportunity, offers an effective and unique learning experience, and finally, AR allows for a meta-cognitive and student immersion with the tools and learning materials, and thus grants the perfect learning space, where collaboration, teamwork, and interaction are highlighted [4].

On the one hand, AR plays a major role in allowing learners to work on rather abstract and intangible concepts all while [4]:

> "Fostering student attention, increase content understanding and long-term memory retention, increase student motivation, improve collaboration, and generate a positive attitude."

On the other hand, integrating Augmented Reality has been shown to enhance students' academic performance, foster long-term retaining of concepts (enhanced memory), and promote a deeper understanding and analysis of problem scenarios among students.

5 AR USE CASES [4]

- Vocabulary Enhancement: AR solutions display digital objects on top of real-world objects. Students could use their smartphones to scan AR-enabled codes, see virtual objects, and instantly unravel new vocabulary. This instant visual representation instantly links vocabulary with real-world objects, which makes the acquisition a walk in the park, especially for visual learners.
- Cultural Exploration: AR can allow students to travel through time and place and visit different countries and cultures across various periods. This service could be activated by scanning AR-enabled images, and then students gain access to services such as 360-degree tours, maps, and animated presentations while practicing language skills.
- Language Gamification: AR can shift language learning and add interactivity and challenges. The process of adding gamification to language learning motivates students and promotes active participation in the classroom.

6 GAMIFYING EDUCATION

6.1 GAMIFYING EDUCATION

Gamifying education is trending due to young learners' appreciation for games and competition. This concept uses notions from video games, such as competition and games' mechanics and design elements in education. This concept first became

famous with the growth of the video games industry. The concept of gamification also relies on storytelling to circulate ideas in the classroom; stories connect ideas while motivating learners to compete and thrive in a learning environment. This makes the classroom homogenous and forms learning communities that come together to learn while participating in games [5].

Gamification elements are many, but the most important ones are as follows [5]:

- Points system: The points system helps build motivation among students while tracking each student's progress and increases engagement.
- Leaderboard: the points system goes hand in hand with the Leaderboard; it helps build teamwork spirit and a friendly competitive environment.
- Surprise element: Surprises add a magical yet fun element to the learning experience. It rallies students towards an unexpected reward. Surprises also channel enthusiasm among learners and boost classroom performance.
- Quizzes: Quizzes' role in a gamified learning experience is to promote brainstorming skills among learners, build confidence and self-esteem among learners, and evaluate knowledge in a summative manner.
- Challenges: Challenges among learners call for critical thinking to solve complex and complicated questions, build habits, and develop persistence and perseverance.

The gamification of education increases classroom performance among learners, classroom engagement, and internal/external motivation. While it is challenging to implement a gamified experience, gamification remains a plausible solution for students to learn quickly, have augmented knowledge retention, and enjoy the learning experience. All in all, gamification is positively viewed by educators and learners alike and is gaining acceptance and followers day after day [5].

REFERENCES

[1] W. F. Crittenden, I. K. Biel, and W. A. Lovely, «Embracing Digitalization: Student Learning and New Technologies,» Journal of Marketing Education, vol. 41, no. 1, pp. 5–14, 2019, doi: 10.1177/0273475318820895.

[2] Y. E. O. Minamatov and M. H. Q. Nasirdinova, «Application of ICT in education and teaching technologies,» Scientific progress, vol. 3, no. 4, pp. 738–740, 2022.

[3] N. C. Burbules, G. Fan, and P. Repp, «Five trends of education and technology in a sustainable future,» Geography and Sustainability, vol. 1, no. 2, pp. 93–97, 2020, doi: 10.1016/j.geosus.2020.05.001.

[4] A. M. Toda, R. M. C. do Carmo, A. P. da Silva, I. I. Bittencourt, and S. Isotani, «An approach for planning and deploying gamification concepts with social networks within educational contexts,» Int J Inf Manage, vol. 46, no. October, pp. 294–303, 2019, doi: 10.1016/j.ijinfomgt.2018.10.001.

[5] A. Manzano-León et al., «Between level up and game over: A systematic literature review of gamification in education,» Sustainability (Switzerland), vol. 13, no. 4, pp. 1–14, 2021, doi: 10.3390/su13042247.

International Journal of Innovation and Applied Studies
ISSN 2028-9324 Vol. 43 No. 4 Oct. 2024, pp. 896-909
© 2024 Innovative Space of Scientific Research Journals
http://www.ijias.issr-journals.org/

Analysis of socio-cultural barriers limiting the participation of women and youth in local decision-making processes: Case study of the communes of Kpomassè and Tori-Bossito in Benin

Hospice Bienvenu HOUNYOTON[1], Roland Maurille Satongnon BOCO[2], and Adolphe AHONNON[3]

[1]Anthropologist, Specialist in Local Development and Human Rights, University of Abomey-Calavi-Ineps (Benin), University of Lyon-Ucly, France

[2]PhD student in Educational Sciences, Multidisciplinary Doctoral School Spaces -Culture and Development, Laboratory of Expertise and Research in Education, Training and Orientation, University of Abomey-Calavi, Benin

[3]Doctor in Psychopedagogy, Lecturer at CAMES Universities, Social Psychology and Animation Research Unit, National Institute of Youth, Physical Education and Sport at University of Abomey-Calavi, Benin

Copyright © 2024 ISSR Journals. This is an open access article distributed under the ***Creative Commons Attribution License***, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

ABSTRACT: This article examines the challenges hindering the participation of women and youth in local decision-making processes in Kpomassè and Tori-Bossito, Benin. Using a mixed methodology combining qualitative and quantitative approaches, it identifies sociocultural barriers through documentary review, surveys, and consultations with the PADSI steering committee. The results highlight the impact on the representation and voices of women and youth, emphasizing gender norms, youth perception, patriarchal structures, and limited access to education. The article proposes solutions such as capacity building, promotion of political participation, and institutional reforms to encourage active participation of youth and women in local decision-making processes. Additionally, it underscores the importance of future research and community engagement for inclusive territorial development involving all citizens.

KEYWORDS: women, youth, participation, sociocultural barriers, decision-making processes, inclusive development.

1 INTRODUCTION

In a context of territorial development focused on social inclusion and citizen participation, the analysis of sociocultural barriers limiting the access of women and youth to local decision-making processes is of crucial importance. As Alain Touraine (1973), a French sociologist, pointed out, "The participation of women and youth in local decision-making processes is not only a question of social equity, but also an imperative for the construction of inclusive and sustainable societies." This statement is echoed by Marie-Andrée Jacob (2008), a Canadian sociologist, who states that "To ensure truly inclusive territorial development, it is essential to understand and overcome the sociocultural barriers that hinder the access of women and youth to local decision-making spheres." Indeed, as Lucien Houngnibo (2017), a Beninese sociologist, points out in his book on "Local democracy in Benin: issues and challenges of citizen participation", "In the Beninese context, the integration of women and young people in local decision-making processes is a major issue for participatory democracy and more equitable governance". These quotes illustrate the crucial importance of including women and young people in local decision-making processes to promote participatory democracy and more equitable governance.

In short, according to these authors, it is clear that the socio-cultural obstacles hindering the participation of women and young people constitute a significant obstacle to the authentic territorial development of local authorities in the southern regions. By extending this reflection in light of development theories, particularly those of social inclusion and citizen participation, it appears undeniable that Benin is still far from solving the enigma of inclusive development.

In the context of this study where the under-representation of women and young people hinders the vitality of territories and where the challenge of their inclusion in territorial development persists, it is imperative to question established norms. Faced with this reality, inaction is not an option. It is with this in mind that we propose to explore in depth the socio-cultural barriers limiting the participation of women and young people in local decision-making processes by entitling this study: "Analysis of socio-cultural barriers limiting the participation of women and young people in local decision-making processes: Case study of the Communes of Kpomassè and Tori-Bossito in Benin", This approach allowed us to grasp the originality of the issue of exclusive territorial development in Benin and to make our scientific contribution to its resolution, thus offering a deeper understanding of this complex problem. Its development focuses on key aspects such as the problem, the methodology adopted, the presentation and analysis of the results.

This study is part of the Inclusive Social Development Support Program (PADSI), which is part of the ACTIF (Action for Citizen Participation and Inclusive Territories) Program-Convention. This initiative, supported by the French Development Agency (AFD) and co-sponsored by several partners including the French NGO Initiative Development (ID), aims to strengthen the capacity of marginalized groups to influence local decision-making processes and promote social inclusion. PADSI focuses its efforts on strengthening the participation of women and young people in local decision-making processes, with a particular emphasis on consultation forums such as "integration frameworks" at the municipal level. Despite the progress recently observed in promoting social participation in Benin, obstacles remain regarding the real inclusion of women and young people. This study aims to identify the systemic barriers and socio-cultural norms that limit their access to decision-making spheres, focusing in particular on the communes of Kpomassè and Tori-Bossito in Atlantic Department of Benin.

The main objective of this study is to carry out an in-depth diagnosis of the constraints encountered by women and young people in their access to decision-making processes at the local level. More specifically, it involves identifying and characterizing marginalized populations, studying the influence of socio-cultural roles and representations on their participation, identifying the obstacles and levers to their access to decision-making spaces, and formulating recommendations to promote inclusive participation. To achieve this objective, this study is based on a mixed methodology, skillfully combining qualitative and quantitative approaches. The objective is to provide a comprehensive analysis of the socio-cultural barriers that hinder the participation of women and young people in local decision-making processes. This rigorous approach integrates stakeholder participation and consultation, highlighting their essential contribution to the research.

The methodology includes an in-depth documentary review, semi-structured surveys, direct observations and regular exchanges with the PASDI steering committee. Specific data collection and analysis techniques are also implemented, such as household questionnaires and interviews with various local stakeholders. By adopting this rigorous methodological approach, our objective is to provide an in-depth analysis of the socio-cultural barriers hindering the participation of women and youth in local decision-making processes. The results of this study will be essential to guide future actions aimed at promoting inclusive participation and strengthening social development in the municipalities studied.

This study examines the challenges of social participation of women and youth in the municipalities of Kpomassè and Tori-Bossito, highlighting gender, age and power dynamics. It includes a contextualization, a problematization focused on these dynamics, a theoretical exploration, an identification of socio-cultural barriers, an analysis of the results and proposals for levers for inclusive development, thus offering a comprehensive view to promote equitable engagement in these specific contexts.

2 CONTEXT OF MUNICIPALITY OF KPOMASSÈ AND TORI-BOSSITO

In the socio-economic landscape of the Atlantique department in Benin, the communes of Kpomassè and Tori-Bossito stand out for their striking similarities and shared challenges. Based on the new generation of communal development plans as well as official statistical data, this introduction aims to shed light on the common issues that shape these two local entities. From the predominance of agriculture to the underrepresentation of women and youth in local governance, these communes share a context rich in challenges and opportunities.

2.1 PRESENTATION OF MUNICIPALITY OF KPOMASSÈ AND TORI-BOSSITO

2.1.1 MUNICIPALITY OF KPOMASSÈ

Located between 6°20’20" and 6°37’59" North latitude and between 1°56’32" and 2°5’18" East longitude, the commune of Kpomassè is one of the eight communes of the Atlantique Department. It is surrounded to the North by the commune of Allada, to the South by the commune of Ouidah, to the West by the communes of Comè and Bopa, and to the East by the communes of Tori Bossito and Ouidah. Covering an area of 305 km2, or approximately 9% of the Atlantic territory, it is home to seventy-

six villages spread across nine districts, namely: Agonkanmè, Aganmalomè, Agbanto, Dédomè, Dékanmè, Kpomassè-Centre, Sègbohouè, Sègbèya, Tokpa- Domè (Figure 1).

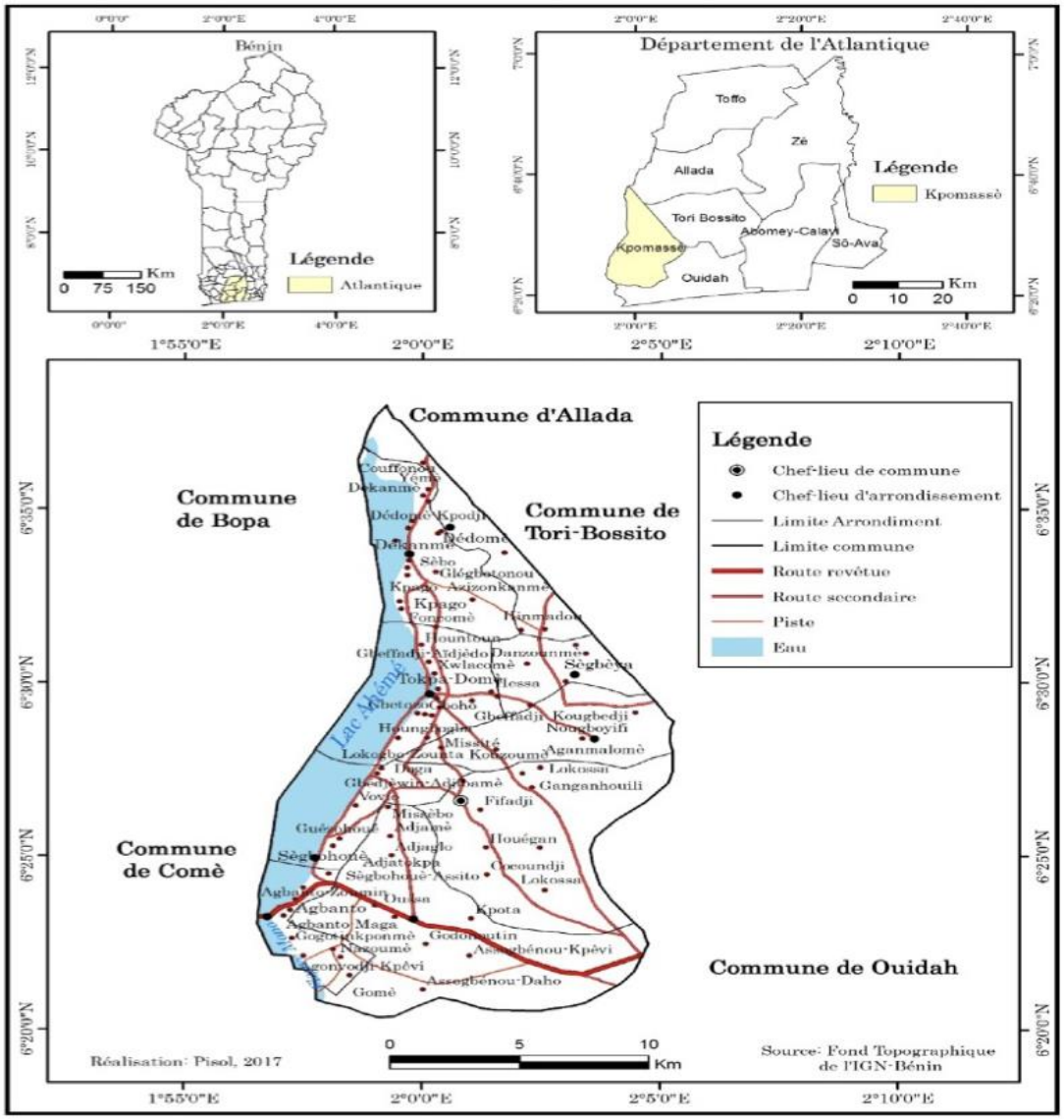


Fig. 1. Situation of the commune of Kpomassè

Source: PDC Kpomassè, 3rd generation 2023

According to RGPH4, the population of the municipality of Kpomassè is 67,648 inhabitants or 15,280 households for a household size of 4.4. The male population is 33,353 inhabitants or 49.30% and the female population is 50.70%. The share of young people (18-35 years old) in the population of the commune is 45%.

The state of economic activities and promising markets in Kpomassè highlights significant agricultural potential, drawn from its fertile lands and floodplains. The agricultural population is estimated at 54.5% of the total population or 5778 agricultural workers in 2013 including 1013 women. The dominant crops include corn, peanuts, cassava, oil palm and cowpea, as well as market garden products such as tomatoes, peppers and watermelons. Pineapple cultivation is found there, which is considered an emerging crop in the city. The district of Dédomè is the gateway to this emerging crop due to its proximity to the commune of Allada, which is the largest pineapple-producing commune in Atlantic department. The districts of Tokpa-Domè, Agonkanmè and Agbanto are known for their high market gardening production.

In addition, livestock and fishing, supported by the vast AHEME Lake, offer substantial economic opportunities. With regard to livestock, the sector presents a strategic opportunity for the commune in its local economic development policy. By focusing on the promotion of semi-modern livestock farming, particularly goats, sheep and poultry, the commune can benefit from increased valorization of its resources and stimulation of local economic activity. As for fishing, it represents the second major economic activity in the commune, totaling 38.24% of its local economy. The commune benefits from a vast lake, Lake AHEME, extending over 41 km along the western side of the commune, with a surface area of 75 km^2. This lake is renowned for its wealth in various aquatic products such as shrimp, as well as a wide variety of fish species, both freshwater and marine, thanks to its connection with the sea. It should be noted that Beninese shrimp, particularly those from Lake Ahémé, are among the most prized in the world. The six fishing districts of the commune are Agbanto, Sègbohouè, Kpomassè, Tokpa-Domè, Dékanmè and Dédomè, out of a total of nine.

In each of the nine districts, the promotion of crafts is carried out by dynamic crafts associations. These nine associations operate in an organized manner, with a clear hierarchy and remarkable solidarity and community support. The most widespread trades in the commune include hairdressing, sewing, carpentry, welding, masonry and agri-food processing. In addition, the craft of making hunting rifles, a specialty of the Sègbèya district, contributes to the commune's reputation in this field. Thanks to increased support from local authorities and their commitment to strengthening these sectors, agriculture, fishing, livestock and crafts are positioning themselves as the essential drivers of development in Kpomassè, carrying a promising future.

Women's participation in public affairs management in Kpomassè is severely hampered, with only 1.31% of all village councillors being women and no female communal councillors. This persistent underrepresentation is exacerbated by obstacles such as poor positioning on electoral lists and lack of education, leading to only one woman among the seventy-six village chiefs. In communal administration, women are mainly relegated to executive roles, while their involvement in local development planning remains largely insufficient.

At the same time, traditional norms perpetuate the subjugation of women to their husbands, complicating the fight against gender-based violence, mainly physical, and hindering the reporting and reduction of daily abuse, even when some cases are brought to the Social Promotion Center.

In the municipality of Kpomassè, young people face significant underrepresentation in communal affairs, despite an estimated 45% youth population. With less than 15% holding positions in the Communal Council or village councils, their access to decision-making spheres is limited due to obstacles such as the lack of opportunities and representation in electoral lists, as well as the low level of education. This reality accentuates their feeling of exclusion and underlines the pressing need for policies and initiatives aimed at promoting their active participation and responding to their specific development needs. At the same time, the low involvement of women and young people in local governance in Kpomassè reinforces the issues of representativeness and democratic legitimacy. Specific measures, such as awareness-raising, establishing quotas and creating appropriate participation mechanisms, are crucial to foster their inclusion and promote more equitable and inclusive governance.

The municipality of Kpomassè has significant economic potential, particularly in agriculture, fishing, livestock farming and crafts. However, the underrepresentation of women and young people in local governance is a major challenge. To ensure inclusive and equitable development, concrete measures must be taken to promote their active participation and strengthen their presence in decision-making bodies.

2.1.2 THE MUNICIPALITY OF TORI-BOSSITO

The municipality of Tori-Bossito is located in the Atlantique department of Benin. Its territory extends between latitudes 6°25 and 6°37 North and longitudes 2°11' and 2°17 East, with an area of 328 $km^{2,}$ representing 10% of the total area of the Atlantique department. Its borders are delimited by the commune of Allada to the north, the commune of Ouidah to the south, the communes of Abomey Calavi and Zè to the east, and the commune of Kpomassè to the west (See Figure 2).

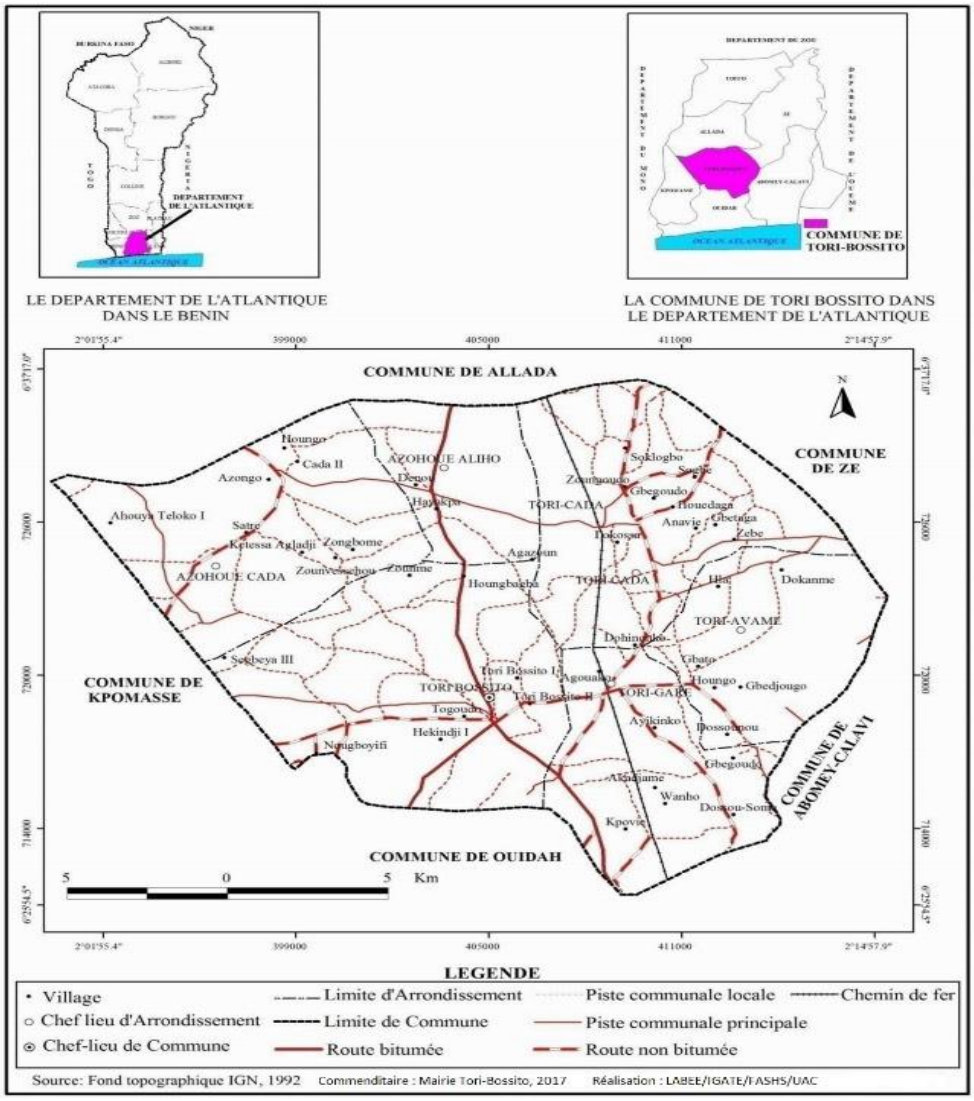


Fig. 2. Administrative map of the municipality of Tori-Bossito

Source: PDC Tori-Bossito, 3rd generation 2023

In 2013, the population of the Commune of Tori-Bossito was estimated at 57,632 inhabitants, according to the RGPH4. This population consisted of 29,348 women, representing 50.92%, and 28,284 men. Young people, aged 18 to 35, represented a significant proportion of 48.15% of the total population.

The state of economic activities and professional sectors in the Commune of Tori-Bossito highlights a predominance of the primary sector, which absorbs 58% of the activity, followed by the tertiary sector at 23.9% and the secondary sector at 17%. This predominance of agriculture, mainly focused on perennial and annual crops such as corn, cassava and sweet potato, constitutes the main source of income for the population, representing 94.6% of activities. Perennial crops, such as teak, oil palm and acacia, occupy a significant share of cultivated land, highlighting the importance of preserving forest resources.

Regarding rural crafts, although little developed, it focuses mainly on the transformation of forest products into artisanal products, with a notable presence of seamstresses, masons, carpenters and wood carvers. However, disparities exist in terms of supply and demand for certain trades, which highlights the need for better adaptation to market needs. Regarding livestock, poultry, goats and pigs dominate, while livestock breeding is limited due to social constraints and the availability of grazing areas. However, small-scale livestock farming, particularly small ruminants and poultry, is showing an upward trend, while non-conventional forms of livestock farming remain less well-known and require better promotion and popularization. Finally, although the municipality is relatively poorly watered, the marshy lowlands offer opportunities for fish farming, highlighting

the potential for diversification of local economic activities. Promoting this sub-sector is therefore an interesting avenue for boosting the income of agricultural households and promoting local economic development.

The representation of young people in the municipality of Tori-Bossito is also limited, despite the creation of the integrative framework for multi-stakeholder consultation. This framework, bringing together various socio-professional groups, does not include significant representation of young people, which hinders their active participation in local decision-making processes. Unlike women, who are largely absent from decision-making bodies, young people face similar challenges in terms of political and civic representation. Among the 13 elected officials making up the Communal Council, none specifically represent the interests of young people, and no young person holds the position of District Chief or Village Chief. This lack of youth representation can be attributed to various factors, including prevailing cultural norms, the lack of awareness among decision-makers and men on the importance of including young people in decision-making processes, as well as barriers related to access to education and political training. To foster more inclusive and representative citizen participation, it is crucial to put in place specific mechanisms to promote youth engagement in local governance and ensure their equitable access to decision-making positions within the commune.

The municipality of Tori-Bossito, located in atlantic department of Benin, is characterized by a dynamic population and an economy largely dominated by agriculture. However, despite initiatives such as the integrative framework for multi-stakeholder consultation, the representation of women and young people in decision-making bodies remains largely insufficient. To ensure more inclusive and representative local governance, it is imperative to implement specific measures aimed at promoting the inclusion of women and young people, as well as promoting their active participation in the decision-making processes of the municipality.

2.2 SOCIO-ECONOMIC AND POLITICAL FRAMEWORK

The socio-economic and political framework of the communes of Kpomassè and Tori-Bossito is intrinsically linked to their rural character and the predominance of the agricultural sector. These communes are strongholds of agriculture, where agricultural activities constitute the cornerstone of the local economy. This economic dependence on agriculture is reflected in a significant concentration of farms, both perennial and annual, which provide the main source of income for the population. However, despite this obvious agricultural potential, challenges persist and hinder the full development of these communities. One of the main challenges is access to markets. Although agricultural production is robust, local farmers often face difficulties in marketing their products. Transport and logistics infrastructure is often underdeveloped, making it difficult to transport products to regional and national markets. This situation limits income opportunities for farmers and hinders the economic development of the regions.

At the same time, infrastructure development remains a major challenge. Rural roads are often in poor condition, hindering not only the movement of goods and people, but also access to basic services such as healthcare and education. Electrification and access to drinking water also remain challenges, compromising the well-being and productivity of residents.

Politically, these municipalities face challenges of representativeness and citizen participation. Local governance structures are often dominated by traditional elites or businessmen, to the detriment of the voices of women and youth. This exclusion limits the diversity of perspectives and hinders the implementation of inclusive policies and programs. Yet, the participation of these demographic groups is crucial to ensure policies that meet the needs of the entire population. In addition, natural resource management is a major challenge. With the expansion of agriculture and increasing population pressure, deforestation, land degradation and water pollution are becoming urgent concerns. A sustainable approach to natural resource management is essential to preserve the environment and ensure the long-term viability of local communities.

In conclusion, although the communes of Kpomassè and Tori-Bossito have promising agricultural potential, they face complex socio-economic and political challenges. To overcome these obstacles and unlock their full potential, it is essential to invest in infrastructure development, promote inclusive governance and implement sustainable agricultural practices. Only a holistic and concerted approach will transform these challenges into opportunities and foster equitable and sustainable development.

2.3 COMMUNITY-SPECIFIC SOCIO-CULTURAL DYNAMICS

Based on data from the General Population and Housing Census (RGPH) 4, several socio-cultural trends specific to the communities of Kpomassè and Tori-Bossito emerge. First, these regions are distinguished by their ethnic and linguistic diversity. They are often home to several ethnic groups, each with their own traditions, customs and languages. This diversity enriches the social and cultural fabric of the region, but can also present challenges in terms of harmonization and social cohesion.

Secondly, RGPH 4 highlights the plurality of religious practices in these communities. In addition to the majority religions, such as Christianity and Islam, traditional religious practices often persist, testifying to a rich tradition of religious syncretism. These religious practices shape the values, beliefs and behaviors of the inhabitants, influencing various aspects of daily life, including rites of passage, festivals and social interactions. Regarding social organization and family structure, RGPH 4 reveals extended family structures and robust kinship networks, which play a central role in social and economic life. Gender norms and family roles are also revealed, offering insights into the distribution of responsibilities and power within households and the community. Education and literacy data provide insights into access to education and literacy levels in these communities. They highlight disparities between genders, urban and rural areas, and age groups, which can have important implications for social and economic development.

Finally, RGPH 4 provides insights into migration and mobility patterns in these communities. It reveals internal and external migration flows, as well as the socio-economic and environmental factors that underlie them. Understanding these migration dynamics is essential to anticipate housing, employment and social service needs. In conclusion, RGPH 4 provides a solid basis for exploring the specific socio-cultural dynamics of the Kpomassè and Tori-Bossito communities. Using these data as a starting point, decision-makers, researchers and practitioners can develop better-informed interventions and policies that take into account the unique realities and needs of these diverse and dynamic communities.

3 STATE OF THE PROBLEM

In a context where the political participation and representativeness of women and youth remain persistent challenges, it is imperative to closely analyze the socio-cultural dynamics that underlie these realities. The RGPH 4 data provide a solid basis for understanding these socio-cultural barriers by revealing the demographic, socio-economic and cultural trends specific to the communities of Kpomassè and Tori-Bossito.

3.1 FINDINGS

In Benin, as in many countries in Africa and around the world, the issue of socio-cultural barriers hindering the participation of women and young people in decision-making processes, particularly at the level of ordinary municipalities, arises with alarming seriousness. With each change of regime or municipal team following elections, the same observations are made: a notably low representation of women and young people within municipal councils. This situation is becoming so worrying that many voices are questioning local democracy by seeing it as an institution that, instead of promoting the inclusion of gender and youth, only perpetuates the privileges of political and economic elites. Seen from these angles, the concept of territorial development through participatory democracy seems to be moving away from its primary vocation. Instead of being a space where citizens actively contribute to political life to build inclusive development, it is increasingly perceived as a platform at the service of corrupt politicians and those who seek to maintain their domination. This reality raises profound questions about the legitimacy and effectiveness of local democratic institutions.

The fundamental problem lies in the chronic under-representation of women and young people in decision-making processes within communities. This systemic exclusion undermines the very legitimacy of local governance, by marginalizing entire sections of the population who should nevertheless play a vital role in building a more equitable and prosperous society. In other words, participatory democracy, supposed to be a tool for the emancipation and representation of citizens, is diverted from its primary objective to serve the narrow interests of a minority in power. This reality highlights the urgent need to adopt concrete measures to promote more equitable participation of women and young people in decision-making and local governance processes. It is essential to address the socio-cultural barriers that hinder their access to political spheres and to establish more inclusive representation mechanisms. Without this, participatory democracy risks remaining an empty shell, unable to meet the needs and aspirations of the entire population.

In this light, it appears that local decision-making bodies no longer fulfill their primary function as forums where democracy is fully exercised, with the fundamental principle of the participation of all citizens, regardless of their demographic profile, in the management of territories. However, it is widely accepted that participatory democracy is a pillar of territorial development and fundamental rights. This is why, throughout the world, governments place it at the forefront of their sovereign duties. However, today, many young people and women are questioning this fundamental notion, leading to a depreciation of its value. Informed observers are no longer certain that participatory democracy ensures a better future for committed actors, such as women and young people, who invest in this process of contributing to the common good.

This development raises deep concerns about the health of our local democratic systems. It highlights a growing gap between democratic ideals and the reality on the ground. If local decision-making bodies fail to ensure fair and inclusive

representation of all strata of society, they risk losing their legitimacy and their ability to respond to the needs of their citizens. It is therefore imperative to reaffirm the importance of participatory democracy and take concrete steps to restore citizens' trust in these institutions that are crucial to the democratic life of our communities. Indeed, since the 1990s, citizen participation in decision-making processes has often been seen as a guarantee of good governance and sustainable development." - Kofi Annan (1999). This position of the diplomat reflects our view on the importance of citizen participation in the effective functioning of democracy, which can only function effectively if citizens are actively engaged in political decision-making and in the life of their community.

Furthermore, according to Robert Dahl (1971), one of the main theorists of democracy, "the active participation of citizens is essential to the vitality and legitimacy of a democratic system." Robert Dahl's quote underlines the crucial importance of citizen participation for the sustainability and legitimacy of a democratic system. It highlights the fundamental role of citizens in the governance process, emphasizing that their active engagement is essential to ensure that political decisions truly reflect the interests and values of the population.

In this regard, we will borrow the following words from John Stuart Mill who argues that: "Democracy is not only a system of government, but also a political culture in which each individual is encouraged to participate actively in public life for the good of society." John Stuart Mill (1861). In other words, this perspective reinforces the idea that democracy can only truly flourish when citizens are fully invested in decision-making processes and actively participate in the political life of their community. Today, everything suggests that participatory democracy is the foundation on which the legitimacy and effectiveness of political decisions are based. By promoting the active engagement of citizens from all strata of society, it ensures fair and inclusive representation, essential to meet the needs and aspirations of the population. This dynamic approach transcends simple electoral mechanisms to create a space for dialogue and co-creation, where the diversity of perspectives enriches collective decision-making and strengthens the democratic foundations of our society.

The research question that emerges is: To what extent does the influence of socio-cultural barriers on the participation of women and youth in decision-making processes in the municipalities of Kpomassè and Tori-Bossito in Benin impact the legitimacy and effectiveness of participatory democracy in these communities?

Faced with such a problem, we postulate that the chronic under-representation of women and youth in local decision-making bodies, due to persistent socio-cultural barriers, compromises the legitimacy and effectiveness of participatory democracy in the municipalities of Kpomassè and Tori-Bossito, thus limiting the diversity of perspectives and weakening the capacity of local institutions to meet the needs of the entire population. This hypothesis was formulated in order to subject the framework developed to the test of real facts.

4 METHODOLOGICAL APPROACH

The methodological approach followed in this research combines an in-depth documentary study with a field survey to analyze the socio-cultural barriers to the participation of women and youth in local decision-making processes. This approach includes the design of data collection tools such as reading grids and survey questionnaires, as well as a mixed qualitative and quantitative methodology. It also integrates the participation of stakeholders, as evidenced by regular exchanges with the steering committee. Data are collected using various techniques, such as household questionnaires and interviews, and then rigorously analyzed to provide an in-depth understanding of the obstacles encountered by women and youth in their participation in local decision-making processes.

4.1 DESIGN

The design phase was marked by an in-depth documentary compilation on the issue studied. This compilation has made it possible to gather relevant information on the subject, thus facilitating a detailed analysis of key concepts that highlight the originality and current relevance of the issue addressed.

4.2 NATURE OF THE RESEARCH

This research adopts a mixed methodological approach by combining an in-depth documentary study with a field survey. This combination allows for a comprehensive analysis of the socio-cultural barriers hindering the participation of women and youth in local decision-making processes. The design of data collection tools, such as reading grids and survey questionnaires, reflects this mixed approach by allowing the collection of both qualitative and quantitative data. In addition, the integration of varied techniques such as household questionnaires and interviews with various local actors further underlines this mixed approach. By combining stakeholder participation and regular exchanges with the steering committee, this methodology

ensures a holistic perspective, combining the strengths of qualitative and quantitative approaches to provide an in-depth analysis of the obstacles encountered by women and youth in their participation in local decision-making processes.

4.3 DATA COLLECTION TECHNIQUES AND TOOLS

Data collection is a critical step in any research study, providing the information needed to answer the questions asked and achieve the objectives set. This section explores the techniques and tools used to collect data, as well as the sample composition and the field survey methodology.

4.3.1 DATA COLLECTION TECHNIQUES

Data collection relies on the combined use of desk reviews and field surveys. The data collection tools used during the field phase include: (i) A household questionnaire, (ii) An interview guide for civil society organizations (CSOs) / grassroots community organizations (CBOs) representing women, youth and people with disabilities, (iii) A questionnaire for local elected officials and municipal agents, (iv) A questionnaire for traditional chieftaincy, (v) An interview guide for decentralized state services (Departmental Service of National Education, Social Promotion Center), (vi) An interview guide for integrative managers.

4.3.2 SAMPLE AND FIELD SURVEY

Our total sample consists of 170 participants, covering a diversity of perspectives and roles within the community. It includes 70 households, 30 representatives of civil society and community organizations, 25 local elected officials and municipal agents, 20 traditional leaders, 15 executives from decentralized State services, as well as 10 people occupying integration manager positions.

The field survey included the 34 villages of the two target municipalities, thus covering their entire territory. A total of 95 questionnaires were distributed to the stakeholders concerned, with a distribution of 55 for households, 15 for civil society organizations, 15 for elected politicians, 5 for agents of decentralized state services and 5 for integration executives. This approach benefited from effective communication via telephone exchanges and direct contacts to clarify the process. To reach residents of the most remote villages, the questionnaires were sent by email, via WhatsApp pages, or delivered by vehicle drivers. The other stakeholders were involved through interview guides, focus groups, direct observations and regular exchanges with the PASDI steering committee.

5 SOCIOCULTURAL BARRIERS TO PARTICIPATION IN THE MUNICIPALITIES OF KPOMASSÈ AND TORI-BOSSITO.

In this article, it is closely examined, from the theoretical framework called up above, the socio-cultural barriers hindering the participation of women and young people in the decision-making processes of the Communes of Kpomassè and Tori-Bossito. It is a question of exploring the gender norms and traditional roles that limit the power of women, as well as the way in which youth are perceived in these processes. It also analyzes the patriarchal structures and social hierarchies that maintain these barriers in place, as well as the specific obstacles related to education and resources.

In order to better understand the weight of these socio-cultural constraints in decision-making processes at the local level, it is useful to start with a quick overview of gender norms. Gender norms are social and cultural expectations that dictate the behavior, attitudes and roles attributed to individuals according to their sex. In many societies, these norms have historically placed women in domestic and maternal roles, often confining them to limited spheres of influence. These expectations weigh heavily on women, encouraging them to conform to pre-established models of femininity that can be restrictive and demeaning. Traditional roles assigned to women often reinforce these gender norms. For example, in many cultures, women are expected to be primarily responsible for household chores and childcare, which limits their participation in the public and professional spheres. These traditional roles perpetuate the idea that women's true power lies in their ability to care for others, rather than in their ability to exercise their own autonomy and leadership.

In the municipalities of Kpomassè and Tori-Bossito, gender norms are deeply rooted in cultural traditions and practices. Women are often assigned to domestic and subordinate roles, responsible for taking care of the home, family, and household chores. These social expectations limit their access to public and political spheres, relegating them to positions of less power and authority. Furthermore, these gender norms perpetuate the idea that men are better qualified to hold leadership positions and make important decisions, thus reinforcing gender inequalities and patriarchal structures. Other factors, such as unequal

access to economic and educational resources, must also be taken into consideration, which contribute to reinforcing gender inequalities in the Communes of Kpomassè and Tori-Bossito. It must be acknowledged that, paradoxically, in the communes of Kpomassè and Tori-Bossito, women and youth are recognized as privileged actors of development. For example, traditional chieftaincy and learned societies sometimes grant them a consultative role in the management of local affairs and community development initiatives, often emphasizing their inclusion and active participation.

However, despite this informal recognition, formal power structures often continue to exclude them or limit their influence in decision-making processes, thus highlighting the need for deeper reforms for truly equitable and inclusive political participation. When it comes to youth, social expectations can be particularly constraining. Young women often face a double pressure: on the one hand, they must conform to traditional gender norms imposed on them as women, and on the other hand, they must navigate the often-changing expectations of youth, which can value conformity to standards of beauty and superficial behavior. This creates a breeding ground for anxiety, lack of self-confidence and body dysmorphia in young women, thus keeping them away from realizing their full potential.

As for the general perception of youth, it is unfortunately often tinged with unfavorable prejudices. These prejudices are based on a false association between the age of young people and a supposed lack of experience, maturity and competence. This perception has significant repercussions on decision-making processes, where young people are regularly marginalized. Their voices are often relegated to the background or even ignored in decision-making bodies. This systemic exclusion of young people from spaces of power and governance is detrimental, as it hinders their active participation in political and social life. However, young people have undeniable potential as well as innovative ideas that deserve to be heard. The marginalization of young people compromises not only democratic development, but also social inclusion as a whole.

In the municipalities of Kpomassè and Tori-Bossito in Benin, the perception of youth is tainted by unfavorable prejudices, which affects their participation in local decision-making processes. For example, when planning development projects at the communal level, young people are excluded from discussions and decision-making due to the preconceived idea that they lack relevant experience or skills. However, concrete examples of young Beninese demonstrate the error of this perception. For example, in the field of social entrepreneurship, young people from Kpomassè and Tori-Bossito have launched innovative initiatives to solve local problems such as access to drinking water or education. Despite these commendable efforts, their voices and ideas are not always taken into account in decision-making processes at the communal level. This marginalization of young people hinders local development and compromises social inclusion in these communities. Indeed, by neglecting the potential and unique perspectives of young people, local decision-makers are missing out on effective and sustainable solutions to the challenges facing the communes of Kpomassè and Tori-Bossito.

Beyond gender norms and the unfavorable perception of youth, the Communes of Kpomassè and Tori-Bossito are also influenced by patriarchal structures and social hierarchies that further restrict the participation of women and youth in decision-making processes. These traditional structures often grant disproportionate power to men, thus reinforcing gender inequalities and preventing the emergence of alternative voices within governing bodies. In these communities, political and social decisions are often made by a male elite, who exercise control over resources and opportunities. Women and youth are often excluded from these circles of power, their perspectives and needs being neglected in decision-making processes. In addition, social norms that value male domination and the preservation of the established order reinforce these hierarchies, making it difficult for women and youth to challenge existing structures and claim their rightful place in society.

As a result, these patriarchal structures and social hierarchies act as additional barriers to the equitable participation of women and youth in community affairs. To promote more inclusive and democratic governance, it is essential to challenge these oppressive structures and create spaces where marginalized voices can be heard and taken into account in decision-making processes. This requires a strong commitment to gender equality, social justice and the promotion of human rights for all community members.

In sum, the Communes of Kpomassè and Tori-Bossito face profound challenges related to restrictive gender norms, negative perception of youth and patriarchal structures that hinder the equitable participation of women and youth in decision-making processes. To move towards more inclusive and democratic governance, it is imperative to challenge these socio-cultural barriers, recognizing the value and potential of women and youth in local governance. Hence the interest of an intersectional and inclusive approach to create spaces where all voices can be heard and taken into account, thus allowing women and young people to fully contribute to the development of their community as agents of change and progress.

6 PRESENTATION AND ANALYSIS OF THE RESULTS

The results of the study reveal several major challenges hindering women and young people’s access to decision-making spaces in the communes of Kpomassè and Tori-Bossito, as well as some potential opportunities to promote their participation.

Among the obstacles to women and young people's access to decision-making bodies, control exercised by husbands is frequently cited. Many women report that their spouses prevent them from participating due to jealousy or the desire to control their activities, which reflects an unequal distribution of power and a limitation of their autonomy. In addition, some women and young people tend to self-limit, underestimating themselves or fearing the consequences of their participation. Lack of self-confidence is also a major barrier, as is ignorance of rights, which limits civic engagement. Language barriers, particularly in Tori-Bossito, also restrict access to information and the ability to contribute to discussions.

In addition, several obstacles hinder women and youth from accessing decision-making spaces. Cultural and social norms often perpetuate traditional roles, relegating them to subordinate positions. The lack of formal opportunities favors older men, marginalizing women and youth. In addition, the lack of training and resources limits their ability to engage effectively. Finally, the lack of recognition in decision-making spheres reduces their ability to influence local policies and programs. Overcoming these barriers would help foster more inclusive and equitable participation of women and youth in local decision-making processes, thereby strengthening democracy and representativeness at the municipal level.

The diagnosis identified some levers such as awareness-raising and education on women's and youth's rights, active promotion of their participation through the creation of equitable opportunities and incentive programs, the establishment of support networks offering mentoring and resources, as well as institutional reforms such as the establishment of gender quotas and awareness-raising among political leaders. By capitalizing on these opportunities, an enabling environment for active participation can be created, thus strengthening local democracy and promoting inclusive and sustainable development. In summary, these obstacles and opportunities highlight the need for policies and programs aimed at overcoming structural and cultural barriers, in order to promote inclusive and equitable participation of women and youth in local decision-making processes.

The analysis of the results highlights the complex challenges faced by women and youth in their access to decision-making spaces at the local level. Male dominance, rooted in cultural and social norms, significantly limits women's participation, reinforced by control mechanisms exercised by spouses and self-limitation resulting from a lack of self-confidence and awareness of rights. Similarly, young people face barriers such as lack of formal opportunities, disinterest in public affairs and unemployment, which distance them from decision-making processes.

However, these challenges also offer opportunities for transformation. Awareness-raising and education on women's and youth's rights, combined with active promotion of their participation, can address restrictive social norms and encourage their civic engagement. Creating support networks that provide mentoring and resources can strengthen their confidence and capacity to engage in local decisions. In addition, institutional reforms, such as establishing gender quotas and sensitizing political leaders, are essential to ensure equitable representation in local governance bodies. It is crucial to recognize that promoting the participation of women and youth is not limited to one-off actions, but requires a holistic and integrated approach. This involves multi-level interventions, including both awareness-raising and individual empowerment initiatives, as well as structural and institutional reforms aimed at creating an enabling environment for inclusive and equitable participation. By capitalizing on these opportunities and overcoming these challenges, it is possible to strengthen local democracy and foster sustainable and inclusive development at the communal level.

The content analysis of the responses regarding the term's "participation", "citizenship", "governance", "inclusion" and "rights" in Kpomassè and Tori-Bossito reveals similar perceptions as well as nuances specific to each locality. Regarding participation, both localities, according to the results, emphasize the importance of contributing to local development, the inclusion of all segments of the population, community engagement and political involvement in Tori-Bossito. In Kpomassè, the emphasis is on financial or material contribution and community involvement. For citizenship, respondents highlight civic duties and rights, good behavior, commitment to development, respect for authority and laws, as well as national belonging and community involvement.

These aspects reflect a common understanding of citizenship in both localities. Regarding governance, the responses show a similar vision of public affairs management, accountability, good resource management and citizen involvement. However, respondents from Kpomassè emphasize efficient city management, while those from Tori-Bossito emphasize more the involvement of the population in the development process. As for inclusion, responses from both localities highlight the idea of bringing together all people without distinction, community involvement and social harmony. Love, unity and respect for each individual are shared values. Finally, regarding rights, the responses show a variety of understandings, including as a set of rules and norms, a power to act, fundamental rights, civic duties, property, and variability depending on the situation. The nuances lie in the relationship between law and the state in Tori-Bossito

The presentation and analysis of the findings highlight the significant challenges faced by women and youth in accessing decision-making spaces at the local level, while highlighting potential opportunities to foster their participation. Barriers such as spousal control, restrictive cultural norms and lack of self-confidence hinder the full participation of women and youth. However, these challenges also offer opportunities for transformation through initiatives such as awareness-raising and education on rights, active promotion of participation, creation of support networks and institutional reforms. Capitalizing on these opportunities and overcoming these challenges can strengthen local democracy and promote inclusive and sustainable development. This analysis also highlights similarities and nuances in perceptions of key terms such as participation, citizenship, governance, inclusion and rights in the localities studied. These findings highlight the importance of a holistic and integrated approach to promote active and equitable participation of women and youth in local decision-making processes, thus contributing to building more just and resilient communities.

7 DISCUSSION

The study presented offers a rich and nuanced analysis of the socio-cultural barriers to women and youth participation in local decision-making processes in the Kpomassè and Tori-Bossito communes in Benin. Drawing on the theoretical framework of intersectionality, developed by feminist authors such as Kimberlé Crenshaw and Patricia Hill Collins, it highlights the complex interactions between different forms of discrimination, including gender, age, social class and power structures that marginalize these groups. The results of the study confirm the relevance of the intersectional approach to understanding the barriers to women and youth participation in local decision-making processes in the Kpomassè and Tori-Bossito communes in Benin. Indeed, the study highlighted the role of restrictive gender norms that limit women's access to education, economic opportunities and the public sphere. These findings are consistent with Crenshaw's analysis of the marginalization of black women, who face both sexism and racism. Similarly, the study highlights the negative perception of youth, often associated with a lack of experience and maturity, which excludes them from decision-making processes. These findings corroborate Hill Collins' work on the experiences of young black women, who face both sexism and ageism.

The study goes beyond simply confirming existing theories by proposing concrete solutions to promote more inclusive participation. The different actors met during the study suggest awareness-raising and education initiatives on the rights of women and young people, the creation of support and mentoring networks, as well as institutional reforms such as the establishment of gender quotas. These proposals are in line with the recommendations of other intersectional feminist authors, such as Hooks (1981) and Anzaldúa (1987), who advocate multidimensional approaches to combating discrimination.

While the study offers a valuable contribution to understanding the challenges and opportunities related to the participation of women and young people in local decision-making processes, it also presents some limitations. The first limitation of this analysis is that it is based mainly on qualitative data, which limits the generalizability of the results to other contexts. A more in-depth quantitative analysis would confirm the observed trends and measure the impact of different forms of discrimination on the participation of women and young people. The lack of a comparative analysis is a limitation of the study, restricting its scope and its ability to identify general trends. A comparison with other contexts would have made it possible to identify whether the obstacles are specific to the municipalities studied or whether they are more widespread in other developing countries. The study does not focus enough on economic factors that can also influence the participation of women and youth. It would be interesting to analyze how poverty, access to resources and economic opportunities can affect the ability of women and youth to engage in public life.

Despite these limitations, the proposed study constitutes an important starting point for future research on the participation of women and youth in local decision-making processes in developing countries. The results of the study inform the development of policies and programs aimed at promoting more inclusive and equitable governance. As far as we are concerned, it is imperative to continue research on the themes of the intersectionality of discrimination, economic factors and intervention strategies in order to deepen our understanding of the obstacles that hinder the participation of women and youth in local decision-making processes. This will make it possible to develop more efficient intervention strategies in local authorities in countries of the South, particularly in the Beninese municipalities that have embraced decentralization for two decades. Deepening the analysis of intersecting discriminations and economic factors is essential to decipher the obstacles that hinder the participation of women and young people in local decision-making processes. This informed understanding, we believe, will make it possible to design more efficient intervention strategies that are better adapted to the specific realities of African and Beninese contexts.

8 CONCLUSION

The analysis of socio-cultural barriers limiting the participation of women and youth in local decision-making processes, through the case study of the Communes of Kpomassè and Tori-Bossito in Benin, reveals profound challenges and crucial opportunities to promote more inclusive and equitable participation. By examining the theoretical framework, we found that gender norms, age-related perceptions and patriarchal power structures play a determining role in the marginalization of women and youth in these decision-making processes. These socio-cultural barriers, as detailed in our analysis, include gender norms and traditional roles, the perception of youth in decision-making processes, patriarchal structures and social hierarchies, as well as limited access to education and resources for women and youth. The analysis of the diagnostic results highlighted the specific obstacles encountered in the Communes of Kpomassè and Tori-Bossito, as well as the impact of these socio-cultural barriers on the representativeness and voice of women and youth. By comparing the two contexts, we identified significant similarities and differences, highlighting the importance of taking into account local realities in designing inclusion strategies.

To overcome these barriers, several potential levers were identified, including capacity building and rights education, promotion of political participation, awareness raising and community mobilization, as well as inclusive institutional and policy reforms. These measures offer promising avenues to foster active and equitable participation of women and youth in local decision-making processes. Summarizing the main findings of this study, it points to the critical importance of promoting inclusive social and political participation to ensure democratic governance and sustainable development. The study also makes recommendations for future action, including the need for policies and programs to overcome socio-cultural barriers, as well as the importance of community engagement and awareness-raising to catalyze change. Finally, future avenues for further research have been identified by the study, with proposals for practical actions to overcome these challenges, highlighting the importance of community engagement and awareness-raising to create an enabling environment for inclusive and equitable participation of women and youth in local decision-making processes.

REFERENCES

[1] Agossou, S. B. (2016). Traditional Governance Mechanisms in Benin: A Comparative Study of Pre-Colonial and Post-Colonial Structures. *Journal of African Cultural Studies,* 28 (1), 84-99.

[2] Aïchatou, H. (2015). Women's Access to Decision-making Positions in Rural Areas of Benin. *African Journal of Gender and Women Studies,* 1 (2), 23-35.

[3] Chen, M. A. (2005). Rethinking the informal economy: Linkages with the formal economy and the formal regulatory environment. Women in Informal Employment: Globalizing and Organizing, 1-37.

[4] Convention-Programme ACTIF. Action for Citizen Participation and Inclusive Territories.

[5] Duflo, E. (2012). *Rethinking poverty*. Threshold.

[6] Dupont, M. (2023). The challenges of youth political participation in Benin. *Le Monde,* April 15, p. 5.

[7] Fraser, N. (1997). Justice interruptus: Critical reflections on the «postsocialist» condition. Routledge.

[8] Gbaguidi, E. (2020). Perceptions and Attitudes of Women and Youth Towards Political Participation in Benin. *African Journal of Political Science and International Relations,* 14 (2), 67-82.

[9] Hill Collins, P. (2000). Black feminist thought knowledge, consciousness, and the politics of empowerment Routledge New York and London.

[10] Hooks, B, (1981). Ain't I a Woman: Black Women and Feminism. South End Press, 205 p.

[11] Houngnibo, L. (2017). Local democracy in Benin: issues and challenges of citizen participation. Presses Universitaires du Bénin.

[12] Inclusive Social Development Support Program (PADSI), 2022-2025.

[13] Jacob, M.-A. (2008). To ensure truly inclusive territorial development. Social inclusion and participation citizen in Canada.

[14] Koffi, A. (2020). Sociocultural barriers to women's political participation in Benin: Case of the communes of Kpomassè and Tori-Bossito. Master's thesis, National University of Benin, Cotonou.

[15] Kouami, A. (2018). Local Initiatives for Youth Inclusion in Community Governance: Lessons from Benin. *African Journal of Governance and Development,* 7 (2), 13-28.

[16] Mansbridge, J. (1999). Should blacks represent blacks and women represent women? A contingent «yes». *The Journal of Politics,* 61 (3), 628-657.

[17] Municipality of Kpomassè (2023). *Plan Communal Development Plan* (PDC) Kpomassè, 3rd generation.

[18] Municipality of Tori-Bossito *(2023). Communal Development Plan* (PDC), 3rd generation.

[19] Organization United Nations Women. (2021). *Promoting Young Women's Participation in Politics*. UN Women. https://www.unwomen.org/fr/news/in-focus/women-and-the-sdgs/youth-political-participation.

[20] Sen, A. (1990). *Gender and cooperative conflicts*. WIDER Working Paper, (11).
[21] Smith, J. (2008). Gender Norms and Socioeconomic Development. *Journal of Development Economics,* 82 (1), 259-281.
[22] Sow, F. (2005). The Political Representation of Women in Africa: Progress and Challenges. *Gender and Development,* 13 (3), 9-18.
[23] Touraine, A. (1973). The participation of women and youth in local decision-making processes. Gallimard.
[24] Young, I. M. (2000). *Inclusion and democracy*. Oxford University Press.
[25] Youth Political Participation Research Group. (2009). *Engaging youth in politics: What does it take?* Carnegie Corporation of New York.
[26] Anzaldúa, G. (1987), Borderlands/La Frontera: The New Mestiza, San Francisco: Aunt. Lute Books.

International Journal of Innovation and Applied Studies
ISSN 2028-9324 Vol. 43 No. 4 Oct. 2024, pp. 910-917
© 2024 Innovative Space of Scientific Research Journals
http://www.ijias.issr-journals.org/

Analyse de l'Impact des Bruits sur les Communautés Riveraines de la Mine de Sangarédi (Concession CBG), République de Guinée

[Analysis of the Impact of Noise on Communities Surrounding the Sangarédi Mine (CBG Concession), Republic of Guinea]

Ousmane Djènè KABA[1-3], Gbélé OUATTARA[2-3], Alpha Issaga Pallé DIALLO[1], Kandas KEITA[1], and Moriba KOUROUMA[1]

[1]Institut Supérieur des Mines et Géologie de Boké (ISMGB), B.P. 84, Boké, Guinea

[2]Institut Nationale Polytechnique Felix Houphouët-Boigny (INP-HB), B.P. 1093, Yamoussoukro, Côte d'Ivoire

[3]Ecole Doctorale Polytechnique Sciences et Techniques de l'Ingénieur (EDP-STI), INP-HB, B.P. 1093, Yamoussoukro, Côte d'Ivoire

Copyright © 2024 ISSR Journals. This is an open access article distributed under the ***Creative Commons Attribution License***, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

ABSTRACT: This article assesses the impact of industrial noise emitted by the Sangarédi bauxite mine, operated by the Compagnie des Bauxites de Guinée (CBG), on local communities. Noise levels measured in this area frequently exceed the accepted norms, with 69.56% of recorded readings exceeding the critical limit of 115 dB. Moreover, nine measurements even exceeded 120 dB between May 1 and July 24, 2023, indicating significant noise exposure for residents. Daytime noise levels regularly exceed the 55 dB standard, while night-time levels are generally within the prescribed limits. Analysis of the noise generated by ore trains passing through the surrounding villages shows that, of the nine values measured, five (55.55%) are below permissible levels. However, despite some compliant measures, the high noise levels recorded continue to cause significant adverse health impacts for local residents. These impacts include stress, hearing problems and other serious health complications, demonstrating the urgent need for effective noise abatement measures to protect the health and well-being of local communities. The results reinforce the importance of continuous monitoring and rapid intervention to mitigate these noise nuisances and improve the quality of life of the populations affected.

KEYWORDS: mine, noise, impact, Sangarédi, Guinea.

RESUME: Cet article évalue l'impact du bruit industriel émis par la mine de Sangarédi, exploitée par la Compagnie des Bauxites de Guinée (CBG), sur les communautés locales. Les niveaux de bruit mesurés dans cette région dépassent fréquemment les normes admises, avec 69,56 % des relevés enregistrés qui franchissent la limite critique de 115 dB. De plus, neuf mesures ont même dépassé les 120 dB entre le 1er mai et le 24 juillet 2023; ce qui indique une exposition significative au bruit pour les habitants. En journée, les niveaux de bruit excèdent régulièrement la norme de 55 dB, tandis que les niveaux nocturnes respectent généralement les limites prescrites. L'analyse des bruits générés par les trains minéraliers qui traversent les villages environnants montre que, sur les neuf valeurs mesurées, cinq (55,55 %) sont en dessous des niveaux admissibles. Cependant, malgré certaines mesures conformes, les niveaux élevés de bruit enregistrés continuent de provoquer des effets néfastes significatifs sur la santé des résidents locaux. Ces impacts incluent le stress, des problèmes auditifs, ainsi que d'autres complications de santé graves, démontrant ainsi l'urgence de mettre en place des mesures efficaces de réduction du bruit pour protéger la santé et le bien-être des communautés riveraines. Les résultats obtenus renforcent l'importance d'une surveillance continue et d'une intervention rapide pour atténuer ces nuisances sonores et améliorer la qualité de vie des populations affectées.

MOTS-CLEFS: mine, bruit, impact, Sangarédi, Guinée.

Corresponding Author: Ousmane Djènè KABA

1 INTRODUCTION

En Guinée, malgré son avantage économique, l'exploitation minière à ciel ouvert entraîne des perturbations sonores qui impactent les communautés environnantes [1-3]. Dans l'exploitation minière de la bauxite, la fragmentation et la rupture des roches sont principalement réalisées par dynamitage à la mine de Sangarédi. Cependant, il est mis en évidence que seulement 20 à 30 % de l'énergie explosive est efficacement utilisée pour la fragmentation, tandis que l'énergie restante peut entraîner des effets secondaires affectant l'environnement, tels que les vibrations du sol, la surpression de l'air, la production de poussières, le retour de roche et le vol de débris [4, 5].

Toutefois, l'augmentation des activités minières a provoqué une hausse significative des dommages sonores, impactant les communautés locales. On associe fréquemment le bruit industriel à différents effets néfastes sur la santé humaine, tels que des problèmes de sommeil et des conséquences sur la santé mentale [3]. Sangarédi est l'une des plus grandes concessions minières de bauxite de Guinée, exploitée par la Compagnie des Bauxites de Guinée (CBG), (Figures 1 et 2). Le minerai de bauxite, indispensable à l'économie guinéenne, est principalement exploité à ciel ouvert; ce qui nécessite l'emploi de machines lourdes, des dynamitages fréquents et un transport intensif du carburant.

Ces pratiques entraînent des niveaux de bruits élevés qui ont un impact direct sur les communautés environnantes. Bien que l'impact économique de la mine soit important, les conséquences environnementales, en particulier les nuisances sonores, suscitent de plus en plus d'inquiétudes quant à leur impact sur la qualité de vie et la santé des habitants locaux [3, 6-8]. C'est dans ce cadre que cette étude a été réalisée afin d'évaluer et de comprendre ces effets, dans le but de suggérer des solutions d'atténuations appropriées. Cet article étudie les diverses sources de bruits, leur intensité et leur influence sur les communautés environnantes, en mettant l'accent sur la perception des résidents et les conséquences pour leur bien-être [9].

2 MATÉRIELS ET MÉTHODES

Nous avons effectué une évaluation approfondie des niveaux de bruits à différentes distances de la mine de Sangarédi (concession CBG) afin d'évaluer les conséquences des bruits sur les communautés environnantes. Cette analyse a été réalisée à l'aide de deux instruments principaux: le sonomètre Svantek et le Minimate Pro 4, qui ont permis de mesurer les niveaux sonores et sismiques.

2.1 COLLECTE DES DONNÉES

Différents points stratégiques autour de la mine ont été analysés pour mesurer les niveaux sonores, en prenant en compte différentes distances et directions, afin d'obtenir une représentation exhaustive des effets sonores. Les mesures ont été réalisées à différentes périodes de la journée afin de prendre en compte les fluctuations diurnes et nocturnes des niveaux de bruits. En même temps, on a collecté des informations qualitatives auprès des habitants locaux pour saisir leurs perceptions et les conséquences du bruit sur leur vie quotidienne. Les entretiens et les questionnaires ont permis d'obtenir des renseignements précieux concernant les perturbations sonores perçues et leurs conséquences sur la santé et le bien-être des populations.

2.2 CARTOGRAPHIE DES DONNÉES

Les informations recueillies ont été intégrées dans des cartes géographiques thématiques créées avec le logiciel ArcGIS. Ces cartes présentent les niveaux sonores mesurés à diverses distances de la mine et soulignent les zones les plus touchées par les perturbations sonores.

2.3 INSTRUMENTS DE MESURES

Les instruments de mesure sont des dispositifs sont connus pour leur fiabilité et leur précision dans la mesure des niveaux sonores dans différents environnements. La mesure des vibrations, du bruit et de la surpression de l'air est possible grâce au Minimate Pro 4 Sismo (Figure 3). Ces dispositifs sont couramment employés afin de mesurer les niveaux de bruits dans l'environnement [10, 11]. L'emploi de ces appareils garantit la précision et la fiabilité des informations recueillies; ce qui est crucial pour une évaluation adéquate des effets sonores. La combinaison de mesures instrumentales précises et de perceptions communautaires a donné lieu à une représentation exhaustive des effets sonores de la mine de Sangarédi. Les résultats obtenus ont permis proposer des mesures d'atténuation afin de diminuer les perturbations sonores et d'améliorer la qualité de vie des habitants de la région [12]. Le sonomètre est un appareil de mesure utilisé pour quantifier le niveau de pression sonore dans un environnement donné. Il est essentiel dans les études d'acoustique environnementale, notamment pour évaluer les impacts des nuisances sonores sur les communautés environnantes.

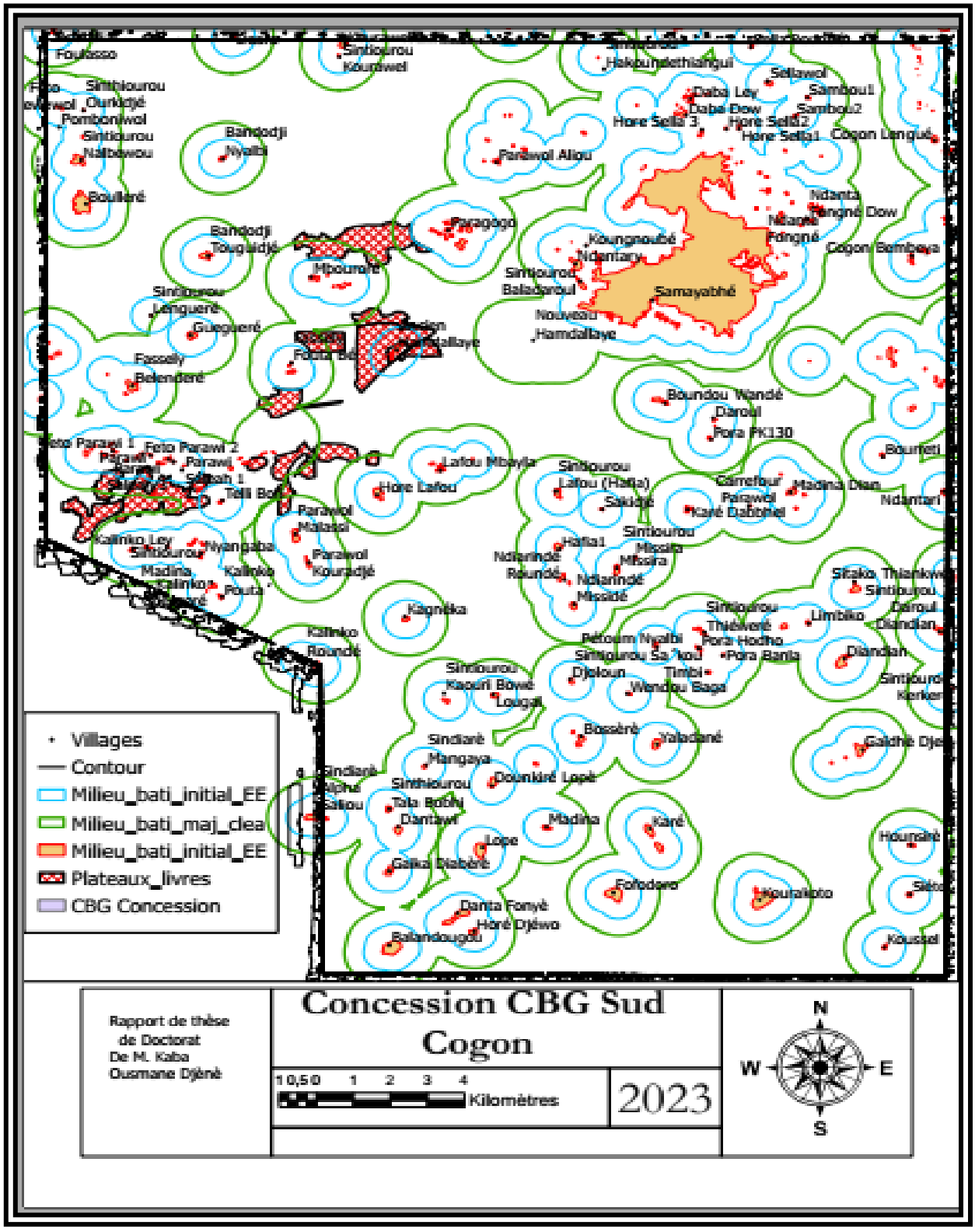


Fig. 1. Carte de la concession minière de la CBG Sud Cogon

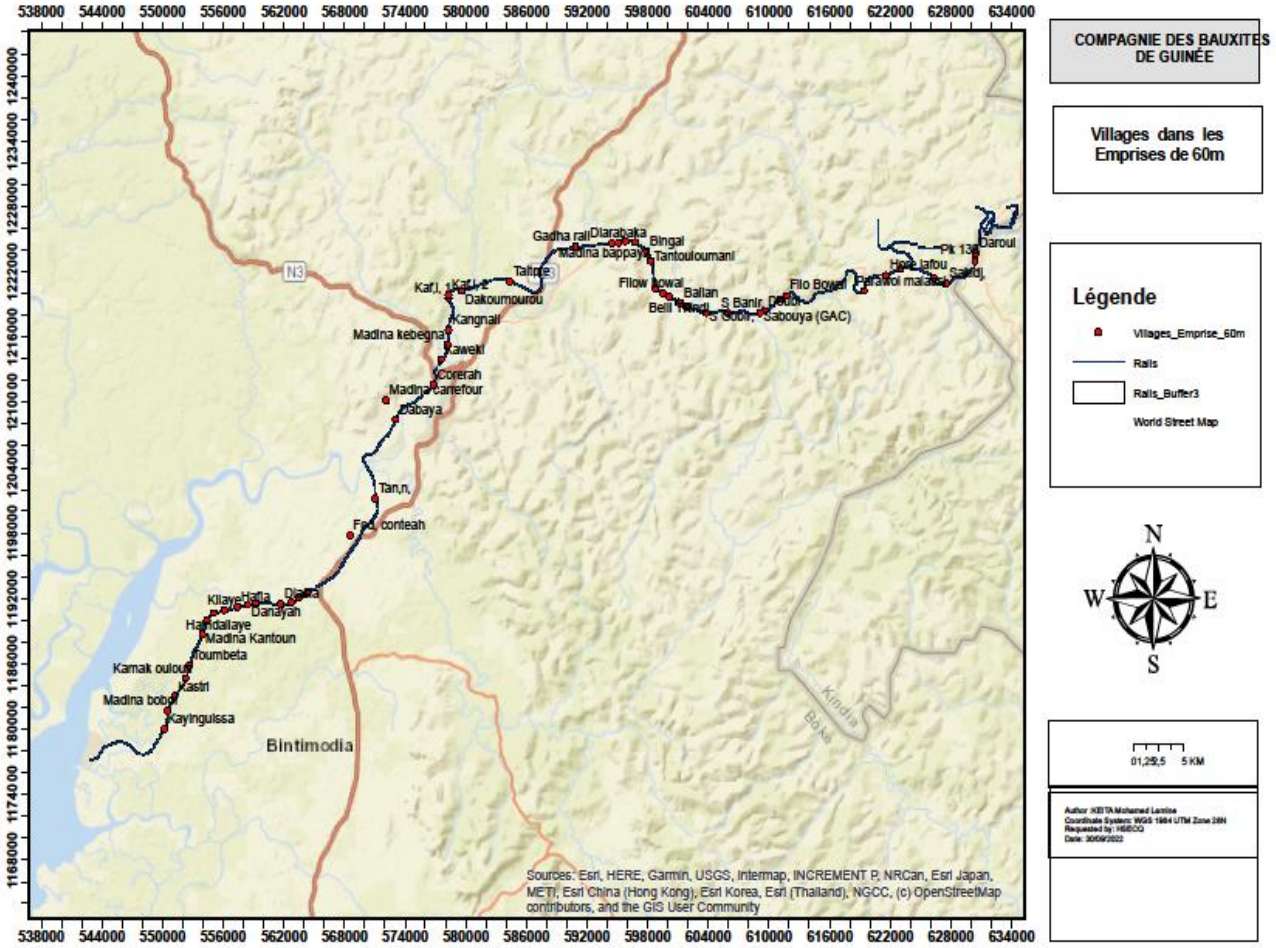


Fig. 2. Carte de différents villages avoisinants les voies ferrées Sangarédi-Kamsar

3 RÉSULTATS ET DISCUSSION

3.1 ANALYSE DES BRUITS

L'analyse des résultats obtenus fournissent une représentation visuelle précieuse de l'impact sonore de l'exploitation minière et aident à identifier les mesures nécessaires pour atténuer ces nuisances. La figure 5 montre les niveaux de bruits enregistrés lors du passage des trains minéraliers à proximité des villages. Il permet de visualiser l'ampleur du bruit généré et son impact sur les communautés locales. La figure 6 détaille les niveaux de bruits émis par les engins miniers en opération. Il met en évidence les zones où les niveaux sonores dépassent les normes établies et les risques associés pour la santé des résidents. Et enfin la figure 7 illustre les niveaux de bruits causés par les tirs à la mine. Il offre une perspective claire sur l'impact de ces explosions sur les localités avoisinantes et contribue à une meilleure compréhension des nuisances sonores.

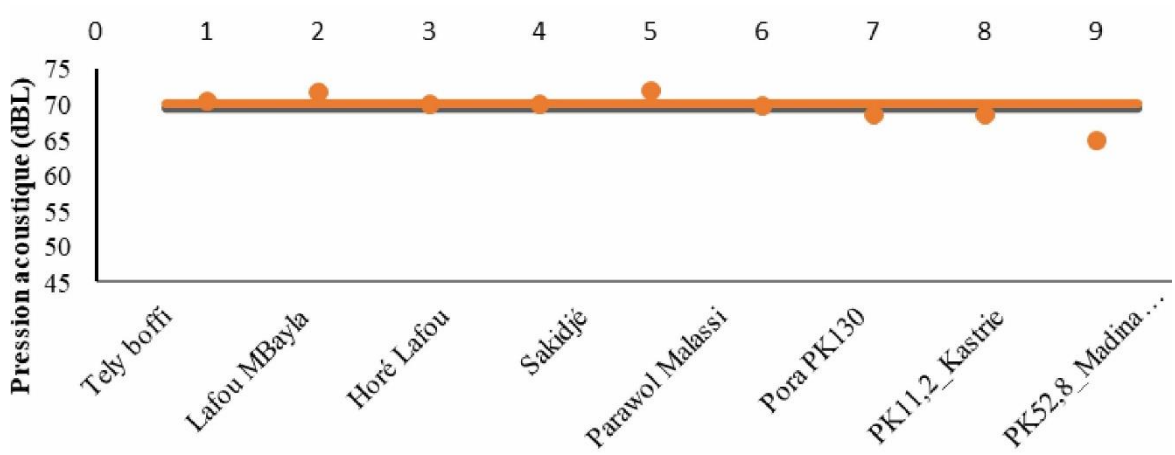


Fig. 3. Graphique des résultats d'analyse des bruits émis par les trains minéraliers sur les villages environnants

INTERPRÉTATION 1:

A partir de ce graphique, nous constatons que sur les neuf (9) valeurs mesurées, cinq (5) valeurs dont 55,55 % sont au-dessous de la normale (ligne en orange. Ce qui signifie que les communautés restent encore fortement impactées par les bruits liés au passage des trains, d'où la nécessité d'envisager des mesures d'atténuation.

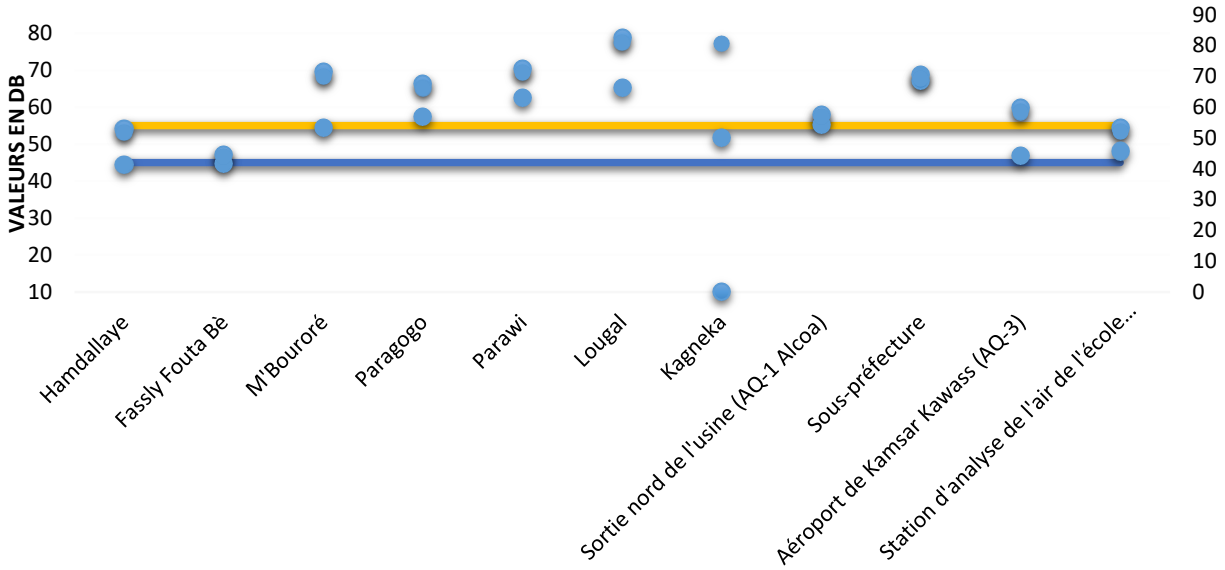


Fig. 4. Graphique des résultats d'analyse des bruits émis par les engins miniers

INTERPRÉTATION 2:

L'analyse de ce graphique, nous montre que la majeure partie des valeurs mesurées pendant la journée sont au-dessus de la normale (55Db) et celles mesurées pendant la nuit sont majoritairement conformes, ce qui nécessite encore une prise en compte de la gestion des bruits des engins surtout pendant la journée. Ce qui signifie que les communautés restent encore fortement impactées par les bruits liés au passage des trains, d'où la nécessité d'envisager des mesures d'atténuation.

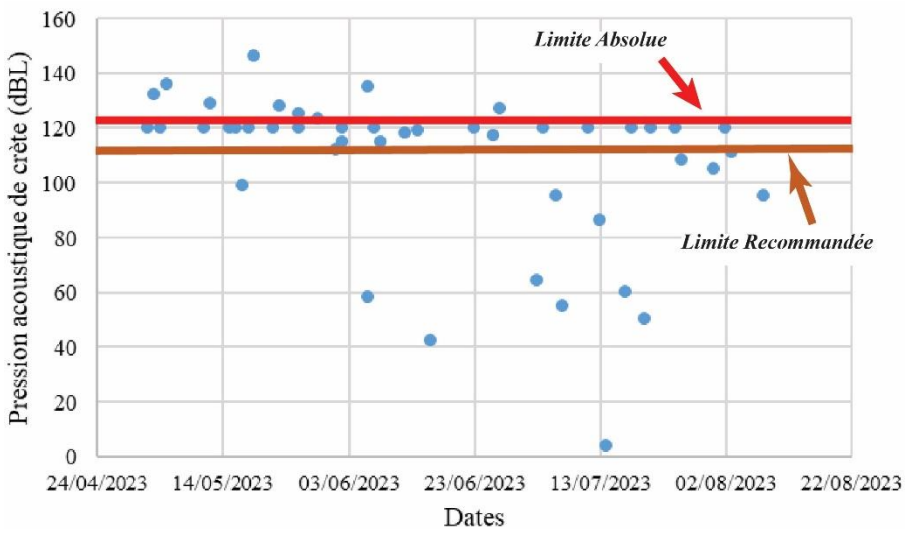


Fig. 5. Représentation graphique des résultats de l'analyse des tirs des villages environnants

INTERPRÉTATION 3:

Quarante-six mesures de bruit ont été effectuées entre le 1er mai et le 24 juillet 2023 afin d'évaluer l'influence sonore de l'exploitation minière sur les zones habitées voisines. Selon les résultats, parmi ces quarante-six mesures, trente-deux ont été signalées comme dépassant la limite recommandée de 115 dB; ce qui représente 69,56% des mesures. En outre, neuf mesures ont même franchi le seuil absolu de 120 dB. Ces foisonnements de dépassements des seuils de bruits recommandés et absolus laissent entendre qu'ils ont un impact important sur les communautés régionales. Les faibles niveaux sonores peuvent causer différents effets préjudiciables sur la santé et le bien-être des résidents, allant de l'inconfort et du stress à des problèmes auditifs et autres problèmes de santé plus sévères.

3.2 DISCUSSION

Les études existantes mettent en évidence une corrélation significative entre l'exposition au bruit et diverses pathologies cardiovasculaires, ce qui est confirmé par [9]. En effet, les bruits élevés, notamment ceux générés par les activités industrielles et minières, sont reconnus comme des facteurs de stress environnemental majeurs, pouvant entraîner des affections telles que l'hypertension, les crises cardiaques, et les accidents vasculaires cérébraux (AVC) [14]. Ces effets sont d'autant plus prononcés lorsque l'exposition est chronique et se produit à des niveaux sonores élevés, comme c'est souvent le cas dans les zones riveraines des sites miniers.

En plus des effets cardiovasculaires, les nuisances sonores ont été largement associées à des troubles du sommeil, une augmentation du niveau de stress et des problèmes de santé mentale [13]. Le sommeil perturbé est particulièrement préoccupant, car il joue un rôle crucial dans la régulation des fonctions corporelles et mentales. Des perturbations répétées peuvent entraîner une fatigue chronique, une diminution de la concentration, et une dégradation générale de la qualité de vie. Ces effets combinés soulignent l'importance de mesures proactives pour limiter l'exposition des populations riveraines aux bruits industriels.

Les données collectées montrent que les niveaux de bruit les plus élevés sont enregistrés durant la journée, période d'activité intense des engins et des trains miniers. Ces observations mettent en lumière l'urgence d'instaurer des stratégies d'atténuation ciblées. Outre l'installation de barrières acoustiques, dont l'efficacité pour réduire le bruit du trafic est bien documentée [12, 15], d'autres approches peuvent être envisagées. Par exemple, la mise en œuvre de zones tampons végétalisées autour des sites miniers pourrait non seulement absorber une partie du bruit, mais aussi contribuer à la réhabilitation environnementale. Par ailleurs, la révision des horaires de passage des trains, afin de limiter leur activité pendant les heures de pointe, ainsi qu'une maintenance rigoureuse des équipements, sont des mesures préventives qui pourraient significativement réduire les nuisances sonores.

Il est également essentiel de considérer les impacts socio-économiques et psychosociaux de ces nuisances. Les populations vivant à proximité des mines sont souvent vulnérables et peuvent ne pas avoir les ressources nécessaires pour se protéger ou atténuer ces effets. Ainsi, des programmes de sensibilisation et de formation sur les risques liés au bruit, ainsi que des consultations régulières avec les communautés affectées, devraient être intégrés dans les stratégies de gestion du bruit.

Enfin, il convient de développer des politiques à long terme pour une gestion durable du bruit dans les zones minières. Cela pourrait inclure des normes plus strictes sur les niveaux sonores admissibles, l'incorporation de technologies plus silencieuses dans les opérations minières, et une planification urbaine qui prend en compte l'impact du bruit sur la santé publique. En somme, une approche holistique

qui combine mesures immédiates et vision à long terme est nécessaire pour protéger la santé des individus exposés aux bruits des activités minières.

4 CONCLUSION

L'analyse de l'impact du bruit sur les communautés riveraines de la mine de Sangarédi (concession CBG) souligne les conséquences préjudiciables du bruit industriel sur les populations voisines de la mine de Sangarédi. Les résultats de cette étude confirment les études précédentes concernant les conséquences néfastes du bruit environnemental sur la santé des individus. Il est essentiel d'adopter des mesures de réduction du bruit pendant la journée afin de diminuer les perturbations sonores et préserver la santé des communautés voisines des zones minières. Les preuves scientifiques fournies par [16], [13], et [15] renforcent l'argument en faveur d'une gestion proactive et rigoureuse du bruit environnemental.

REMERCIEMENTS

Nous tenons à remercier le Centre d'Excellence Mines et Environnement Minier (CEA-MEM) et l'ensemble du personnel de l'Institut National Polytechnique Félix Houphouët-Boigny de Yamoussoukro pour leurs franches collaborations; le Ministère guinéen de l'Enseignement Supérieur, de la Recherche Scientifique et de l'Innovation de la république de Guinée, en général et en particulier, la Direction Générale de l'Institut Supérieur des Mines et de la Géologie de Boké, pour leurs soutiens dans ce travail.

REFERENCES

[1] K. G. Ada, G. Ouattara and A. F. Ndia. «Prediction of Noise Generated by Blast at the Hiré Gold Mine, Cote d'Ivoire». International Journal of Environmental Monitoring and Analysis, vol. 10, no. 4, pp.104-110, 2022. https://doi.org/10.11648/j.ijema.20221004.12.

[2] L. Driad-Lebeau, N. Lokmane, J. F Semblat and G. Bonnet. «Local amplification of deep mining induced vibrations Part 1: Experimental evidence for site effects in a coal basin». Soil Dynamics and Earthquake Engineering«, vol. 29, Issue 1, pp. 39-50, 2009. https://doi.org/10.1016/j.soildyn.2008.01.014.

[3] Kourouma D. L. Évaluation des impacts environnementaux du projet d'exploitation des gisements de bauxite de N'Dangara et de Boundou Waadé en Guinée, 2007.

[4] Berdoudi, S. Etude de la mecanique de tir des roches par utilisation des modeles reduits dans les conditions algerriennes, Université BADJI MOKHTAR Annaba, Faculté des sciences de la terre, 149p., 2008.

[5] K.-S. Swenja, D. Andreas, S. Sebastian, M. Oelze, K. Frenis, S. Kalinovic, A. Heimann, F. P. Schmidt, A. Pinto, M. Kvandova, K. Vujacic-Mirski, K. Filippou, M. Dudek, M. Bosmann, M. Klein, T. Bopp, O. Hahad, P. S. Wild, K. Frauenknecht, A. Methner, E. R. Schmidt, S. Rapp, H. Mollnau and T. Münzel. *«Crucial role for Nox2 and sleep deprivation in aircraft noise-induced vascular and cerebral oxidative stress, inflammation, and gene regulation». European Heart Journal,* 39 (38), pp. 3528-3539, 2018. https://doi.org/10.1093/eurheartj/ehy333.

[6] E. Balomenos, I. Gianopoulou, D. Panias and I. Paspaliaris. «Efficient and complete exploitation of the bauxite residue (red mud) produced in the Bayer Process». Conference: European Metallurgical Conference (EMC-2011), vol. 3, pp.745-757, 2011.

[7] D. Brough and H.Jouhara. «The aluminium industry: A review on state-of-the-art technologies, environmental impacts and possibilities for waste heat recovery». International Journal of Thermofluids, 1-2, 100007, 2020. https://doi.org/10.1016/j.ijft.2019.100007.

[8] I. K. Kourouma, O. H. Bah, A. Gbilimou and S. Bangoura. «Study of certain technical aspects of the rehabilitation of bauxite mining sites operated at the Sangarédi mine (Parawi deposit, Compagnie des Bauxites de Guinée mining concession; CBG) ». World Journal of Advanced Research and Reviews, vol. 21, no. 2, pp. 607-617, 2023. https://doi.org/10.30574/wjarr.2024.21.2.2667.

[9] W. Babisch. *«Noise and Health». Environmental Health Perspectives,* vol. 113, pp. 14-15, 2005. http://dx.doi.org/10.1289/ehp.113-a14.

[10] A. Li, L. Pei, M. Zhao, J. Xu, Y. Mei, R. Li and X. Qun. «Investigating potential associations between O_3 exposure and lipid profiles: A longitudinal study of older adults in Beijing». Environment International, vol. 133, Part A, 105135, 2019. https://doi.org/10.1016/j.envint.2019.105135.

[11] E. Smith, B. Williams-Jones, Z. Master, V. Larivière, C. R. Sugimoto, A. Paul-Hus, M. Shi, E. Diller, K. Caudle and D. B. Resnik. *«Researchers' Perceptions of Ethical Authorship Distribution in Collaborative Research Teams»*. Science and Engineering Ethics, vol. 26 (5), pp. 1995-2022, 2019. https://doi.org/10.1007/s11948-019-00113-3.

[12] Allard M.-A. Développement d'un outil d'évaluation des effets du processus de sautage en milieu urbain. École de technologie supérieure, Université du Québec, 104 p. 2020.

[13] T. Münzel, F. P. Schmidt, S. Steven, J. Herzog, A. Daiber and M. Sørensen. *«Environmental Noise and the Cardiovascular System». Journal of the American College of Cardiology,* vol. 71, Iss. 6, pp. 688-697, 2018. https://doi.org/10.1016/j.jacc.2017.12.015.

[14] F. Faramarzi, E. M. A. Farsangi and H. Mansouri. «Simultaneous investigation of blast induced ground vibration and airblast effects on safety level of structures and human in surface blasting». International Journal of Mining Science and Technology, vol. 24, pp. 663-669, 2014. https://dx.doi.org/10.1016/j.ijmst.2014.07.006.

[15] L. Goines and L. Hagler. *«Noise Pollution: A Modem Plague». Southern Medical Journal,* vol. 100 (3), pp. 287-294, 2007. https://doi.org/10.1097/SMJ.0b013e3180318be5.

[16] D. Naish, A. C. Tan and N. F. Demirbilek. «A review of road traffic noise indicators and their correlation with the LA10 (18hour) ». In Mee, D & Hillock, I (Eds.) Proceedings of the Annual Conference on the Australian Acoustical Society (Acoustics 2011): Breaking New Ground. The Australian Acoustical Society, Australia, pp. 1-8, 2011.

International Journal of Innovation and Applied Studies
ISSN 2028-9324 Vol. 43 No. 4 Oct. 2024, pp. 918-931
© 2024 Innovative Space of Scientific Research Journals
http://www.ijias.issr-journals.org/

Dynamique et prévision des changements d'usage des sols de l'Agro-forêt de Haute Dodo (Sud-Ouest de la Côte d'Ivoire)

[Dynamics and forecasting of land-use change in the Haute Dodo agroforest (southwestern Côte d'Ivoire)]

Yaya Doumbia[1], Atsu Dogbeda Hlovor[2], Béh Ibrahim Diomande[1], and Kouami Kokou[3]

[1]Département de Géographie, Géographie physique, Université Alassane Ouattara, Bouaké, Côte d'Ivoire

[2]Laboratoire de Recherche Forestière, Université de Lomé, Lomé, Togo

[3]Centre de Recherche sur le Changement Climatique, Université de Lomé, Lomé, Togo

Copyright © 2024 ISSR Journals. This is an open access article distributed under the ***Creative Commons Attribution License***, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

ABSTRACT: The Haute Dodo Agroforest has experienced a significant reduction in forest cover over the decades. In this context, the aim of this study is to analyze the dynamics of forest cover from 1986 to 2020 and from 2020 to 2050 for the land cover of the Haute Dodo Agro-forest. The methodological approach used is based on the use of geographic information systems (GIS) and prospective scenarios built using Land Change Modeler. The results show that crop-fallow and bare soil-habitat mosaics increase significantly, while wetlands and dense forests decrease significantly. The increase in bare soil-habitat mosaics and crop-fallow mosaics demonstrates the dominant role of human activities in land use dynamics. By 2050, the «Business As Usual» scenario shows a 6.82% decrease in dense forests, while the «Rapid Economic Growth» scenario shows an 8.41% decrease in dense forests. The «environmental sustainability coordinated» scenario, on the other hand, shows an 18.49% increase in the area of dense forest. These decision-support tools are relevant elements in the implementation of a policy aimed at reversing deforestation trends.

KEYWORDS: Agro-forestry, land use, deforestation, forecasting.

RESUME: L'Agro-forêt de Haute Dodo connaît une réduction importante de son couvert forestier au fil des décennies. Dans un tel contexte, l'objectif de cette étude est d'analyser la dynamique du couvert forestier de 1986 à 2020 et de 2020 à 2050 de l'occupation du sol de l'Agro-forêt de Haute Dodo. L'approche méthodologique utilisée est basée sur l'utilisation de systèmes d'information géographique (SIG) et de scénarios prospectifs construits à l'aide de Land Change Modeler. Les résultats montrent que les mosaïques de culture-jachère et sols nus-habitats augmentent significativement, tandis que les zones humides et les forêts denses diminuent significativement. La hausse des mosaiques de sols nus-habitats et des cultures-jachères montre le rôle dominant des activités humaines dans la dynamique de l'usage des sols. D'ici 2050, le scénario «Business As Usual» montre une diminution de 6,82 % des forêts denses, tandis que le scénario «Rapid Economic Growth» montre une diminution de 8,41 % des forêts denses. Le scénario «environmental sustainability coordinated», quant à lui, montre une hausse de 18,49 % de la surface de forêts denses. Ces outils d'aide à la décision sont des éléments pertinents dans la mise en œuvre d'une politique visant à inverser les tendances à la déforestation.

MOTS-CLEFS: Agro-forêt, utilisation des terres, déforestation, prévision.

Corresponding Author: Yaya Doumbia

1 INTRODUCTION

Depuis 1990, plus de 129 millions d'hectares de forêts ont été détruites à travers le monde [1]. À cette date, les forêts couvraient plus de 4,128 milliards d'hectares soit 31,6% de la surface des terres émergées. En 2015, ce chiffre n'atteint plus que 3,99 milliards d'hectares soit 30,6% de la surface. Le taux de déforestation semble avoir ralenti en passant de 0,18% par an dans les années 90 à 0,08% durant la période 2010-2015, mais malgré ce ralentissement, le déboisement continue. C'est en Afrique que la déforestation a été la plus prononcée entre 2010 et 2015, avec une perte de 2,8 millions d'hectares, suivie de l'Amérique du Sud avec une perte de 2 millions d'hectares sur la même période [1].

Au lendemain de son indépendance, à l'instar de la plupart des pays africains, la Côte d'Ivoire a orienté sa politique de développement socio-économique sur la promotion de l'agriculture et l'exploitation du bois. Cette politique mal encadrée a engendré une ruée massive des populations d'origines diverses vers les zones forestières pour participer à l'essor de l'économique ivoirienne. Cette activité agricole occupe près de 70 % de la population active, contribue pour 26 % à la constitution du PIB et procure 60 % des recettes d'exportation du pays [2]. Cette situation a engendré d'énormes pressions sur le massif forestier. De plus 16 millions d'hectare en 1960, la surface forestière est passée à moins de 2 millions d'hectare en 2015 [3].

Aujourd'hui, les dernières ressources forestières sont en majorité confinées dans les zones protégées. En 2015, 64% des forêts ivoiriennes se trouvaient dans les forêts classées et aires protégées. Cependant, les points critiques actuels de la déforestation sont localisés dans les forêts classées où le taux annuel de déforestation était de 3 % sur la période 1990-2000 et de 4,2 % sur la période 2000-2015 [4]. Il ne restait plus que 844 938 hectares de forêts classées en 2015 contre 2 129 729 hectares en 1990 [5]. La situation forestière du Sud-Ouest de la Côte d'Ivoire illustre bien ce contexte ivoirien. En effet, il est le plus exposé à la disparition du couvert forestier à cause de l'existence d'importants fronts pionniers aux limites des massifs forestiers protégés [6]. Selon une cartographie récente, la dynamique de l'occupation du sol du Sud-Ouest de la Côte d'Ivoire montre une forte dégradation des surfaces forestières au profit des surfaces agricoles de 1986 à 2015. En effet, les formations forestières qui occupaient plus de 46% du Sud-Ouest ivoirien en 1986 sont passées à seulement 13 % en 2015 [7].

En conséquence, les défis actuels de l'administration forestière ivoirienne sont la reforestation du pays avec un taux de couverture forestière de 20% à l'horizon 2040 et la mise en œuvre d'une politique de préservation de la forêt ivoirienne tout en développant l'agriculture [8]. Or, ces défis passent par un suivi régulier de la dynamique des affectations des terres afin de proposer des opportunités de restauration du couvert forestier.

Cette étude vise à prédire l'évolution de l'usage des terres de l'agro-forêt de Haute Dodo dans le Sud-Ouest de la Côte d'Ivoire à l'horizon 2050 à partir de scénarios prospectifs pour une gestion durable surfaces forestières. L'exploration des futurs possibles permettra aux différents acteurs (pouvoirs publics et populations) de prévoir les actions à mener en matière de gestion des ressources forestières dans les aires protégées du Sud-Ouest de la Côte d'Ivoire.

2 MATERIELS ET METHODES

2.1 DESCRIPTION DE LA ZONE D'ÉTUDE

Du point de vue géographique, la forêt classée de Haute Dodo est située au Sud-Ouest de la Côte d'Ivoire dans le district du Bas-Sassandra. Elle se localise entre les latitudes 4°41'21" et 5°26'42" Nord et les longitudes 7°06'13" et 7°25'36" Ouest (Figure 1). Elle est constituée par le massif d'un seul tenant avec une superficie de 196733 ha. Elle relève de la région administrative de San-Pedro. Elle s'étend sur deux départements dont celui de Tabou et de San-Pedro.

Le climat est de type équatorial de transition, avec un régime bimodal, alternant saisons des pluies et saisons sèches. Il s'agit d'une grande saison de pluie d'avril à juin, une petite saison sèche de juillet à août, une petite saison de pluie de septembre à novembre et une grande saison sèche de décembre à mars. La proximité de l'Océan atlantique et de cours d'eau côtiers gouverne la température de ce milieu. Les variations thermiques sont réduites et les températures moyennes oscillent entre 24 et 27 °C dans cette région. La diversité de la topographie donne lieu à des précipitations comprises entre 1200 et 1500 mm par an pour une moyenne de 110 jours cumulée de pluie.

Le contexte biogéographique est complexe. En effet, les formations végétales dominantes sont les forêts sempervirentes et les forêts semi-décidues. Les espèces dominantes sont les espèces à *Eremospatha spp* et à *Diaspyros mannii spp*. Ces formations végétales sont composées de trois grands secteurs biogéographiques: le secteur ombrophile, mésophile et littoral. Le secteur ombrophile est le plus étendu dans cette région.

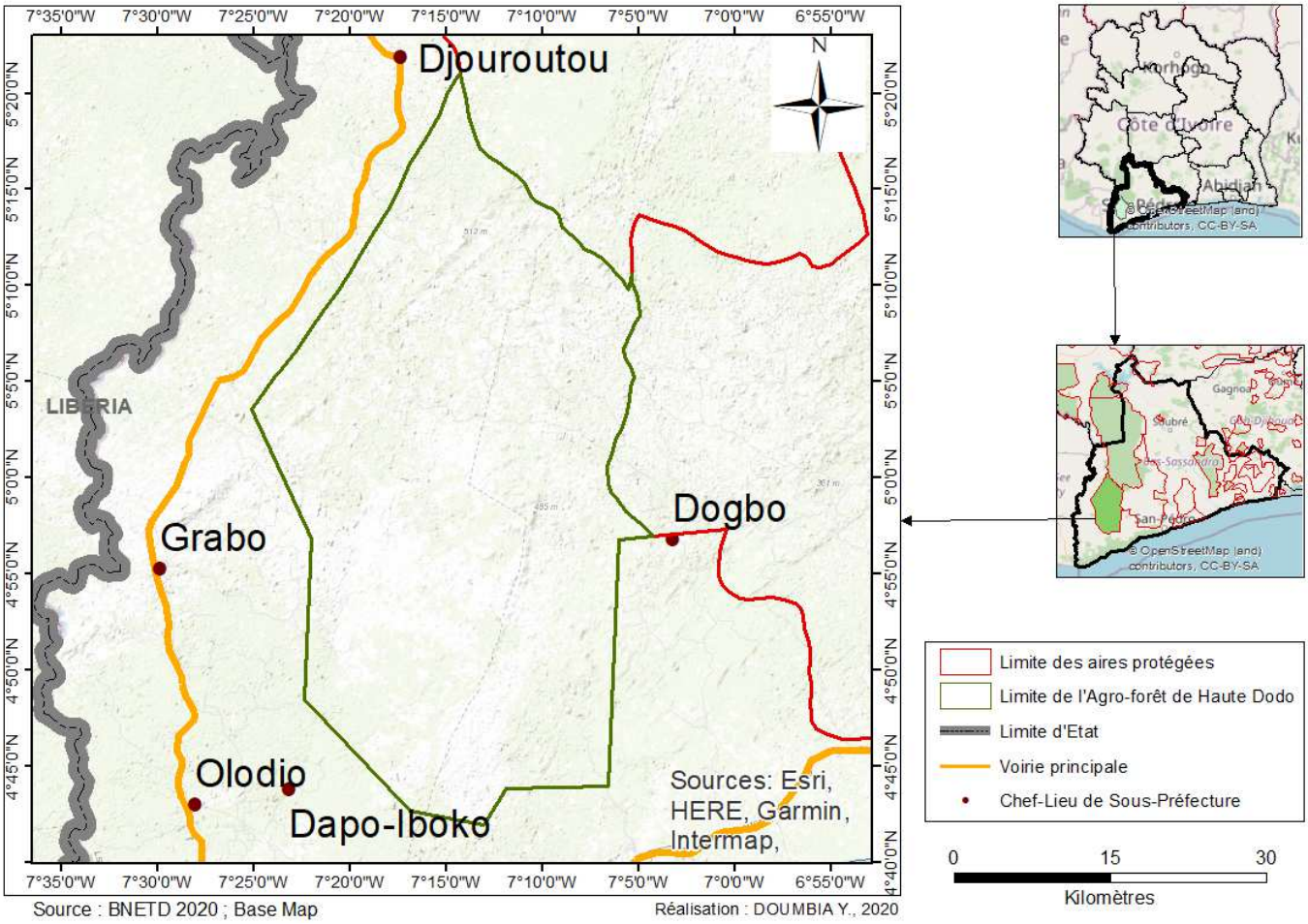


Fig. 1. Localisation de la zone d'étude

Cette forêt abrite un fort potentiel agricole, d'exploitation des ressources forestières et de développement touristique. Les principales cultures qui y sont le *Theobroma cacao,* le *Coffea canephora, l'Elaeis guineensis* et dans une moindre mesure *l'Hevea brasiliensis* et le *Cocos nucifera*.

2.2 MATÉRIELS

Le suivi de la dynamique des surfaces forestières a été réalisé à partir d'images Landsat téléchargées sur le site www.earthexplorer.usgs.gov au format Geotiff (Path 197 et Row 056-057). Les images issues de 3 capteurs de la série Landsat ont été utilisées (Tableau 1). La date de 1986 a été choisie, car précédant l'année 1992 où la gestion de l'ensemble des forêts classées a été confiée à la SODEFOR par arrêté n°033/MINAGRA du 13 février 1992. Le choix de celles de 2000 et 2010 se justifie par le fait qu'elles permettent d'évaluer l'impact du début et la fin de la crise militaro-politique sur la gestion des forêts et aires protégées par l'Etat ivoirien. L'année 2020 permet d'actualiser les données sur l'évolution de la forêt.

Tableau 1. Types d'images satellites utilisés

Type	Date	Format	Résolution	Source
Landsat TM	1986-01-16	Tiff	30	USGS
Landsat ETM+	2000-02-18			
Landsat ETM +	2010-12-29			
Landsat OLI-TIRS	2020-02-12			

Ces images ont été acquises dans la même période de l'année afin de réduire les problèmes de différences des angles solaires, de changements phénologiques de la végétation et de différences d'humidité des sols. La haute résolution spatiale de ces images Landsat a permis de caractériser sans grande difficulté les éléments paysagers forestiers.

2.3 MÉTHODES

Les méthodes de traitement des données se résument aux relevées de points GPS, au prétraitement et au traitement des images satellitaires, la validation de la classification et les méthodes d'évaluation spatiale.

- Relevées de points GPS

Par ailleurs, les relevées GPS, ont été d'un apport déterminant dans la compréhension de la dynamique de surface forestière et l'évaluation statistique des différentes formations d'occupation du sol. La détection des différentes formations d'occupation du sol à partir des seules images satellites reste tout de même laborieuse. Ainsi, plusieurs levés de terrain ont été effectués, pendant la saison sèche (janvier et février) et la saison pluvieuse (mai et juin). Ces levés avaient pour but de faire une reconnaissance spatiale afin d'avoir une estimation précise de la position géographique des formations forestières.

- Prétraitement des images satellitaires

Le prétraitement facilite l'interprétation des images en vue d'une meilleure extraction de l'information géographique. Ce prétraitement se résume à la correction radiométrique et à la correction géométrique.

Cette première étape consiste à passer des valeurs brutes des pixels de l'image à la luminance. Cette dernière est donnée par la formule proposée par [9]:

$$\text{Ly} = \left(\frac{L_{MAXy} - L_{MINY}}{Q_{calmax} - Q_{calmin}}\right) \times (Q_{cal} - Q_{calmin}) + L_{MINy} \quad (1)$$

Où Ly correspond à la bande spectrale brute convertie en luminance, L_{MAXy} et L_{MINy} sont les luminances maximum et minimum de la bande spectrale, fournie dans les métadonnées Landsat, Q_{calmax}, Q_{calmin} correspondant aux valeurs Q_{cal} données dans les métadonnées et Q_{cal} correspondant à la bande brute que l'on veut corriger. Après cette opération, les valeurs des pixels ne sont plus des comptes numériques bruts, mais des pourcentages de réflectance au sol.

Les images Landsat sont téléchargées en format L1T « MTL.txt » et sont donc déjà projetées en coordonnées UTM WGS84. Cependant, comme les images disponibles ont été acquises à différentes dates et par différents capteurs, il est nécessaire de les rendre strictement superposables les unes par rapport aux autres afin d'appliquer une approche multi temporelle et de limiter les erreurs dans les intercomparaisons. Elle implique un calage des images entre elles réalisé à partir de points d'amers. En fonction du nombre et de la répartition spatiale de ces points d'amers, l'image sera plus ou moins bien superposable à une autre en fonction des espaces.

- Traitement des images satellitaires

Cette étape a permis de classifier les images à travers diverses méthodes: la classification non supervisée, le choix de parcelles d'entraînement et la classification supervisée.

La classification non supervisée a été une étape intermédiaire et a permis de parvenir à une simplification radiométrique de l'image brute, rendue plus facilement interprétable et de faire correspondre au mieux la réalité radiométrique à la réalité thématique. Cette étape de la classification a permis d'identifier les différentes formations d'occupation du sol de façon automatique. Pour cette étude, la classification supervisée « Maximum de Vraisemblance (MDV) » a été utilisée pour classifier les images. Cet algorithme est très utilisé dans les classifications supervisées et est considéré comme le plus performant dans le domaine de l'occupation du sol [10].

La validation des cartes d'occupation du sol issues de l'interprétation des images satellitaires a été faite à partir d'une matrice de confusion. Il s'agit en fait d'un tableau à doubles entrées où les classes des unités d'occupation du sol se trouvent en lignes et les données du contrôle-terrain en colonnes. Ce rapport statistique réalisé sur la base des parcelles de contrôles permet d'évaluer la capacité des images satellitaires à discriminer les différentes classes de végétation retenues. Cette validation a été réalisée également à l'aide de l'indice Kappa. Selon [11], l'indice Kappa s'étend de 0 à 1 et se divise en cinq catégories. Il s'agit de la classe de très faible (0 à 0,2); classe de faible (0,21 à 0,4); classe de modéré (0,41 à 0,6); classe de substantiel (0,61 à 0,8) et la classe de presque parfait (0,81 à 1).

➢ Evaluation spatiale des formations forestières

L'analyse diachronique des images a permis de mieux apprécier la dynamique de l'occupation du sol. Les taux de transformation annuelle sont évalués par la formule suivante [12]:

$$T = [1 - \left(\frac{S_1}{S_2}\right)^{\frac{1}{n}} \times 100 \quad (2)$$

Avec T = taux de conversion; S1 = superficie du thème à la date 1; S2 = superficie du thème à la date 2 et n = nombre d'année entre les deux dates (t_2-t_1). La variable considérée est la superficie (S). Ainsi, pour S_1 et S_2, correspondant respectivement à la superficie d'une catégorie d'occupation du sol à la date t_1 et t_2, le taux de transformation et d'expansion spatiale moyen annuel (T) des différentes classes d'occupation du sol.

➢ Caractéristiques de la végétation de l'Agro-forêt de Haute Dodo

Les rapports liés à l'état des formations forestières et des critères physionomiques (le degré de couverture du sous-bois) tels que décrits par [13] et [14] ont respectivement permis d'apprécier la structuration horizontale de chacune des formations végétales. La dénomination des formations végétales rencontrées sont les forêts denses, les forêts claires et les mosaïques de cultures et de jachères (Figure 2).

Fig. 2. Principales formations végétales dans l'Agro-forêt de Haute Dodo
A: Forêt dense; B: Forêt claire/dégradée; C: Culture; D: Jachères

Les Forêts denses correspondent aux formations de forêts climaciques fermées ou de "forêts noires" décrites par [15]. Ces formations regroupent les forêts humides denses, les forêts marécageuses, les forêts périodiquement inondées et les forêts ripicoles. Les Forêts dégradées correspondent aux forêts secondaires selon la classification de [16]. Une sorte de broussaille s'installe et est remplacée par une petite forêt de type secondaire. Le deuxième facteur de dégradation est la coupe fréquente de bois de grume qui crée des trouées plus ou moins grandes dans la canopée. Les mosaïques de cultures et de Jachères constituent la phase la plus avancée de la dégradation de la végétation comparativement aux forêts secondaires [17]. Ces espaces sont occupés par une friche à dominance de *Chromolaena odorata* (Asteraceae).

Pour sélectionner les principales formations végétales en vue d'en faire une cartographie d'occupation du sol, nous nous sommes basés sur les observations de terrain et l'analyse visuelle des images. Ainsi, les missions de terrain ont permis de parcourir les différents paysages étudiés dans l'agro-forêt de Haute Dodo.

- Simulation de l'occupation du sol

La simulation a été faite avec le Land change Modeler (LCM). C'est un modèle générique conçu pour la simulation des changements d'usage des sols [18]. LCM évalue les changements de couverture terrestre entre deux dates T1 (initiale) et T2 (final). Il calcule les modifications et affiche les résultats sous forme statistique et cartographique. Il prévoit le couvert forestier futur sur la base de potentiel de transition relative (Figure 3).

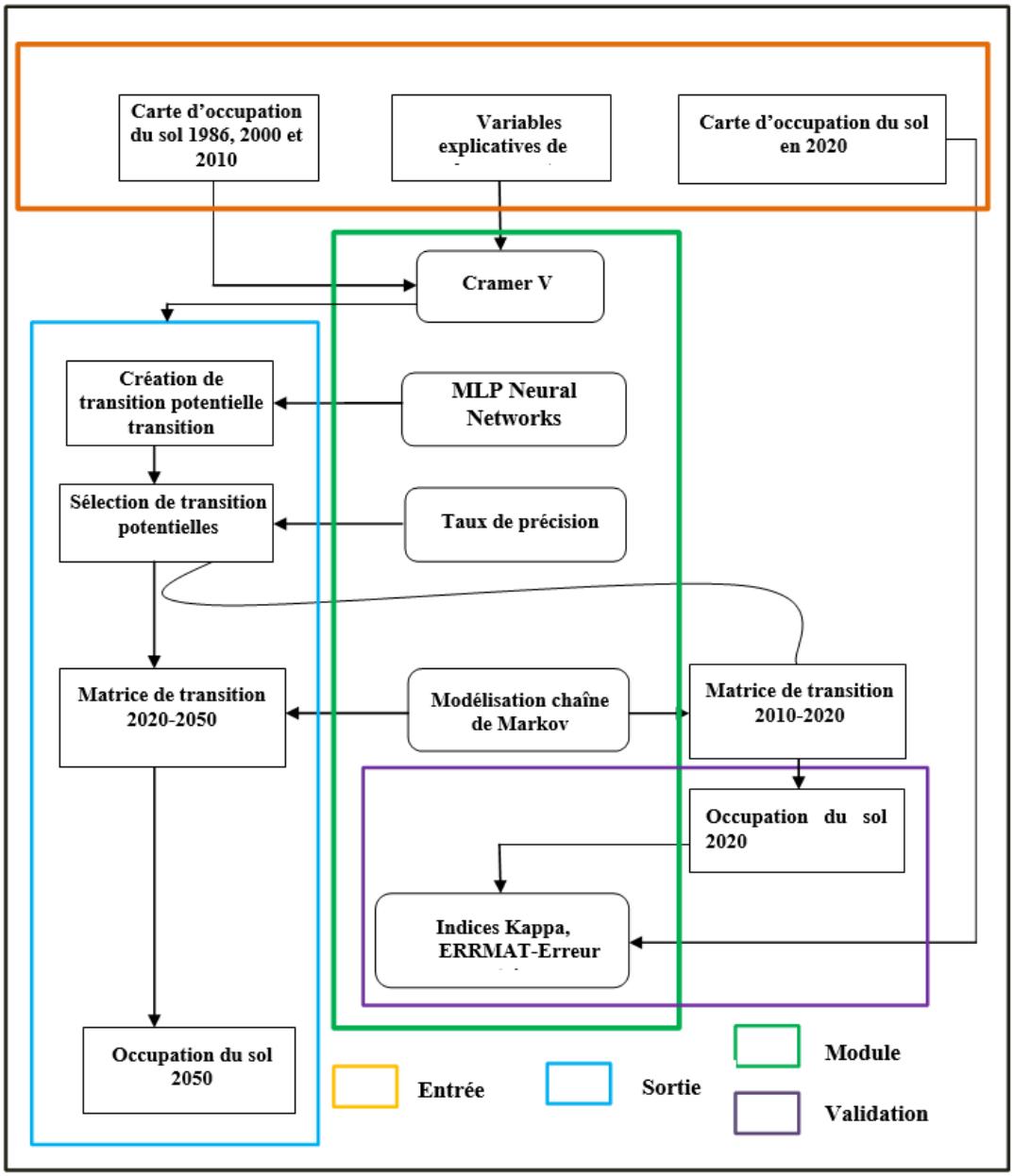


Fig. 3. Diagramme des étapes du modèle Land change Modeler de l'étude

Source: Adapté de Bougoussou G. F., 2017

Ce modèle est constitué de trois étapes majeures: l'entrée de données, les traitements (modules), la validation et les résultats de prédiction. Les variables utilisées dans le modèle d'entrée sont constituées de « distance par rapport aux

habitations », « distance par rapport aux cours d'eau » et « distance par rapport aux routes ». La prédiction des changements d'occupation de sol dans la modélisation LCM se base sur le changement historique de la date T1 à la date T2 des cartes d'occupation du sol pour projeter les scénarios futurs. L'analyse des changements est évaluée entre deux cartes d'occupation du sol (T1 et T2). La procédure d'allocation spatiale des changements d'occupation du sol se fait par affectation multi-objectif (MOLA), qui se couple à l'estimation de la quantité de changement effectuée par des chaînes de Markov. La deuxième étape dans le processus de prédiction est la modélisation du potentiel de transition, où des classes potentielles à se convertir en d'autres classes sont identifiées. Ces cartes de potentiel de transition sont organisées dans un sous-modèle de transition évalué à l'aide des chaines de Markov. Les transitions sont modélisées à l'aide d'un réseau neuronal de perception multicouches (MLP). Les transitions potentielles sont retenues lorsque le taux de précision est supérieur à 70%. Une fois calibré, le modèle est utilisé pour prédire les scénarios futurs. En utilisant les taux historiques de changement, le LCM prédit les scénarios futurs pour une date future spécifiée. La matrice de probabilités de transition affiche la probabilité que chaque formation du sol se transforme en une autre catégorie.

- Description des scénarios utilisés

Dans le cadre de cette étude, trois scénarios ont été élaborés pour prédire l'évolution de l'occupation du sol de l'Agro-forêt de Haute Dodo. Il s'agit de:

- Scénario **"Business As Usual"**

Le scénario 1 est un scénario tendanciel qui part de l'hypothèse de l'absence de nouvelles politiques économiques ou environnementales. C'est un scénario dans lequel les changements futurs des surfaces forestières suivent les tendances observées antérieurement. Il s'appuie sur les données socio-économiques passées et récentes (1986-2020) notamment les activités agricoles et l'exploitation massive des ressources forestières et la croissance démographique.

- Scénario **"Rapid Economic Growth"** ou de rupture redoutée

Ce scénario annonce l'accélération de la dégradation du couvert forestier et l'intensification des actions anthropiques. Dans ce scénario, la croissance démographique et les activités socio-économiques seront très élevées conduisant à une augmentation des surfaces anthropisées. C'est un scénario pessimiste dans lequel aucune disposition n'est prise pour protéger les ressources forestières du milieu d'étude.

- Scénario **"environmental sustainability coordinated"** ou de rupture souhaitée

Le principal objectif du scénario est de protéger le reste des surfaces forestières en encourageant la pratique d'une agriculture durable et d'une exploitation forestière responsable. C'est un scénario dans lequel la législation et les subventions gouvernementales encouragent la multiplication de l'agroforesterie et la protection des ressources ligneuses qui constituent des réservoirs de carbone. Ce scénario envisage une évolution radicale des modes d'exploitation du sol par la préservation intégrale du territoire juridique de l'agro-forêt, une reconquête maximale des zones de cultures et des sols dégradés.

3 RÉSULTATS

3.1 ANALYSE DE LA DYNAMIQUE ACTUELLE DE LA FORET CLASSEE DE HAUTE DODO

La classification a été réalisée avec une précision globale respective de 94,06%, 94,92%, 93,27% et 93,29%. En outre, les indices de Kappa sont estimés respectivement à 0,927 (1986), 0,939 (2000), 0,919 (2010) et à 0,912 (2020). Cette classification a permis d'identifier six unités d'occupation du sol dans la forêt classée de Haute Dodo: forêts denses, forêts dégradées, zones humides, mosaiques de cultures-jachères et mosaiques de sols nus-habitations (Tableau 2).

Tableau 2. Matrice de confusion de la classification supervisée de 1986, 2000, 2010 et 2020

1986	Forêt dense	Forêt dégradé	Cultures-Jachères	Sol nu-Habitation	Zone humide	Cours d'eau
Forêt dense	**99,13**	0	0	0	4,88	0
Forêt dégradé	0,87	**94,81**	6,29	0	0	0
Cultures/jachères	0	3,58	**90,13**	9,43	1,36	0
Sol nu/habitation	0	1,61	3,58	**89,39**	1,17	0
Zone humide	0	0	0	1,18	**92,59**	1,64
Cours d'eau	0	0	0	0	0	**98,36**
Total	100	100	100	100	100	100
Indice Kappa : 0,927						
Précision globale : 94,06						
2000	**Forêt dense**	**Forêt dégradé**	**Cultures-Jachères**	**Sol nu-Habitation**	**Zone humide**	**Cours d'eau**
Forêt dense	**90,77**	2,51	0	0	3,75	0
Forêt dégradé	6,97	**85,39**	5,18	0	0	0
Cultures/jachères	0,38	10,49	**92,39**	7,07	2,63	0
Sol nu/habitation	0	1,61	0	**90,99**	3,43	0
Zone humide	1,88	0	2,43	1,94	**87,76**	1,43
Cours d'eau	0	0	0	0	2,43	**98,57**
Total	100	100	100	100	100	100
Indice Kappa : 0,939						
Précision globale : 94,92						
2010	**Forêt dense**	**Forêt dégradé**	**Cultures-Jachères**	**Sol nu-Habitation**	**Zone humide**	**Cours d'eau**
Forêt dense	**98,44**	0	0	0	5,08	0
Forêt dégradé	1,09	**90,08**	7,82	0	1,42	0
Cultures/jachères	0,47	8,01	**87,49**	9,33	1,21	0
Sol nu/habitation	0	1,91	4,69	**90,18**	3,14	0
Zone humide	0	0	0	0,49	**89,15**	2,14
Cours d'eau	0	0	0	0	0	**97,86**
Total	100	100	100	100	100	100
Indice Kappa : 0,919						
Précision globale : 93,27						
2020	Forêt dense	Forêt dégradé	Cultures-Jachères	Sol nu-Habitation	Zone humide	Cours d'eau
Forêt dense	**92,39**	0	0	0	5,33	0,32
Forêt dégradé	2,74	**86,5**	8,29	0	0	0
Cultures/jachères	0,42	11,65	**88,97**	5,21	0	0
Sol nu/habitation	0,28	1,68	1,71	**93,67**	0	0
Zone humide	4,17	0,17	1,03	1,12	**93,89**	3,19
Cours d'eau	0	0	0	0	0,78	**96,49**
Total	100	100	100	100	100	100
Indice Kappa : 0,912						
Précision globale : 93,29						

De façon générale, ces unités d'occupation du sol sont bien classifiées avec une précision supérieure à 90% et un indice de Kappa compris entre 0,81 et 1.

3.2 DISTRIBUTION SPATIALE DES ENTITES D'OCCUPATION DU SOL

En 1986, la physionomie de cette forêt était largement dominée par la forêt dense avec une superficie de 120324 ha (Figure 4). Cette végétation a connu une réduction passant ainsi à une superficie de 96635 ha en 2000 à 30752 ha en 2010 et à 12753 ha en 2020 (Tableau 3). Par ailleurs, l'on remarque une hausse des mosaïques cultures-jachères et celles de sols nus-

habitations. Les surfaces de mosaïques de cultures-jachères sont passées de 4659 ha en 1986 à 38845 ha en 2000 puis à 65960 ha en 2010 et à 77960 ha en 2020.

En ce qui concerne la mosaïque de sols nus-habitations, elle est passée de 5842 ha en 1986 à 19412 ha en 2000, puis à 15722 ha en 2010 et à 58622 ha. L'accroissement du taux d'infiltration dans cette forêt classée témoigne de la régression dans le même temps du couvert végétal de ladite forêt. En effet, l'année 2000 coïncide avec le début de la crise politico-militaire qu'a connue la Côte d'Ivoire.

Un deuxième facteur affectant les superficies, bien que moins important, est la variation du niveau des plans d'eau. Les surfaces de forêt dense, de forêt dégradée et de zones humides ont connu une régression avec des taux respectif de -1,53%, -12,10% et -0,43% entre 1986 et 2000. Par contre, les surfaces de cultures-jachères, les surfaces anthropisées et dénudées ont progressé respectivement de 5,50% et de 4,37% annuellement.

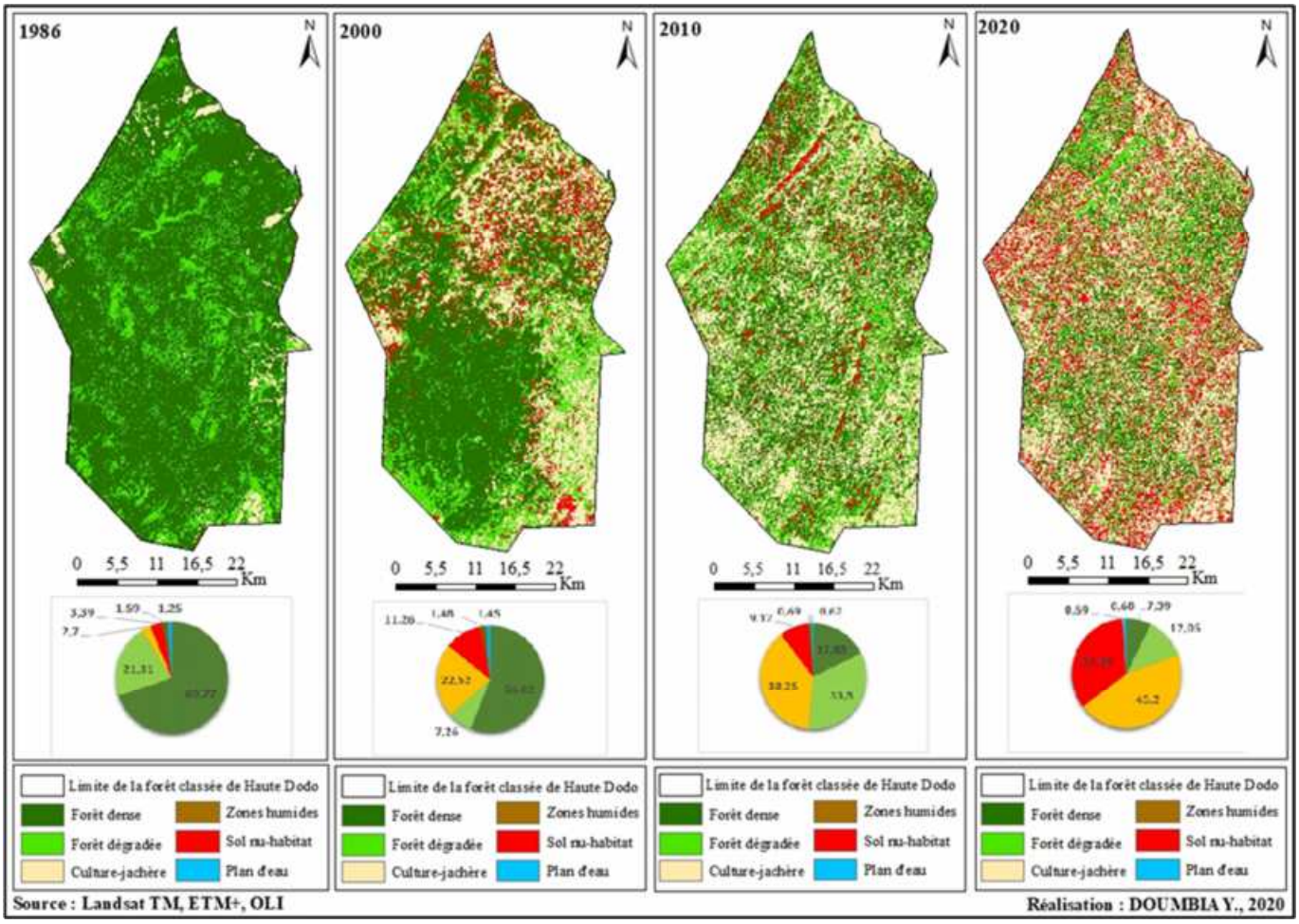


Fig. 4. Occupation du sol de l'Agro-forêt de Haute Dodo

Entre 2000 et 2010, les surfaces de forêts denses, les mosaiques de sols nus-habitations, les zones humides et les cours d'eau ont connu un taux de régression respectifs de -21,42%, -2,35%, -11,59%, -13,48% alors que les mosaiques de cultures-jachères (4,11%) ont connu une progression. De 2010 à 2020, les régressions annuelles les plus importantes concernent les surfaces de forêts denses (-14,11%) et de forêts dégradées (-17,81%). Les mosaiques de sols nus-habitations et de cultures-jachères ont progressé respectivement de 7,32% et de 1,54%.

Tableau 3. Catégories d'occupation du sol dans la forêt classée de Haute Dodo

Année	1986		2000		2010		2020	
Formation	Surf. (ha)	Prop. (%)	Surf. (ha)	Prop. (%)	Surf. (ha)	Prop. (%)	Surf. (ha)	Prop. (%)
FD	120324	69,77	96635	56,03	30752	17,83	12753	7,39
FE	36743	21,31	12514	7,26	57778	33,50	20778	12,05
CJ	4659	2,7	38845	22,52	65960	38,25	77960	45,20
SNH	5842	3,39	19412	11,26	15722	9,12	58622	33,99
ZH	2737	1,59	2559	1,48	1186	0,69	1185	0,69
CE	2158	1,25	2498	1,45	1064	0,62	1164	0,68
Total	172463	100	172463	100	172463	100	172463	100

FD: Forêt dense; FE: Forêt dégradée; CJ: Cultures/Jachères; SNH: Sol nu/habitations; ZH: Zone humide; CE: Cours d'eau

3.3 Évolution Future De L'occupation Du Sol De La Foret Classee De Haute Dodo

L'évolution future de l'occupation du sol dans la forêt classée de Haute Dodo met en évidence des changements opérés par les unités paysagères à l'horizon 2050 selon le scénario envisagé avec une certitude de 72,12%. Ces changements montrent l'apparition de nouvelles surfaces de cultures/jachères selon les scénarios 1 et 2 et une régénérescence de la végétation selon le scénario 3. En 2070, l'on constate un maillage de toute la forêt par les cultures-jachères. Ce constat est visible dans la mesure où les surfaces de forêts naturelles diminueront au fil des années. Les cartes d'occupation indique une progression des mosaïques de cultures-jachères, des mosaiques de sols nus-habitations et des forêts dégradées (Figure 5).

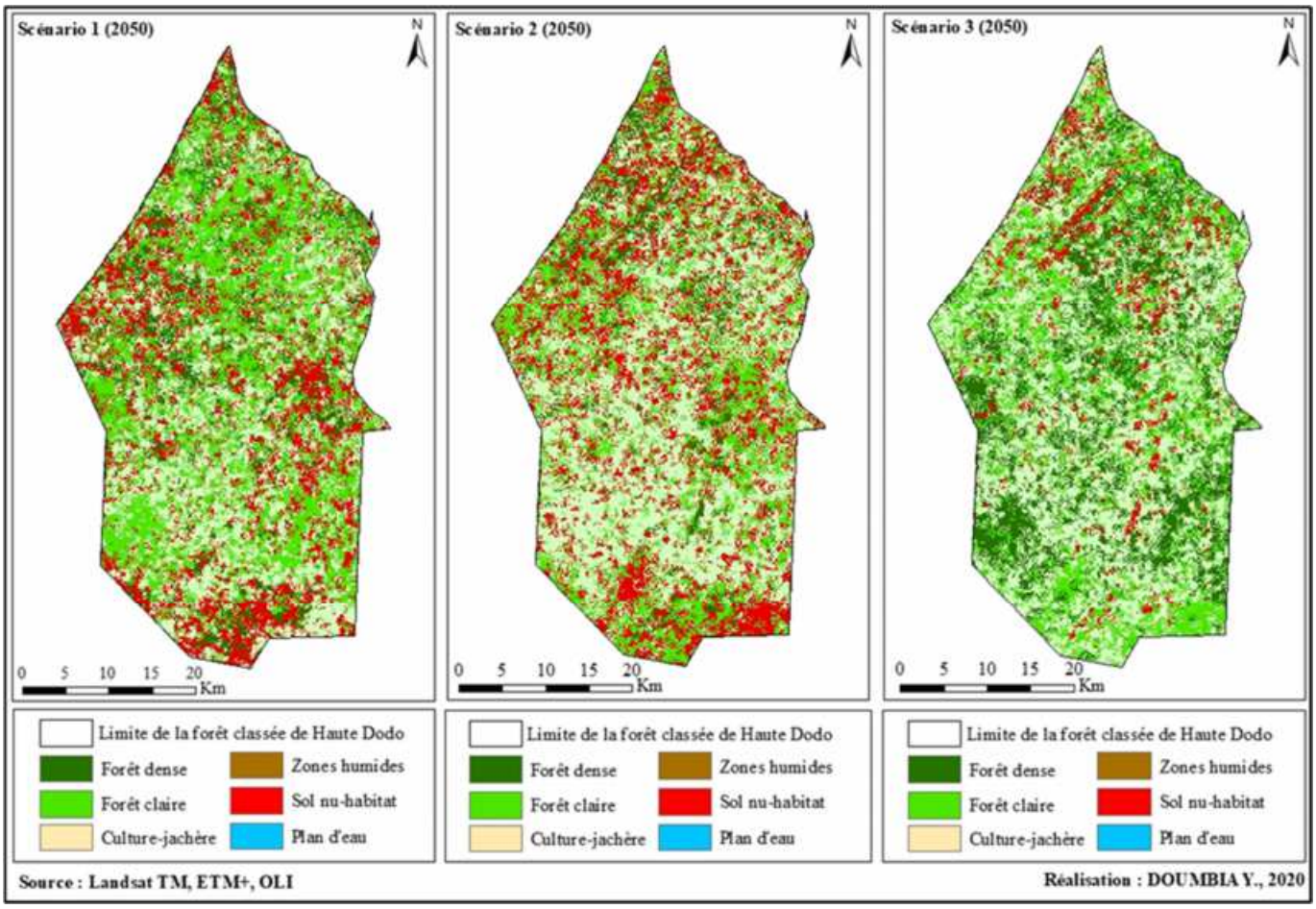


Fig. 5. Changements futurs de l'occupation du sol de 2050 de l'Agro-forêt de Haute Dodo

L'analyse de la matrice de Markov a permis d'obtenir les probabilités de transitions de chaque classe d'occupation du sol à se transformer en d'autres classes au cours de la période considérée (2020-2050). Le scénario 1 met en évidence une tendance régressive au profit de la forêt dégradée, mosaïques de cultures-jachères et mosaïques de sols nus-habitations (Tableau 4). La forêt dégradée regressera également au profit des cultures-jachères et sols nus/habitations.

Tableau 4. Probabilité de transition entre 2020 et 2050 selon le scénario "Business As Usual"

2020-2050	FD	FE	CJ	SNH	ZH	CE
FD	0,09	0,28	0,47	0,37	0	0
FE	0	0,1	0,24	0,31	0,01	0,01
CJ	0	0,03	0,14	0,21	0	0
SNH	0,01	0,04	0,2	0,07	0,01	0
ZH	0,1	0,27	0,33	0,38	0,03	0,05
CE	0	0	0,05	0	0	0

FD: Forêt dense; FE: Forêt dégradée; CJ: Cultures/Jachères; SNH: Sol nu/habitations; ZH: Zone humide; CE: Cours d'eau

Quant aux mosaïques de cultures/jachères, elles seront remplacées par les sols nus/habitations avec une probabilité de 0,21. En ce qui concerne les mosaiques de sols nus-habitations, elles auront une possibilité de se transformer en cultures-jachères avec une probabilité de 0,2. Enfin les zones humides baisseront au profit des forêts dégradées, des mosaïques de cultures-jachères et des mosaïques de sols nus/habitations.

Quant au scénario 2, il a mis en évidence une hausse des surfaces de cultures-jachères. Ainsi le recul de la végétation naturelle se fera au profit de la forêt dégradée, cultures-jachères et sols nus-habitations (Tableau 5). Les surfaces de forêts dégradées baisseront au profit des cultures-jachères et sols nus-habitations. Les cultures-jachères seront remplacées par les surfaces de sols nus/habitations. Les sols nus-habitations se transformeront en cultures-jachères avec une probabilité de 0,22. Les zones humides se transformeront en forêt dégradée, cultures-jachères et sols nus-habitations.

Tableau 5. Probabilité de transition entre 2020 et 2050 selon le scénario "Rapid Economic Growth"

2020-2050	FD	FE	CJ	SNH	ZH	CE
FD	0,03	0,32	0,25	0,35	0	0
FE	0	0,01	0,31	0,38	0,03	0,02
CJ	0	0,15	0,09	0,33	0	0
SNH	0	0	0,22	0,08	0	0
ZH	0,11	0,31	0,34	0,37	0,03	0
CE	0	0	0	0,16	0,14	0,2

FD: Forêt dense; FE: Forêt dégradée; CJ: Cultures/Jachères; SNH: Sol nu/habitations; ZH: Zone humide; CE: Cours d'eau

Par ailleurs, le scénario 3 est marquée par une tendance régressive des surfaces artificialisées. Ainsi, les surfaces de forêts denses progresseront au détriment de forêts dégradées, des mosaïques de cultures/jachères et sols nus/habitations (Tableau 6). Les forêts dégradées seront remplacées par les sols nus/habitations et cultures/jachères. Les mosaiques de cultures-jachères seront remplacées par les sols nus-habitations avec une probabilité de 0,44. En ce qui concerne les surfaces de sols nus-habitations, elles auront une probabilité de 0,26 d'être remplacées en mosaïques de cultures-jachères. Les zones humides seront transformées en mosaiques de cultures-jachères et celles de sols nus-habitations avec une probabilité respective de 0,31 et 0,28. Ainsi, le scénario 1 est marqué par une tendance régressive du domaine forestier dense.

Tableau 6. Probabilité de transition entre 2020 et 2050 selon le scénario "environmental sustainability coordinated"

2020-2050	FD	FE	CJ	SNH	ZH	CE
FD	0	0,41	0,4	0,35	0	0
FE	0	0,03	0,41	0,43	0	0
CJ	0	0,12	0,06	0,44	0	0
SNH	0	0,11	0,26	0,33	0	0
ZH	0,1	0,09	0,31	0,28	0,23	0
CE	0	0	0	0,13	0,1	0,1

FD: Forêt dense; FE: Forêt dégradée; CJ: Cultures/Jachères; SNH: Sol nu/habitations; ZH: Zone humide; CE: Cours d'eau

Il met en évidence l'accroissement des espaces anthropisés notamment les forêts dégradées, cultures-jachères et sols nus-habitations au détriment des forêts denses et des zones humides. Il est également noté une baisse significative des cours d'eau dans ce scénario en 2050 dans cette forêt classée.

De même le scénario 2 marque un recul remarquable des espaces naturels (-10,95% de forêts denses et -6,67% de zones humides et -7,19% de cours d'eau). Aussi, projette-il une progression significative des espaces anthropisés (31,34% de forêts dégradées, 29,86% de surfaces de cultures-jachères) (Tableau 7). Par contre le scénario 3 marque une évolution nettement par rapport à 2020 avec une régression générale des surfaces anthropisées avec -17,21% des surfaces de cultures-jachères et -36,09% des surfaces des sols nus-habitations au profit des surfaces naturelles boisées (forêts denses (+18,69%) et zones humides (+7,11%)). Il sera constaté une stabilité des cours d'eau (1,09%).

Tableau 7. Évolution des changements d'occupation du sol en 2050 par rapport à la situation en 2020 selon le scénario envisagé

Catégories	2020		Scénario 1	Scénario 2	Scénario 3
	Surface (ha)	Proportion (%)	Évolution (%)	Évolution (%)	Évolution (%)
FD	57 992	33,63	-6,82	-8,41	18,69
FE	37371,64	21,67	9,95	-10,95	15,05
CJ	35960,03	20,85	22,08	31,34	-17,21
SNH	2 164	1,25	28,8	29,86	-36,09
ZH	2 185	1,27	-2,82	-6,67	7,11
CE	36 790	21,33	-7,18	-7,19	1,09
Total	172463,16	100			

FD: Forêt dense; FE: Forêt dégradée; CJ: Cultures/Jachères; SNH: Sol nu/habitations; ZH: Zone humide; CE: Cours d'eau

4 DISCUSSION

A la lumière de ces analyses, on peut dire que le couvert végétal est sous l'influence des activités humaines dans l'Agro-forêt de Haut Dodo. Les formations végétales naturelles (forêts denses et zones humides) ont régressé au profit des formations végétales anthropisées (mosaïque de cultures et de jachères). Ces résultats sont en accord avec ceux [7] dans le sud-ouest de la Côte d'Ivoire. En effet, ils notent dans leur étude une disparition alarmante du couvert forestier depuis 1986 à cause de la coupe illégale de bois et l'expansion de l'exploitation industrielle. Des causes similaires sont observées dans plusieurs pays tropicaux notamment la Tanzanie, le Bénin et le Togo où les populations exploitent les terres forestières encore disponibles dans les aires protégées pour satisfaire leurs besoins fonciers et alimentaires croissants. Dans ces pays, l'exploitation agro-industrielle ou la construction d'infrastructures de développement sont responsables de moins de 3% des pertes de surfaces forestières ([19]; [20], [21]).

Globalement, la tendance évolutive des formations végétales dans cette étude est régressive au profit de celle des formations anthropiques. L'augmentation de ces entités d'occupation des sols peut s'expliquer par la croissance rapide de la population et donc par le besoin de nourriture et d'espace viable. Ceci est en accord avec l'étude de [22] menée dans le secteur de Natitingou-Boukombé (Nord-Ouest du Bénin) et qui explique la demande croissante en terres cultivées. Ces résultats confirment l'hypothèse d'un scénario tendanciel selon laquelle la tendance régressive du couvert végétal semble se poursuivre dans le futur avec les pratiques actuelles d'utilisation des terres forestières.

Par ailleurs, une variété de modèles a été développée pour simuler les changements futurs de l'occupation du sol depuis le début des années 1970. Il s'agit des modèles de télédétection et des modèles Statistiques. Parmi ces modèles, l'on peut citer les modèles CA MARKOV et Land Change Modeler sur IDRISI, CLUE-S, DINAMICA, modèle Automate Cellulaire (SpaCell) et le modèle de réseaux des neurones. Certains modèles sont développés pour simuler et explorer l'occupation actuelle des terres, alors que d'autres s'intéressent aux changements possibles dans le futur. Le modèle CLUE-S est un modèle de simulation des changements d'occupation du sol qui a été utilisé au Bénin. Il a été utilisé par [23] pour modéliser l'occupation du sol respectivement dans le centre du Bénin et dans le bassin versant de l'Alibori. L'utilisation de ce modèle a permis de constater que dans cette région, l'agriculture itinérante sur-brûlis, l'exploitation incontrôlée des forêts et les feux de végétation feront que d'ici l'horizon 2020 toutes les forêts de cette zone d'étude disparaitront si rien n'est fait.

[24] et [25] ont utilisé le modèle Automate Cellulaire (SpaCell) pour modéliser l'occupation du sol respectivement dans le centre du Bénin et dans le bassin de l'Alibori. L'analyse des projections faites par ces chercheurs avec ce modèle révèle qu'à l'horizon 2020 et 2025, les formations anthropisées (agglomérations, les champs et les jachères) s'étendront au détriment des formations naturelles (forêts galeries, claires, savanes boisées, arborées et arbustives). Par contre [26] a utilisé les réseaux de neurones pour modéliser l'occupation du sol dans les montagnes méditerranéennes (France). Il a travaillé avec une classe particulière de réseaux de neurones, les réseaux multicouches encore appelés perceptrons. Il a par ailleurs comparé les résultats obtenus en tournant ce modèle avec ceux obtenus en tournant les modèles SIG et paramétriques. Au terme de cette étude il a donc constaté une concordance relative des résultats des trois approches. Les taux de prédiction globale des trois méthodes sont très proches: 72.8% (SIG), 74.3% (réseaux neuronaux) et 72.8% (modèle paramétrique).

Quant à [22], il a utilisé le modèle CA MARKOV pour modéliser l'occupation du sol à l'horizon 2031 dans le secteur Natitingou-Boukombé (Nord-Ouest du Bénin). Pour ce faire, en extrapolant les tendances actuelles de l'occupation du sol, il a montré qu'à l'horizon 2031 à travers le scenario Business-As-Usual, le paysage de secteur serait dominé par les mosaïques de cultures et jachères (69,64%). Aussi, l'usage du scénario Croissance Economique Rapide a mis l'accent seulement sur l'accroissement des productions agricoles (73,72%). Pour le scénario Durabilité Environnementale Coordonnée qui intègre la préservation de l'environnement, Il met en évidence un effort de restauration des savanes arborées et arbustives (22,6%). Ceci est similaire au scénario de densification développé par [27] qui encourage la préservation des forêts et limite l'étalement urbain à l'île de la Réunion d'ici 2031. La méthode des scénarios prospectifs spatialisés à l'échelle locale constitue un puissant outil d'aide à la décision pour les gestionnaires de territoires. Les différents scénarios prospectifs conçus tiennent compte des activités socio-économiques développées.

5 CONCLUSION

En somme, de 1986 à 2020, les formations végétales naturelles (forêts denses et zones humides) ont régressé au profit des formations anthropiques (mosaïque culture/jachère et mosaïque sol nu/habitat). La dynamique du couvert entre 1986 et 2020 est donc caractérisée par la reconversion des forêts denses en entités anthropisées. Les différents indicateurs de dégradation du couvert forestier sont la pression agricole, l'exploitation du bois d'œuvre, l'extraction du bois énergie et l'orpaillage clandestin. Les différents acteurs impliqués dans l'exploitation des espaces forestiers sont tous unanimes sur le fait qu'en plus du changement climatique, l'homme est l'un des indicateurs importants responsables de la vulnérabilité des écosystèmes forestiers et de la dégradation des espaces forestiers. L'approche prospective utilisée dans cette étude a permis de comprendre la dynamique actuelle de l'utilisation des terres et de montrer les différentes trajectoires qui risquent de se produire d'ici 2050.

Ainsi, le scénario "Business As Usual" met en évidence la destruction des formations végétales naturelles au profit des formations anthropiques, notamment les mosaïques cultures-jachères et les mosaïques sols nus-habitats d'ici 2050. Le scénario "Coordinated Environmental Sustainability", quant à lui, prévoit une augmentation progressive de la superficie des formations naturelles (forêts denses et dégradées) au détriment des formations anthropiques (cultures/champs et sols nus/établissements). Ce scénario est donc préférable pour la gestion durable des aires forestières. Les différents résultats de ces scénarios peuvent donc servir de référence pour la planification et la gestion durable. Ce scénario inclut donc un effort de préservation de l'écosystème forestier et de restauration des forêts denses humides.

REMERCIEMENTS

Les auteurs remercient le Forum Forestier Africain (AFF) pour le soutien financier et l'Agence Universitaire de la Francophonie (AUF) pour le soutien technique à travers le Centre de recherche sur le changement climatique (CRCC) de l'Université de Lomé (Togo). Ils remercient sincèrement toute l'équipe du Professeur Kouami KOKOU, Directeur du Centre de recherche sur les changements climatiques pour leurs contributions considérables à la réalisation de ce travail.

REFERENCES

[1] FAO, Evaluation des ressources forestières mondiales: Répertoire de données de FRA 2015. Rome, Italie. 253p, 2015.

[2] Banque Mondiale, Pour que demain ne meure jamais: La Côte d'Ivoire face au changement climatique, juillet 2018, septième édition, 64p., 2018.

[3] SEP-REDD+ et FAO, Données de base pour la REDD+ en Côte d'Ivoire: Cartographie de la dynamique forestière de 1986 à 2015. Abidjan, Rome, 2017.

[4] UTCATF, Rapport annuel 2018 - observatoire mondial de l'action climatique non-étatique, 57p., 2018.

[5] REDD+ CI, stratégie nationale REDD+ de la Côte d'Ivoire, 24p., 2017.

[6] T. A. OUATTARA, K. F. KOUAME, D.H. N'DA, Y. T. BROU, V. C. JOFACK SOKENG, A. C. HAUHOUOT, J. KOUADIO, K. KOUAME, J. P. RUDANT, «Utilisation des données LiDAR pour la détection des trouées et des zones de déforestation et de dégradation dans la Forêt Classée de Bolo-Est (Sud-Ouest de la Côte d'Ivoire) ». *2ème Conférence Internationale GEOFORAFRI,* Abidjan, 26 – 28 Janvier 2016.

[7] V. C. JOFACK SOKENG, Y. L. AKPA, T. V. ASSOMA, K. F. KOUAME, S. CORGNE, J. P. RUDANT, T. A. OUATTARA, F. M. SORHO, N. YAO, N. P. KOUAME, «Suivi par télédétection des affectations des terres pour la promotion d'une agriculture intégrée au développement forestier en Côte d'Ivoire», *OSFACO 2019,* 13-15 mars 2019, Cotonou, 18p.

[8] Ministère des Eaux et Forêts, Politique nationale de préservation, de réhabilitation et d'extension des forêts, 24 p., 2018.

[9] G. CHANDER, B. MARKHAM, D. HELDER, «Summary of current radiometric calibration coefficients for Landsat MSS, TM, ETM+ and EO-1 ALI sensors», *Remote sensing of environment* 113 (5), pp.893-903, 2013.

[10] G. R. IRIE, G. E. SORO et T. A. GOULA BI, Changements d'états de surface et évolutions spatio-temporelle des précipitations sur le bassin versant de la Marahoué (Côte d'Ivoire), International Journal of Innovation and Applied Studies ISSN 2028-9324 Vol.13 N°2 Oct.2015, pp.386-397, 2015.

[11] S. CHALIFOUX, N. MIROSLAV, C. LAMONTAGNE, R. LATIFOVIC, «Cartographie de l'occupation et de l'utilisation du sol par imagerie satellite Landsat en hydrologie», *Télédétection,* vol.6, n°1, p.9-17, 2006.

[12] FAO, 1997, Africover Land Cover Classification: Environment and Natural Resources Service (SDRN). 76p.

[13] J. L. GUILLAUMET et E. ADJANOHOUN, «La végétation de la Côte d'Ivoire». *In Le milieu naturel de la Côte d'Ivoire*. Paris: ORSTOM, p.161-263, 1971.

[14] K. KOKOU et A. D. KOKUTSE, «Conservation de la biodiversité dans les forêts sacrées littorales du Togo», *Diversité biologique: Bois et Forêts des Tropiques,* 292, pp.59-70, 2007.

[15] C. Y. ADOU, «Pratiques paysannes et dynamiques de la biodiversité dans la forêt classée de Monogaga». *Thèse de doctorat unique,* MNHN, Paris, France, 233p., 2005.

[16] J. L. TROCHAIN, «Accord interafricain sur la définition des types de végétation de l'Afrique». *Bull. Inst. et. Centrofric*., 13-14, pp.55-93, 1957.

[17] A. BAKAYOKO, «Influence de la fragmentation forestière sur la composition floristique et la structure végétale dans le Sud-Ouest de la Côte d'Ivoire». Thèse, Université de Cocody, UFR Biosciences, Abidjan, 258 p., 2005.

[18] J. R. EASTMAN Ronald, Idrisi Taiga, Guide to GIS and Image Processing: Manual version, 16.02, Clark University, 210.p., 2009.

[19] K. ANOUMOU, «Potentialités des données de télédétection optique et radar libres d'accès pour l'évaluation et le suivi des écosystèmes forestiers tropicaux: étude de cas au Togo, en République Démocratique du Congo, en Guyane française et en République Dominicaine». *Thèse de Doctorat,* Université Paris Est, 258p., 2018.

[20] M. BOULOGNE, «Vulnérabilité des paysages forestiers dans le parc de Ranomafana (Madagascar): dynamiques environnementales et trajectoires agroforestières». *Thèse de Doctorat de Géographie*. Université Grenoble Alpes, 270p., 2016.

[21] B. G. F. BOUSSOUGOU, «Vulnérabilité des paysages forestiers en relation avec les activités humaines et la variabilité climatique en Tanzanie: Analyse prospective des dynamiques de l'occupation du sol des réserves forestières de Pugu et de Kazimzumbwi». *Thèse de Doctorat de Géographie*. Université de La Réunion. 212p., 2017.

[22] B. T. AGBANOU, «Dynamique de l'occupation du sol dans le secteur Natitingou-Boukombé (Nord-Ouest bénin): de l'analyse diachronique à une modélisation prospective». *Thèse de Doctorat de l'Université de Toulouse*. 271p, 2018.

[23] V. OREKAN, «Implémentation du modèle CLUE-s aux transformations spatiales dans le Centre Bénin aux moyens de données socio-économiques et de télédétection». *Thèse de Doctorat de l'Université de Bonn*. Allemagne, 230p.

[24] J. OLOUKOI, V. J. MAMA et F., «Modélisation de la dynamique de l'occupation des terres dans le département des collines au Bénin». *Télédétection,* 2006, vol. 6, n°4, pp.305-323, 2006.

[25] D. ABDOULAYE, «Dynamique de l'occupation des terres et ses incidences sur l'écoulement dans le bassin versant de l'Ouémé à l'exutoire de Bétérou (Nord-Bénin) ». *Doctorat Unique Université d'Abomey-Calavi,* 270p., 2015.

[26] M. PAEGELOW, «Géomatique et géographie de l'environnement: De l'analyse spatiale à la modélisation prospective». *Habilitation à diriger des recherches*. Tome I, Toulouse (France), 211p., 2004.

[27] G. LAJOIE G. et A. HAGEN-ZANKER A., «La simulation de l'étalement urbain à la Réunion. Apport de l'automate cellulaire pour la prospective territorial». *Cybergeo: European Journal of Geography* [En ligne], Systèmes, Modélisation, Géostatistiques. 15 p., 2007.

International Journal of Innovation and Applied Studies
ISSN 2028-9324 Vol. 43 No. 4 Oct. 2024, pp. 932-938
© 2024 Innovative Space of Scientific Research Journals
http://www.ijias.issr-journals.org/

Physicochemical and calorific characterizations of balm from cashew nuts shells (*Anacardium occidentale L.*) from two processing factories in Ivory Coast

Serge Séri GUEDE[1], Fabrice Armel ZORO[2], Abdoulaye TOURE[2], Yanick Kadjo ALLOUAN[2], and Réné Yadé SORO[3]

[1]Laboratory of Biochemistry, Microbiology and Valorization of Agricultural Resources, Institute of Agropastoral Management University Peleforo Gon Coulibaly, PO Box 1328, Korhogo, Côte d'Ivoire

[2]Laboratory of Biotechnology and Valorization of Agroresources and Natural Substances, Training and Research Unit of Biological Sciences, Peleforo GON COULIBALY University, Po.Box- 1328, Korhogo, Côte d'Ivoire

[3]Laboratory of Biotechnology, Training and Reseach Unit of Biosciences Faculty, Felix Houphouët-Boigny University, Po.Box. 582 Abidjan 22, Côte d'Ivoire

Copyright © 2024 ISSR Journals. This is an open access article distributed under the ***Creative Commons Attribution License***, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

ABSTRACT: In Ivory Coast, the cashew nut shells liquid (CNSL) from processing factories is a source of environmental pollution and concern for public health. The valorization of these balm is a promising solution to resolve this problem. Therefore, this study aims to evaluate their physicochemical and calorific characterizations. Shells were collected from two cashew processing factories. Physicochemical and calorific properties of balm extracted from shells by soxlhet were determined. The extraction yield of balm from cashew shells was between 31.98±0.11% and 35.95±0.10%. Hull sample, which had the lowest water content, had the highest extraction yield. Physical and chemical parameters of the extracted balm varied significantly ($P < 0.05$). Its water content, density, viscosity and refractive index oscillated from 1.63±0.03% to 1.93±0.02% respectively; from 0.95±0.00 to 0.98±0.01; from 426.00±6.56 to 465±5.00 mPa.s and from 1.46±0.01 to 1.51±0.05. pH and acid, peroxide, iodine and saponification indices varied from 2.43±0.06 to 2.62±0.04 respectively; from 1.67±0.16 to 2.12±0.14 mg KOH/g; 14.97±0.63 and 16.73±0.41 meq O2/kg; from 100.05±0.07 to 100.72±0.23 g/100g and from 169.08±2.24 to 181.95±6.72 mg KOH/g. Calorific parameters of CNSL also varied significantly ($P < 0.05$). Cetane index and calorific value were between 50.77±1.13 and 53.07±0.44 and between 40.25±0.26 and 40.75±0.09 Kj/Kg, respectively. These results highlight the potential for using the balm from the shells, from cashew nut processing factories, in various non-food industries.

KEYWORDS: cashew nuts, CNSL, extraction, physicochemical, calorific, Ivory Coast.

1 INTRODUCTION

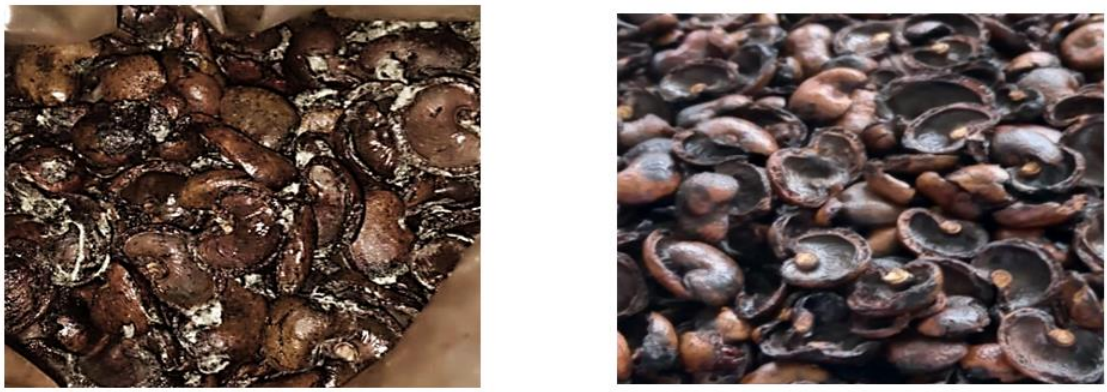
Cashew (*Anacardium occidentale* L.), native of Brazilian coasts, was introduced to Africa by the Portuguese in 1960 with the aim of combating desertification and soil erosion [1]. In Ivory Coast, the introduction of cashew tree in 1961 aimed to counter erosion, deforestation, and to create hedges to protect agricultural operations [2]. Cashew cultivation has rapidly developed in the north of the country, becoming the main Ivorian export sector since the early 2000 [3]. Ivory Coast became the world's leading producer of cashew nuts in 2022, with a production of 1.028 million tonnes [4], [5]. In 2018, the processing rate reached 9%, and Ivory Coast became the third largest cashew processing country in the world in 2022, processing 22% of local production [5]. Despite this success, local cashew nut processing, started in 2008, faces challenges, notably the management of shell waste. Indeed, representing around 70% of the total weight of the nut, in 2022, around 3,270 tonnes of shells were produced each week [6]. Containing a balm called Cashew Nut Shell Liquid (CNSL), these shells represent risks to public health and the environment. Furthermore, in Ivory Coast, processing companies encounter difficulties in fully valorizing them. Hence the importance of this study which aims to contribute to the valorization of balm extracted from cashew nut shells coming from processing factories in Ivory Coast.

Corresponding Author: Fabrice Armel ZORO

2 MATERIAL AND METHODS

2.1 BIOLOGICAL MATERIAL

Biological material was the shell of cooked cashew nuts. These samples were collected from two cashew kernel production factories, coded UCAJOU 1 and UCAJOU 2, located in Yamoussoukro. Furthermore, a control, uncooked shells, was made from shells manually separated from cashew kernels collected from producers in Korhogo. Thus, this last sample did not undergo the steam heating of cashew nuts commonly practiced in factories to facilitate shelling.



A B

Fig. 1. Uncooked cashew shells (A) and steamed cashew shells (B)

2.2 CHEMICAL AND REAGENTS

Chemicals used in the experiment were hexane, HCl, KOH, Na_2CO_3, sodium argon thiosulfate, Nitrogen, $KMnO_4$, Wijs reagent, ethanol and iodine. All of these products were analytical grade and products of VWR International, Leuven, Belgium. Chemicals were obtained from Equipment Laboratories Chimie, Abidjan, Ivory Coast.

2.3 PREPARATION OF CASHEW SHELL SAMPLES

Samples taken from the factories (UCAJOU 1 and UCAJOU 2) and the one collected from producers in Korhogo (control) were each worth approximately 5 kg of cashew shells. These three samples were packaged separately and sent to the laboratory. Upon receipt, the shells were washed then dried in an oven at 40°C for 24 hours. After drying, they were ground using a food processor (Silver Crest, Lanfand Moor Technology, Hebei, China) until a fine paste was obtained. Pastes obtained were packaged in hermetically sealed smashed bags in a cabinet at laboratory temperature (22°C) and protected from light.

2.4 DETERMINATION OF CNSL EXTRACTION PARAMETERS

Water content of the pasta was determined using a moisture analyzer (MB90 halogen Ohaus, Parsippany (New Jersey), United States) following the method used by [7]. Extraction yield was obtained gravimetrically after extraction of cashew shell balsam (CNSL) using Soxhlet according to the method described by [8]. After extraction, the CNSL obtained were packaged in bottles fitted with lids and stored under conditions similar to those applied to pastes.

2.5 DETERMINATION OF PHYSICAL PROPERTIES OF CNSL

Density was obtained by dividing the density of cashew balsam by that of distilled water under the same conditions according to the method described by [9] using a pycnometer. Viscosity was determined using a viscosimetric tube according to the [10] standard based on the principle of gravity. Refractive index was determined at a temperature of 20 °C using a digital refractometer according to the [11].

2.6 DETERMINATION OF CHEMICAL PROPERTIES OF CNSL

pH was measured using a pH meter (PH/TEMP, Juanjuan, Guangdong, China) according to the method described by [12]. Acid and saponification index were determined by acid-base assay according to the [11]. Determinations of peroxide and iodine index were carried out by the methods described by [13].

2.7 DETERMINATION OF THE CALORIFIC PARAMETERS OF THE CNSL

Cetane index (Ic), which measures the capacity of CNSL for self-ignition in a diesel engine, was determined by calculation according to the Klofenstein formula [14]. Lower calorific value (LCV), quantitative measure of the energy capacity of the CNSL, was calculated using the formula of Batel et al. (1980).

$Ic = 43.3 + (5458/Is) – (0.225 \times Ii)$; $LCV = 47645 – 4{,}187\ Ii – 38{,}31\ Is$ (kJ/kg)

Is: saponification index
Ii: iodine index

2.8 STATISTICAL ANALYZIS

All tests were carried out in triplicate. All values are expressed as the mean ± standard error. Analysis of variance (ANOVA) was applied to compare means. When a significant difference was observed, ANOVA was followed by Turkey's HSD (Honest Significant Difference) test to classify the means. These statistical tests were carried out using STATISTICA 7.0 software and the error threshold was set at P = 0.05 or 5%.

3 RESULTS

3.1 CNSL EXTRACTION PARAMETERS

Table 1 presents two CNSL extraction parameters. For each parameter, the values were significantly ($p < 0.05$) different due to at least one sample. Moisture content of the hulls of UCAJOU 1 (5.19 ± 1.40%) was higher than that of the hulls of UCAJOU 2 (3.73 ± 0.31%). On the other hand, the UCAJOU 1 sample demonstrated a CNSL extraction yield (31.98 ± 0.11%) lower than that of the UCAJOU 2 sample (35.95 ± 0.10%). Furthermore, the hulls of the control showed a water content (3.24 ± 0.29%) quite close to that of the hulls of UCAJOU 2; while its CNSL extraction yield (34.50 ± 0.49%) was a value between those obtained by the UCAJOU 1 and UCAJOU 2 samples.

Table 1. CNSL extraction parameters

Samples	Hulls moisture (%)	Extraction yield (%)
Control	3.24 ± 0.29^{b}	34.50 ± 0.49^{b}
UCAJOU 1	5.19 ± 1.40^{a}	31.98 ± 0.11^{c}
UCAJOU 2	3.73 ± 0.31^{b}	35.95 ± 0.10^{a}

3.2 PHYSICAL PARAMETERS OF THE CNSL

Physical characteristics of the CNSL are recorded in Table 2. Refractive index of the CNSL (1.46 – 1.51) did not significantly ($p > 0.05$) vary. However, significant differences ($p < 0.05$) were observed between samples for water content, density and viscosity of CNSL. The water content, density and viscosity of the CNSL of UCAJOU 1 (1.93 ± 0.02%; 0.98 ± 0.01 and 465.00 ± 5.00 mPa.s, respectively) were greater than those of the CNSL of UCAJOU 2 (1.82 ± 0.02%; 0.95 ± 0.00 and 441.33 ± 7.09 mPa.s, respectively). In addition, the CNSL of the control showed a lower water content (1.63 ± 0.03%) than the CNSL of UCAJOU 2; while its density and viscosity (0.95 ± 0.01 and 426.00 ± 6.56 mPa.s, respectively) were quite close to those of the CNSL of UCAJOU 2.

Table 2. Physical parameters of CNSL

Samples	Moisture (%)	Density	Viscosity (mPa.s)	Refraction index
Control	1.63±0.03^{c}	0.95±0.01^{b}	426.00±6.56^{b}	1.46±0.01^{a}
UCAJOU 1	1.93±0.02^{a}	0.98±0.01^{a}	465.00±5.00^{a}	1.51±0.05^{a}
UCAJOU 2	1.82±0.02^{b}	0.95±0.00^{b}	441.33±7.09^{b}	1.51±0.04^{a}

3.3 CHEMICAL PARAMETERS OF CNSL

Table 3 summarizes the chemical parameters of CNSL. For each parameter sought, the samples demonstrated significantly ($p < 0.05$) different values. CNSL of UCAJOU 1 had a pH and iodine and peroxide index (2.43 ± 0.06; 100.26 ± 0.12 g I2/100g and 14.97 ± 0.63 meq O2/ kg, respectively) lower than those of the CNSL of UCAJOU 2 (2.54 ± 0.03; 100.72 ± 0.23 g I2/100g and 16.11 ± 0.11 meq O2/kg, respectively); while its acid and saponification index (2.12 ± 0.14 mg KOH and 181.95 ± 6.72 mg KOH, respectively) were not significantly different from those of the CNSL of UCAJOU 2 (1, 93 ± 0.03 mg KOH and 176.80 ± 1.49 mg KOH, respectively). In addition, the CNSL of the control showed pH and, acid, saponification and peroxide index (2.62 ± 0.04; 1.67 ± 0.16 mg KOH; 169.08 ± 2.24 mg KOH and 16.73 ± 0.41 meq O2/kg, respectively) quite close to those of the CNSL of UCAJOU 2; while its iodine index (100.05 ± 0.07 g I2/100g) was similar to that of the CNSL of UCAJOU 1.

Table 3. Chemical parameters of CNSL

Samples	pH	Acid index (mg KOH/g)	Saponification index (mg KOH/g)	Iodine index (g I_2/100g)	Peroxide index (meq O_2/kg)
Control	2.62±0.04^{a}	1.67±0.16^{b}	169.08±2.24^{b}	100.05±0.07^{b}	16.73±0.41^{a}
UCAJOU 1	2.43±0.06^{b}	2.12±0.14^{a}	181.95±6.72^{a}	100.26±0.12^{b}	14.97±0.63^{b}
UCAJOU 2	2.54±0.03^{a}	1.93±0.03^{ab}	176.80±1.49^{ab}	100.72±0.23^{a}	16.11±0.11^{a}

3.4 CALORIFIC PARAMETERS OF CNSL

Calorific parameters of the CNSL are presented in Table 4. For these two parameters, significant differences ($p < 0.05$) were observed due to the control sample. Indeed, the CNSLs of UCAJOU 1 and UCAJOU 2 demonstrated lower cetane index (50.77 ± 1.13 versus 51.51 ± 0.21) and calorific values (40.25 ± 0.26 KJ/Kg against 40.45 ± 0.06 KJ/Kg) which are not significantly different. However, the cetane index and the lower calorific value of the CNSL of the control (53.07 ± 0.44 and 40.75 ± 0.09 KJ/Kg, respectively) were significantly higher than those of the CNSL of UCAJOU 1, although they were not significantly different from those of the CNSL of UCAJOU 2.

Table 4. Calorific parameters of CNSL

Samples	Cetane index	Lower Calorific Value (KJ/Kg)
Control	53.07±0.44^{a}	40.75±0.09^{a}
UCAJOU 1	50.77±1.13^{b}	40.25±0.26^{b}
UCAJOU 2	51.51±0.21^{ab}	40.45±0.06^{ab}

4 DISCUSSION

CNSL extraction revealed that, UCAJOU 1 samples had higher water content (5.19% ± 1.40) with lower extraction yield compared to UCAJOU 2 samples. These results are consistent with a study by [16], who reported lower extraction yields for Safou (Dracyodes edulis) samples with higher water content. High water content can negatively affect extraction yield, as water can interfere with the CNSL extraction process. These differences can be attributed to variations in the growing, harvesting, and processing conditions of cashew nuts, as well as the quality of the shells used in CNSL extraction.

Physical parameters of CNSL, the samples differed in terms of water content, density, viscosity, and refractive index. These physical characteristics can influence the properties and performance of CNSL in various applications. Moisture content of CNSL is an important parameter because high moisture content can affect the stability and quality of CNSL. Moisture content of our samples varied between 1.63% and 1.93%. These values are lower than the values 5.7 ± 0.2% and 6.7% reported respectively by [17], [18].

Density of CNSL is an important parameter to determine its potential for use in different industrial applications. Density obtained in the case of our study varied between 0.95 and 0.98; this value is approximately equal to that of the CNSL (0.984 and 0.941) obtained in the literature [18], [19]. When we compare our results (density) to those of the Ivorian diesel specification which vary between 0.820 and 0.880, we notice that the density of the CNSL is high. This therefore implies that CNSL is denser than diesel. This property of oils has detrimental effects on diesel engines, because it leads to a higher inertia than that of diesel for the same injection pressure. Thus, the high density of vegetable oils leads to an increase in the length of fuel jets, driving them to the bottom of the combustion chamber [20]. On the other hand, a high density may indicate greater molecular compactness of the CNSL; which can be beneficial for certain applications, such as coatings and adhesives.

Viscosity of CNSL is a key parameter for its use in various applications, including coatings, adhesives and lubricants. Viscosity varied between 426 and 465 mPa.s. These values are close to those found in the literature, namely 410 and 440 mPa.s respectively for CNSL extracted by pressure and by solvent [21]. We also note that the viscosity value of CNSL is very high compared to that given by the Ivorian specification for diesel (1.6-5.9 mPa.s) [22]. However, a high viscosity does not promote spraying or atomization during fuel injection and also causes obstruction of the engine's supply organs [20]. However, for certain applications a higher viscosity may indicate a better ability to form films or adhere to different surfaces [23].

Refractive index of the CNSL was similar for all samples, with values around 1.51. It is an important optical parameter, especially for optical applications and reflective coatings. Previous studies have shown that the refractive index of CNSL can be changed by adding additives or mixing it with other polymers to achieve specific optical properties [24]

Concerning chemical parameters, pH, acid, saponification, iodine and peroxide index provide information on the chemical composition and quality of the CNSL. pH values were similar, with slight variations (between 2.43 ± 0.06 and 2.62 ± 0.04). These pH values indicate the presence of anacardic acid necessary for the synthesis of other compounds. These results are very far from the values 4.06; 4.49; 4.6 and 5.0 obtained respectively in the work of [19], [25], [26]. High acidity of CNSL would promote corrosion of metal parts during its direct use in engines.

Concerning acid index, CNSL of UCAJOU 1 presented the highest value (2.12 ± 0.14 mg KOH/g), which is higher than the value 1.94 mg KOH/g reported by Victor -Oji et al. (2019). On the other hand, the CNSL of the control demonstrated the lowest value (1.67 ± 0.16 mg KOH/g), which is slightly higher than that (1.63 mg KOH/g) reported by [25]. Acidity of the extracted CNSL would be due to the presence of carboxylic acid.

Saponification index of the CNSL of UCAJOU 1 (181.95 ± 6.72 mg KOH/g) was the highest, followed by those of UCAJOU 2 (176.80 ± 1.49 mg KOH/g) and control (169.08 ± 2.24 mg KOH/g). These values are low compared to those of CNSL reported in the scientific literature [6]. This low saponification index obtained in this study suggests that the extracted CNSL contains high molecular weight fatty acids and is therefore not suitable for soap making.

Iodine index was similar for all samples, with values around 100g iodine/100g. These values are practically identical to that found in the literature which is 100.25 g of iodine/100g [6], and imply the presence of unsaturated carbon chain in the extract. Therefore, CNSL can be classified as a drying oil and could find application in paints, varnishes and surface coatings. These chemical characteristics can be modified by various CNSL refining and purification processes.

Regarding calorific parameters of CNSL, cetane index and lower calorific value are important indicators of the performance of CNSL as a fuel. Samples showed similar cetane index values, with slight variations (between 50.77 ± 1.13 and 53.07 ± 0.44). These values are greater than 46.00, the minimum value required by the Ivorian diesel specification. This shows that CNSL has a good ability for autoignition. A higher cetane number indicates better combustion quality and reduced polluting emissions [27].

Lower heating value is a measure of the amount of energy released when CNSL burns. Lower calorific value was also similar for all samples, with values around 40.5 Kj/Kg. This value is similar to that found by [28] which is 40.3 KJ/kg. CNSL is therefore a fuel capable of producing energy. It can therefore replace diesel after having undergone certain transformations. It is important to note that the calorific value can vary depending on the chemical composition of CNSL, particularly the content of phenolic compounds and fatty acids [29].

5 CONCLUSION

At the end of this study, it appears that the water content of cashew nut shells negatively influences the extraction yield of CNSL. Use of CNSL as a fuel in engines is limited by its high acidity (pH < 3) and its density (0.95 - 0.98) and viscosity (426 - 465 mPa.s) values higher than those of the Ivorian diesel specification. In addition, the extracted CNSL is not suitable for soap making due to its low saponification values (169.08 - 181.95 mg KOH/g). However, CNSL extracted from the shells has good

preservability due to its low water content (1.6 - 1.93%). In addition, the determinations of physicochemical parameters (density, viscosity and, refractive and iodine indices) and calorific parameters (cetane index and lower calorific value) highlighted the possibility of using CNSL extracted from walnuts cashew in various industrial applications such as coatings, adhesives, lubricants and fuels. This study provides a solid basis for a better understanding of the key parameters of CNSL. It opens the way to new opportunities for innovation and application of CNSL in various fields, thus contributing to sustainable development and the efficient use of this precious plant resource.

ACKNOWLEDGMENT

Authors thank Mr. Bosson, professor at the Yopougon technical high school, for his help in the various analyzes.

REFERENCES

[1] D.R. Piperno, « The Origins of plant cultivation and domestication in the New World Tropics patterns, process, and new developments», *Current Anthropology,* vol. 52, no. 4, pp. 453- 470, 2011.
[2] M.I. Gouma, «Analyse des négociations de l'OMC sur l'agriculture pour la formation d'une politique appropriée au développement de la filière anacarde en Côte d'Ivoire», *Mémoire professionnel, Université de Cocody-Abidjan,* pp. 46, 2003.
[3] F. Ruf, S. Kone et B. Bebo, «boom de l'anacarde en Côte d'Ivoire: transition écologique et sociale des systèmes à base de coton et de cacao», *Cah Agric,* vol. 28, no. 21, pp. 12, 2019.
[4] A. Gbaguidi, Filière anacarde en Côte d'Ivoire: Analyse du système d'innovation et rôle de l'État«, *Cahiers Agricultures,* vol. 29, pp. 9, 2020.
[5] J.M. Konandi, «Côte d'Ivoire: La production de noix de cajou passe le cap du million de tonnes», SIKAFINANCE, 2023.
[6] A.M. Anani, «Déchets solides biodégradables, Production de biocombustibles à partir des coques de noix de cajou», Memoire de fin d'etudes de master, pp. 37p, 2021.
[7] D. John and S. Jane, «Comparison of Different Drying Methods for Moisture Content Determination in Agricultural Products», *Journal of Food Science and Technology,* Vol. 45 no 3, pp. 678-685, 2018.
[8] L.R. Ribeiro, R.R. Silva, G.G. Silva, F.V. Alves and R.M. Figueiredo, «Cardanol extraction from cashew nut shell using a Soxhlet apparatus: optimization by response surface methodology», *Industrial Crops and Products,* vol. 130, pp. 185-193, 2019.
[9] R. Tasmin, M.S. Rahman, M.B. Uddin and M.M. Rahman, «Utilization of Cashew Nut Shell Liquid (CNSL) as an Environmentally Friendly Resource», *A Review. Heliyon,* vol. 7, no 3, pp. 06437, 2021.
[10] AFNOR: Recueil de normes françaises des corps d'origines animales et végétales, Ed. AFNOR, Paris, pp. 517, 1986.
[11] AFNOR: Recueil des normes françaises: corps gras, graines oléagineuses et produits dérivés, 3e Ed AFNOR, Paris, pp. 459, 1984.
[12] O. I. Sekunowo and G. U. Uduh, «Extraction and Physicochemical Characterization of Cashew Nut-Shell Liquid in Metal Forming», Nigerian Journal of Technological Development, vol. 19, no.2, pp. 110 – 115, 2022.
[13] AOAC: Official Methods of Analysis, Ed, Washington, pp. 684, 1997.
[14] A.O. Haïdara, «Valorisation d'une huile vegetale tropicale: l'huile de pourghere», Mémoire de maîtrise, pp. 135, 1996.
[15] W. Batel, M. Graef, G.J. Meyer, R. Moller and F. Schoedder, «Pflonzenole fur die Kraftstoff-und Energieversorgung», *Grundlagen der Landtechnik,* vol. 30, no. 2, pp. 40- 51, 1980.
[16] G.B. Noumi, Y.M. Njouokam, C.B. Njiné, E. Ngameni et C. Kapseu, «Effets du séchage sur le rendement et la qualité de l'huile extraite de la pulpe de safou», *Tropicultura,* vol. 29, no. 3, pp. 138-142, 2011.
[17] M.O. Aremu, O. Olaofe O and T.E. Akintayo, «A comparative study on the chemical and amino acid composition of some Nigerian underutilized legume flours», *Pak. J. Nurt,* vol. 5, pp. 34- 38, 2006.
[18] A.T. Akinhanmi, V.N. Atasie and P.O. Akintokun, «Chemical composition and physicochemical properties of Cashew nut (*Anacardium occidentale*) Oil and Cashew nut Shell Liquid», *Journal of Agricultural Food and environmental Sciences,* vol. 2, no. 1, pp. 1 – 10, 2008.
[19] W. Eke, A. Ozioma, S.E. Ofordie, J.A. Ajienka and O. Akaranta, «Performance evaluation of cashew nut shell liquid as flow improver for waxy crude oil», SPE Nigeria Annual International Conference and Exhibition 5-7 August, Lagos, Nigeria, pp. 38, 2019.
[20] A. Abollé, K. Loukou and H. Planche, «The density and cloud point of diesel oil and mixture with the straight vegetable oil (SVO): Palm, Cabbage, Cotton, Groundnut, Copra and sunflower», *Biomass and Bioenergy,* vol. 33, pp. 1653-1659, 2009.

[21] F.H. Rodrigues, F.C.F. Francisco, R.R.R. Souza, A.F. José and P. Judith, «Comparison between physico-chemical properties of the technical Cashew Nut Shell Liquid (CNSL) and those natural extracted from solvent and pressing», *Polímeros,* vol. 21, no. 2, pp. 156–160, 2011.

[22] E.K. Kouassi, A. Abolle, B. Yao and D. Boa, «Transesterification tests compared by methanolysis and ethanolysis of palm oil: Measurement of density and viscosity in relation to the molecular structure», International Journal of Innovation and Applied Studies, vol. 12, no. 4, pp. 918 – 930, 2015.

[23] H. Fay, «Films lubrifiants supramoléculaires organisés: de la microstructure aux propriétés tribologiques», Thèse de Doctorat, pp. 184, 2011.

[24] Y. Bonzi-Coulibaly, M. Oueda, M.M. Soumanou, P.F. Tchobo, M. Mazou, A.J. Djossou et A. Benoist, «Vers une production durable et innovante de biocarburants en adéquation avec les potentiels et les besoins de l'Afrique», *PRONOVABIO,* pp. 12, 2017.

[25] C.O. Victor-Oji, U.J. Chukwu and O. Akaranta, «Synthesis and Evaluation of EthanolamineCashew Nut Shell Liquid Products as Crude Oil Emulsion Breakers», Revue Asiatique de Recherche en Chimie Appliquée, vol. 4, no. 4, pp. 1-33, 2019.

[26] Dike H.N., Dosunmu A, Kinigoma B and O. Akaranta- Characterization of Chemically Modified Cashew Nut Shell Liquid, Journal of Engineering Research and reports, vol. 8, no. 4, pp. 1-8, 2019.

[27] Z. Gao, S. Lin, J. Ji and M.J.E Li, «Une étude expérimentale sur les performances de combustion et les caractéristiques de propagation de la flamme sur le diesel liquide et le carburant mélangé éthanol-diesel», *Énergie,* vol. *170,* pp. 349-355, 2019.

[28] A. Ettien, «Pré-étude de valorisation énergétique de coques d'anacarde», Mémoire de Master, pp. 43, 2010.

[29] Oliveira J.V., Tannous K., Bevilaqua J.V. et Silva G.C. (2020). Study on the effect of heat treatment on cashew nut shell liquid composition and energy content. Journal of Cleaner Production, 263, 121406.

International Journal of Innovation and Applied Studies
ISSN 2028-9324 Vol. 43 No. 4 Oct. 2024, pp. 939-944
© 2024 Innovative Space of Scientific Research Journals
http://www.ijias.issr-journals.org/

Impact de l'anthropisation sur la croissance de *Sarotherodon melanotheron* (Rüppell, 1852) dans la baie de Biétry, Abidjan, Côte d'Ivoire

[Impact of anthropization on the growth of *Sarotherodon melanotheron* (Rüppell, 1852) in Biétry Bay, Abidjan, Côte d'Ivoire]

Vincent Kadjo[1], Jean Noel Yapi[2], Medard Gbai[3], Ouation Souleymane Soro[1], and Assoi Olivier Etchian[2]

[1]Unité de Formation et de Recherche des Sciences Biologiques, Département de Biologie Animale, Université Peleforo Gon COULIBALY, BP 1328 Korhogo, Côte d'Ivoire

[2]Unité de Formation et de Recherche des Sciences de la Nature, Laboratoire de Biologie et de Cytologie Animale, Université Nangui Abrogoua, 02 BP 801 Abidjan 02, Côte d'Ivoire

[3]Unité de Formation et de Recherche en Agriculture, Ressources Halieutiques et Agro-Industries, Université de San Pedro, BP 1800 San Pedro, Côte d'Ivoire

Copyright © 2024 ISSR Journals. This is an open access article distributed under the ***Creative Commons Attribution License***, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

ABSTRACT: *Sarotherodon melanotheron* (Rüppell, 1852, Cichlidae) is a species exploited by the local populations of the Ebrié lagoon. Morphometric measurements of all specimens of S. melanotheron caught in the heavily anthropized Biétry bay were used to study their growth. In *S. melanotheron,* the values of Lt and W fluctuated by 140 and 185.06 mm and 58 and 119 g, respectively. The allometry coefficient b was significantly different from 3 for the seize-weight relationship and from 1 for the seize-seize relationships. The allometry coefficient b was significantly different from 3 for the seize-weight relationship and from 1 for the seize-seize relationships. Therefore, growth was negative allometric for this species living on the coast and off the bay. Environmental factors linked to the pollution of the Bay of Biétry have influenced the growth of this fish species.

KEYWORDS: Anthropization, pollution, *Sarotherodon melanotheron,* Biétry Bay, Côte d'Ivoire.

RESUME: *Sarotherodon melanotheron* (Rüppell, 1852, Cichlidae) est une espèce exploitée par les populations riveraines de la lagune Ebrié. Les mesures morphométriques de tous les spécimens de *S. melanotheron* pêchés dans la baie de Biétry fortement anthropisée, ont été utilisées pour étudier leur croissance. Les échantillons ont été collectés à partir des captures des pêcheurs. Chez *S. melanotheron,* les valeurs de Lt et W ont fluctués respectivement de 140 et 185,06 mm et de 58 et 119 g. Le coefficient d'allométrie b a été significativement différent de 3 pour la relation taille-poids et de 1 pour les relations taille-taille. Par conséquent, la croissance a été de type allométrie négative pour cette espèce vivante sur la côte et au large de la baie. Les facteurs environnementaux liés à la pollution de la baie de Biétry ont influencé la croissance de cette espèce de poisson.

MOTS-CLEFS: Anthropisation, pollution, *Sarotherodon melanotheron,* baie de Biétry, Côte d'Ivoire.

1 INTRODUCTION

Sarotherodon melanotheron (Rüppell, 1852), est une espèce côtière et estuarienne qui joue un rôle important dans la pêche artisanale Ouest africaine et se distribue de la Côte du Sénégal jusqu'au Congo [1]. En Côte d'Ivoire, cette espèce est exploitée dans deux biotopes: en eau douce et en lagune. La pêche en lagune de *S. melanotheron* se fait avec plusieurs engins (éperviers, filets maillants). La production de *S. melanotheron* est estimée à plus de 50 % de la production commerciale dans le lac de

Corresponding Author: Vincent Kadjo

barrage d'Ayamé [2]. Les données concernant la variabilité morphologique au sein de cette espèce vont dépendre de la disponibilité des substances nutritives et de son adaptation physiologique à son environnement [3, 4]. Cependant, les activités anthropiques impactent notre environnement. C'est le cas des lagunes et des cours d'eau qui constituent des réceptacles des déchets industriels, des pressions urbaines et de l'orpaillage clandestin. Cette pollution environnementale pourrait être à l'origine de la disparition de certaines espèces animales et végétales dans certains écosystèmes [5]. Ainsi, les espèces halieutiques vivant dans ces milieux développent des adaptations écophysiologiques pour leur croissance et leur reproduction en réponse des perturbations environnementales. Dans le cas de la baie de Biétry, elle est connue pour sa variabilité de pollution [6]. Le littoral de la Baie de Biétry est caractérisé par une forte activité urbaine et industrielle. Elle reçoit des rejets d'effluents divers et importants, environ 18 000 m^3 par jour [7], générant ainsi une forte pollution du milieu. Elle est extrêmement eutrophique et est considérée comme la baie la plus polluée de la lagune Ebrié [8]. L'objectif de cette étude était d'évaluer l'influence de l'anthropisation sur la croissance de l'espèce *Sarotherodon melanotheron* (Rüppell, 1852) dans cette zone de la Côte d'ivoire. Elle devrait permettre de conclure sur l'intérêt de préserver ce biotope pour la gestion durable des bioressources aquatiques du milieu.

2 MATERIEL ET MÉTHODES

2.1 SITE D'ETUDE

La baie de Biétry est située au cœur de l'agglomération d'Abidjan (Côte d'Ivoire). Elle se localise entre 5°15 et 5°18 de latitude Nord et 3°58 et 4°00 de longitude Ouest. C'est un milieu confiné qui ne communique pas avec le reste du système lagunaire que par un canal étroit à l'Ouest et les buses de la baie de Koumassi à l'Est. Elle a une superficie de 545 ha et a une profondeur moyenne de 3 à 4 mètres.

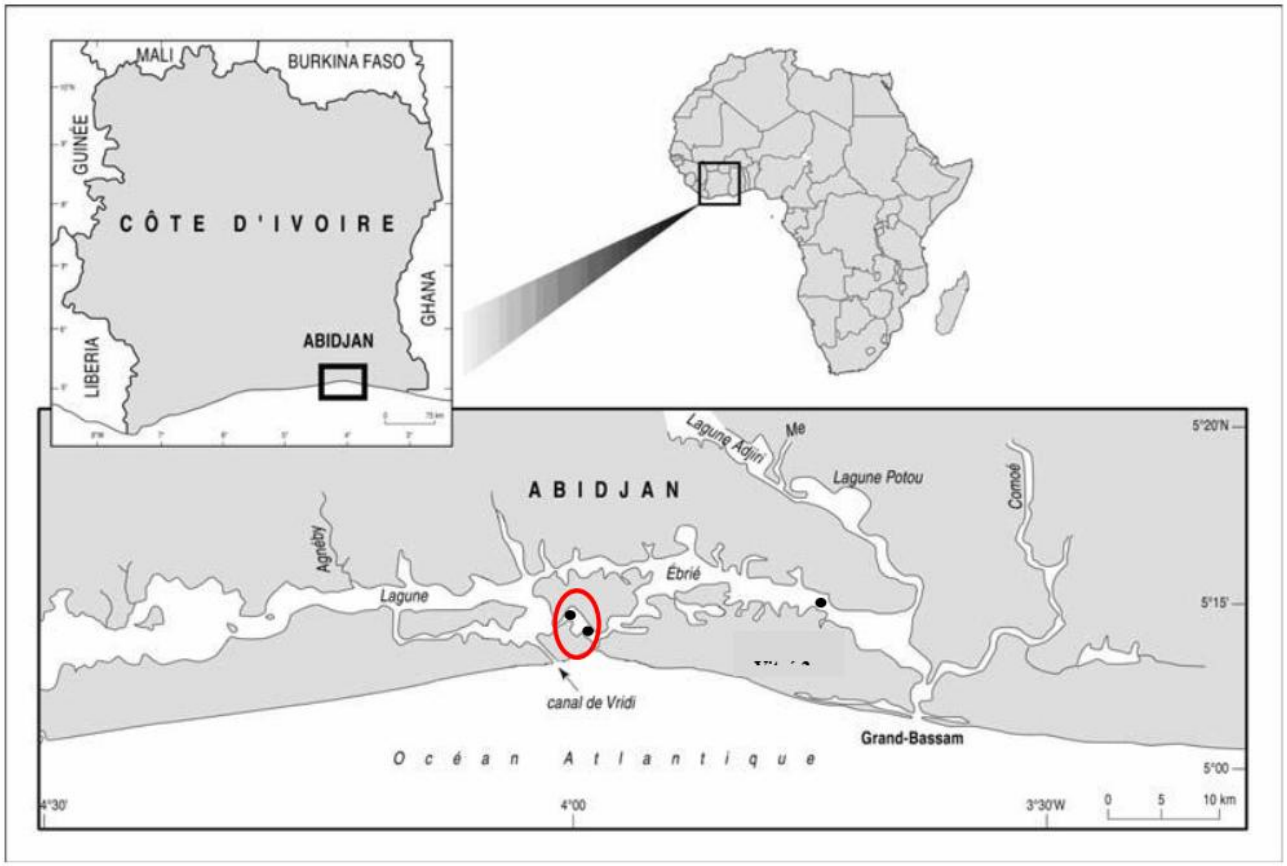


Fig. 1. Localisation des sites de prélèvement dans la lagune Ebrié

Source: [9]

2.2 COLLECTE DES POISSONS ET DES DONNEES MORPHOMETRIQUES

La collecte des poissons a été réalisée sur une durée de 12 mois. Ainsi, soixante individus ont été capturés chaque mois dont 30 individus sur la côte et 30 individus au large de la baie de Biétry. Les poissons capturés ont été conditionnés dans des glacières contenant de la glace. Les échantillons ont été transportés au laboratoire pour des analyses. Les différents individus ont été pesés à l'aide d'une balance électronique de portée 0.1g et mesurés à l'aide d'un itchyomètre au centimètre près. Les mesures suivantes ont été relevées sur chaque spécimen. Il s'agit de la longueur totale (Lt), la longueur standard (Ls), la longueur de la nageoire dorsale (NaD), la longueur de la nageoire pectorale (NaP), la longueur de la nageoire pelvienne (NaV), la longueur de la nageoire caudale (NaC) et du diamètre de l'opercule (DoP).

2.3 TRAITEMENT DES DONNÉES ALLOMÉTRIQUES

Pour l'étude biométrique, les relations morphométriques suivantes ont été établies: W = f (Lc), W = f (Lt) et Lc = f (Lt). Les relations étaient exprimées par une fonction puissance de la forme $Y = aX^{b,}$ qui est transformée en une fonction logarithmique de la forme Log Y = Log a + b Log X [10]. Cette transformation est la méthode la plus simple pour linéariser la relation, stabiliser les variances et normaliser les variables. Le terme (b) est le coefficient d'allométrie traduisant la proportionnalité de la croissance d'un caractère donné par rapport au caractère de référence. Pour une relation taille-taille, b est théoriquement égale à 1, pour une relation taille-masse, b est théoriquement égale à 3. Trois cas peuvent se présenter: Si b calculé = b théorique, il y a isométrie entre les deux caractères, si b calculé < b théorique, il y a une allométrie minorante et si b calculé > b théorique, l'allométrie est majorante.

2.4 ANALYSE STATISTIQUE DES DONNÉES BIOMÉTRIQUES

Le coefficient allométrique b de chaque équation a été comparé au coefficient standard (1 pour la relation taille-taille et 3 pour la relation masse-taille). Ensuite, le test t de Student a permis une comparaison de ces coefficients. Le logiciel STATISTICA version 7.1 a été utilisé pour réaliser ces tests. Le niveau de significativité de ces différents tests est $\alpha = 0,05$.

3 RÉSULTATS

L'évolution des paramètres morphométriques de *Sarotherodon melanotheron* au large de la baie de Biétry a été présenté dans le tableau 1. Une allométrie négative a été enregistrée au niveau des relations liant la longueur standard à la longueur nageoire dorsale, la longueur standard à la longueur nageoire caudale, la longueur standard à la longueur nageoire pectorale et la longueur nageoire dorsale à la longueur nageoire caudale.

Tableau 1. Relation morphométrique de S. melanotheron au large de la lagune Ebrié de Biétry

Relations morphologiques	Equation de regression	r	Coefficient d'allométrie (b)	Type d'allométrie	P>t
Ls/NaD	$Ls= 2,95NaD^{0,52}$	0,76	0,52	Negative	< 0,05
Ls/NaC	$Ls= 4,95NaD^{0,32}$	0,75	0,32	Negative	< 0,05
Ls/NaP	$Ls= 3,72NaP^{0,46}$	0,75	0,46	Negative	< 0,05
NaD/NaC	$NaD=-2,42NaC^{1,26}$	0,78	1,26	Negative	< 0,05

W: Masse totale, Lt: Longueur totale, DoP: Diamètre de l'opercule, NaD: Longueur de la nageoire dorsale, NaC: Longueur de la nageoire caudale, Ls: Longueur standard, a: Constante de régression, b: Coefficient de régression, r: Coefficient de corrélation, t: test t de Student

L'évolution des paramètres biométriques chez *Sarotherodon melanotheron* au bord de la baie de Biétry a été présenté dans le tableau 2. L'analyse morphométrique de la population de poisson avait révélé une allométrie négative au niveau des relations liant la masse totale à la longueur totale, la masse totale au diamètre de l'opercule, la masse totale à la longueur de la nageoire dorsale, la masse totale à la longueur nageoire caudale et la longueur totale au diamètre de l'opercule.

Tableau 2. ***Relation morphométrique de S. melanotheron au bord de la lagune Ebrié de Biétry***

Relation morphométrique	Equation de regression	r	Coefficient d'allométrie (b)	Type d' allométrie	P>t
W/Lt	$W= -5,83Lt^{1,66}$	0,71	1,66	Negative	< 0,05
W/DoP	$W= 1,26NaD^{1,10}$	0,80	1,10	Negative	< 0,05
W/NaD	$W= -1,76NaD^{1,27}$	0,82	1,27	Negative	< 0,05
W/NaC	$W= 1,24NaC^{1,08}$	0,84	1,08	Negative	< 0,05
Lt/DoP	$Lt= 5,38NaD^{0,38}$	0,65	0,38	Negative	< 0,05

W: Masse totale, Lt: Longueur totale, DoP: Diamètre de l'opercule, NaD: Nageoire dorsale, NaC: Nageoire caudale, a: Constante de régression, b: Coefficient de régression, r: Coefficient de corrélation, t: test t de Student

Les moyennes des rapports morphométriques au niveau des deux sites d'étude (P<0.05) ont été présenté dans le tableau 3. La comparaison intra site des valeurs de W/Lt, W/DoP et W/NaD montre qu'elles sont statistiquement différentes les unes des autres. En effet, les valeurs du W/Lt et W/DoP sont respectivement de 1,27 fois et 1,34 plus grande au large que sur la côte de la lagune Ebrié de Biétry. En revanche, la valeur du ratio W/NaD de la côte est plus élevée de 4,18 par rapport au large de la baie.

Tableau 3. ***Caractérisation des rapports morphométriques de S. melanotheron de la lagune de Biétry***

Relation morphométrique	Site	N	Rapport morphométrique	Variance	t	F	P>F
W/Lt	Au large	720	$10,50^{a}$	$0,3.10^{-2}$			
	Au bord	720	$12,68^{b}$	$0,3.10^{-2}$	-4,05	1,10	<0,05
W/DoP	Au large	720	$1,64^{a}$	0,14			
	Au bord	720	$2,20^{b}$	0,05	-2,81	3,01	<0,05
W/NaD	Au large	720	$0,92^{a}$	$0,8.10^{-2}$			
	Au bord	720	$0,22^{b}$	$0,7.10^{-2}$	-2,32	1,22	<0,05
W/NaC	Au large	720	0,22	0,06			
	Au bord	720	0,22	0,03	-0,20	1,73	0,84
Lt/DoP	Au large	720	1,11	0,32			
	Au bord	720	0,17	0,19	1,33	1,70	0,19

W: Masse totale, Lt: Longueur totale, DoP: Diamètre de l'opercule, NaD: Longueur de la nageoire dorsale, NaC: Longueur de la nageoire caudale

4 DISCUSSION

La relation masse-longueur est un outil important et très utilisé en biologie, en physiologie et dans l'évaluation des stocks pour la gestion et la conservation des populations de poissons en milieux naturels [11, 12]. L'analyse des relations masse-taille et taille-taille avait montré une croissance de type allométrie négative chez *S. melanotheron.* Dans ce présent travail, l'espèce *S. melanotheron* adopte une réponse adaptative à sa croissance allométrique tant au bord qu'au large de la baie de Biétry. En effet, aux abords de la lagune Ebrié de Biétry, la croissance allométrique de *S. melanotheron* était en faveur des relations masse-taille. En revanche, au large de la lagune, cette croissance avait évolué entre la longueur standard et la longueur des nageoires. Des études antérieures dans la lagune Ebrié et d'autres écosystèmes ont observé une allométrie négative chez cette espèce. Ainsi, une allométrie négative a été observée au niveau du lac Ahémé et ses chenaux et Nokoué au Bénin [13]. Cette même observation a été faite au Nigeria, dans le lac Eleiyele [14]. Des travaux antécédents dans le lac Ahémé et d'autres écosystèmes du Bénin et de la sous-région avaient déjà signalé ce type de croissance chez *S. melanotheron*. En effet, Niyonkuru and Lalayè [15] avaient obtenu une croissance allométrique négative pour *S. melanotheron dans* les lacs Ahémé et Nokoué. Au Sud-Ouest du Nigeria, dans le lac Eleiyele, Ayoade and Ikulala [14] ont également enregistré une croissance allométrique négative chez cette espèce*.* Contrairement aux auteurs précédents, Lalèyè [16] a déterminé une croissance isométrique chez *S. melanotheron* dans le fleuve Ouémé. La variation des relations taille-masse et taille-taille dans les eaux tropicales sont récurrentes. Plusieurs facteurs seraient à l'origine de la fluctuation de la croissance des ressources halieutiques. En effet, la disponibilité des substances nutritives, les paramètres environnementaux, l'état de la pêche, le stress et les pathologies ainsi que les efflorescences de phytoplancton toxique pourraient expliquer la croissance des poissons [17, 18, 4]. Des études

antérieures ont également montré que les bactéries pathogènes et certains parasites protozoaires sont souvent des facteurs limitant la production aquacole de *S. melanotheron* [19, 20]. Au Sénégal, *S. melanotheron* est considérée comme une espèce sentinelle car elle est retrouvée dans tous les écosystèmes aquatiques [21] y compris les eaux très polluées et hyperhalines [3]. Des baisses de performance de croissance ont été rapportées chez cette espèce dans les localités de Niayes 2 et de Kaolack caractérisées par des milieux hypersalins au Sénégal [22, 23]. En effet, la variabilité de la salinité des estuaires induit l'activation des mécanismes d'osmorégulation chez les poissons. Ces mécanismes étant consommateurs d'énergie [24] pourraient influencer fortement la croissance des tilapias. L'action combinée de la salinité, des polluants, du changement climatique seraient à l'origine des perturbations physiologiques des ressources halieutiques en occurrence dans la baie de Biétry.

Par ailleurs, *S. melanotheron* allouent-elles la majeure partie de leur énergie à la reproduction et au métabolisme, au détriment de la croissance corporelle face à la pollution. Leur adaptabilité aux stress environnementaux suggère qu'elles possèdent des réponses écophysiologiques différentes à diverses conditions environnementales.

5 CONCLUSION

L'étude avait révélé que l'espèce *Sarotherodon melanotheron* a eu une allométrie négative. Vu la rusticité de cette espèce dans ce milieu pollué, elle apparait comme un bio-indicateur potentiel de la pollution de la lagune Ebrié de Biétry.

REFERENCES

[1] B. Adepo-Gourène et G. 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.

[2] Vanga A.F., Gourène G. et Ouattara M., Impact de la pêche sur la disposition en poisson dans les régions des lacs d'Ayamé et de Buyo (Côte d'Ivoire), Archives Scientifiques, CRO, Abidjan, vol. 22, no. 2, pp. 1-12, 2002.

[3] N'Diaye A., Réponses du tilapia Sarotherodon melanotheron aux stress multiples (salinité et contaminants chimiques): approche multi-paramétrique, Thèse de Doctorat, Université de Montpellier II, France, 226 p., 2012.

[4] J. N. Yapi, M. C. Blé, A. O. Etchian, V. Kadjo and K. Yao, «Relative Growth and Morphometric Characterization of Mangrove Oyster, *Crassostrea gasar* of the Lagoons Ebrié and Aby (Côte d'Ivoire)», *Haya: The Saudi Journal of Life Sciences,* vol. 2, no. 3, pp. 89-98, 2017.

[5] Gold C., Etude des effets de la pollution métallique (Cd/Zn) sur la structure des communautés de diatomées périphériques des cours d'eau, Approches expérimentales in situ et en laboratoires, Thèse de doctorat: Université Bordeaux I, France, 175 p., 2002.

[6] B. Guyonnet, C. Aliaume, J. J. Albaret, C. Casellas, A. Zerbi, G. Lasserre and T. Do Chi, «Biology of *Ethmalosa fimbriata* (Bowdich) and fish diversity in the Ebrie Lagoon (Ivory Coast), a multipolluted environment», *ICES Journal of Marine Science,* no. 60, pp. 259-267, 2003.

[7] R. Arfi, P. Dufour and Maurer D., Phytoplancton et pollution: première étude en baie de Biétri (Côte d'Ivoire). Traitement mathématique des données, *Oceanology, Acta,* vol. 4, no. 319330, 1981.

[8] Durand J. R, Guiral D., Hydroclimat et hydrochimie. In: Environnement et ressources aquatiques de Côte d'Ivoire, Les milieux lagunaires, ORSTOM, no. 2, pp. 59-90, 1994.

[9] M. Side, E. Y. G. H. Alla, B. I. Kakou et B. A. Adepo-Gourène, Adaptatives Responses of the Species *Ethmalosa fimbriata* in Biétri Bay, a Highly Disturbed Environment, *Journal of Biology and Life Science,* vol. 12, no. 1, pp. 48-63, 2021.

[10] A.O. Lawal-Are and A. T. Owolabi, «Comparative Biology of the Prawns *Macrobrachium macrobrachion* (Herklots) and *Macrobrachium vollenhovenii* (Herklots) From Two Interconnecting Fresh/Brackish Water Lagoons in South-West Nigeria», *Journal of Marine Science: Research & Development,* no. 2, pp. 100-108, 2012.

[11] L. Tah, G. Gooré Bi and K. S. Da Costa, «Length-weight relationships for 36 freshwater fish species from two tropical reservoirs: Ayamé I and Buyo, Côte d'Ivoire», *International Journal of Tropical Biology,* vol. 60, no. 4, pp. 1847-1856, 2012.

[12] H. D. L. Tenda, A. L. Zamba, J. Goma-Tchimbakala, L. B. Mikembi, H. F. P. Ngot and V. Mamonekene, «Effets saisonniers sur les relations poids-longueurs et coefficients de condition pour 16 espèces de poissons de la Lagune Mvassa, basse Guinée, République du Congo», Journal *of Animal & Plant Sciences,* vol. 44, no. 1, pp. 7540-7552, 2020.

[13] C. Niyonkuru and P. A. Lalèyè, M. C. Villanueva, J. Moreau, «Population parameters of main fish species of lake Nokoué, Benin», *Journal of Afro Tropical Zoology,* no. 3 (Special issue), pp. 149-155, 2007.

[14] A. A. Ayoade and A. O. O. Ikulala, «Length weight relationship, condition factor and stomach contents of *Hemichromis bimaculatus, Sarotherodon melanotheron* and *Chromido tilapia guentheri* (Perciformes: Cichlidae) in Eleiyele Lake, Southwestern Nigeria», *Revista de Biologia Tropical,* 55 (3-4), 969 - 977, 2007.

[15] C. Niyonkuru and P. A. Lalayè, «A Comparative Ecological Approach of the Length–Weight Relationships and Condition Factor of *Sarotherodon Melanotheron* Rüppell, 1852 and Tilapia guineensis (Bleeker 1862) in Lakes Nokoué and Ahémé (Bénin, West Africa)», *International Journal of Business, Humanities and Technology,* vol. 3, no. 2, pp. 41-45, 2012.

[16] P. Lalèyè, «Length-weight and length-length relationships of fishes from the Ouémé River in Bénin (West Africa). *Journal of Appied Ichthyology»,* no. 22, pp. 330-333, 2006.

[17] V. Kadjo, O. A. Etchian, J. N. Yapi, C. M. Blé and A. J. L. Okon, D. Soro and Otchoumou A., «Fertility of Caribbean Freshwater Shrimp *Atya scabra* (Leach, 1815) in the Bia River, South-East Region, Côte d'Ivoire», *International Journal of Sciences: Basic and Applied Research,* 29, 45-57, 2016.

[18] Lederoun D., Laleye P., Vreven E. and P. Vandewalle P., «Length-weight and length weight relationships and condition factor for 30 actinopterygian fish from the mono basin (Benin and Togo, West Africa)», *Cybium,* vol. 40, no. 4, pp. 267-274, 2016.

[19] Lees D., «Viruses and bivalve shellfish», *International Journal of Food Microbiology,* vol. 59, no. (1-2), pp. 81-116, 2000.

[20] OIE (World Organization for Animal Health), *Manual of Diagnostic Tests for Aquatic Animals* dans C. J. Dawe, J. C. Scientifique et Technique de l'Office International des Epizooties, no. 15, pp. 401-408, 2006.

[21] Paugy O., Lévêque C. and Teugels G. G., *Poissons des eaux douces et saumâtres de l'Afrique de l'Ouest,* Editions de l'IRD, Paris, France, 68, Faune et Flore tropicales, Paris, 2003.

[22] J. Panfili, A. Mbow, J. D. Durand, K. Diop, K. Diouf, D. Thior, P. Ndiaye, R. Lae, «Influence of salinity on the life-history traits of the West African black-chinned tilapia (*Sarotherodon melanotheron*): comparison between the Gambia and Saloum estuaries», *Aquatic Living Resources,* no 17, pp. 65–74, 2004.

[23] M. Tine, J. de Lorgeril, J. Panfili, K. Diop, F. Bonhomme and J. D. Durand, «Growth hormone arid prolactin-1 gene transcription in natural populations of the black-chinned tilapia Sarotherodon melanotheron acclimatised to different salinities», *Comparative Biochemistry and Physiology B Biochemistry and Molecular Biology,* no. 147, pp. 541–549, 2007.

[24] I. P. Saoud, S. Kreydiyyeh, A. Chalfoun and M. Fakih, «Influence of salinity on survival, growth, plasma osmolality and gill Na+K+ ATPase activity in the rabbitfish *Siganus rivulatus», Journal Experimental Marine Biology and Ecology,* 348, 183–190, 2007.

International Journal of Innovation and Applied Studies
ISSN 2028-9324 Vol. 43 No. 4 Oct. 2024, pp. 945-954
© 2024 Innovative Space of Scientific Research Journals
http://www.ijias.issr-journals.org/

Diagnostic d'utilisation du matériel didactique de Physique par les enseignants de 3ième année des humanités scientifiques dans les deux sous-divisions de Mbanza-Ngungu

[Diagnosis of the use of Physics didactic material by 3rd year teachers of scientific humanities in the two sub-divisions of Mbanza-Ngungu]

MBUNDU NDOKI Tadé-Etienne[1], BAZANGIKA MUSANDA WA SADI Rama[1], BONZEKE SHOLE Didier[2], and KINYOKA KABALUMUNA God'El[3]

[1]Département de Physique et des Sciences Appliquées, Section des Sciences et Technologies, Institut Supérieur Pédagogique de Mbanza-Ngungu, Mbanza-Ngungu, Kongo Central, RD Congo

[2]Département de Psychopédagogie, Section Technique, Institut Supérieur Pédagogique de Mbanza-Ngungu, Mbanza-Ngungu, Kongo Central, RD Congo

[3]Département de Physique et des Sciences Appliquées, Faculté des Sciences, Université Pédagogique Nationale, Kinshasa, RD Congo

Copyright © 2024 ISSR Journals. This is an open access article distributed under the ***Creative Commons Attribution License***, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

ABSTRACT: This study aims at demonstrating that secondary school teachers of physics, in two sub-divisions of Mbanza-Ngungu, still provide teaching materials in both sub-divisions of Mbanza – Ngungu foresee didactic materials in their planning sheets. Hower, these materials are not always adequate to the lesson objectives and the conditions of their exploitation. Their physical existence is a problem, too.

Thus, by a technique of investigation with the teachers of the region of Mbanza-Ngungu, by interposed audio-visual recordings, we identified, thanks to an observation grid, through the notion of electricity taught in 3rd Scientific, the existence and the nature of the didactic material, the moments and the conditions of its exploitation in order to improve the didactic action of the teachers of this class.

KEYWORDS: diagnostic, use, didactic materials, Physics, teacher, sub-division.

RESUME: L'objet de ce mémoire est de démontrer que les enseignants de Physique du secondaire, dans les 02 sous-divisions de Mbanza-Ngungu, prévoient tout de même le matériel didactique dans leurs fiches de préparation mais que ce matériel n'est pas toujours adéquat aux objectifs de leurs leçons et les conditions de son exploitation, voire son existence physique laisse à désirer.

Ainsi, par une technique d'enquête auprès des enseignants de la contrée de Mbanza-Ngungu, en République Démocratique du Congo, au travers des enregistrements audio-visuels interposés, nous avons identifié, grâce à une grille d'observation, à travers la notion d'électricité enseignée en 3ième année des humanités Scientifiques, l'existence et la nature du matériel didactique, les moments et les conditions de son exploitation afin d'améliorer l'action didactique des enseignants de cette classe.

MOTS-CLEFS: diagnostic, utilisation, matériel didactique, Physique, enseignant, sous-division.

1 INTRODUCTION

Dans les interactions didactiques enseignant/enseigné sur l'apprentissage de la Physique, nous avons constaté que les apprenant deviennent de plus en plus désintéressés et les échecs les conduisent à une aversion de plus en plus prononcée, probablement parce que trop souvent la pratique enseignante se réduit à de simples applications numériques et/ou à des simples évocations d'expériences contées.

Corresponding Author: MBUNDU NDOKI Tadé-Etienne

Malgré que la préparation consiste au choix *du contenu notionnel à enseigner, à l'emploi* ***d'un matériel didactique adapté,*** *à la méthodologie et aux objectifs à atteindre, à travers une fiche de préparation,* bon nombre d'enseignants ne font appel, ni dans l'exposition de la matière ni dans la résolution des exercices à l'usage du *matériel didactique* ou aux qualités principales que les cours de Physique doivent pourtant développer chez les apprenants (l'esprit scientifique), à savoir *sens de l'observation, imagination, esprit d'analyse, esprit de synthèse, sens critique, ordre et méthode,* etc. Ce qui fait que beaucoup d'élèves congolais ont une piètre estime de la Physique.

Pendant que les *chercheurs* du domaine sont préoccupés par la résolution des difficultés d'apprentissage des jeunes depuis la préscolaire, qu'elles soient d'ordre épistémologique, psychologique ou praxéologique, notre contribution consiste à les renseigner sur le niveau d'utilisation du matériel didactique dans l'apprentissage de la Physique que nous estimons être *la cause principale* des difficultés éprouvées par les élèves de la 3ième année des humanités scientifiques.

2 APPROCHE METHODOLOGIQUE

2.1 LA POPULATION ET L'ECHANTILLON DE L'ETUDE

Dans cette recherche, la population cible est constituée de tous les professeurs de physique en 3ième année scientifique, œuvrant dans les 02 sous-divisions de Mbanza-Ngungu I et Mbanza-Ngungu II. Statistiquement parlant et selon les données fournies par les 02 sous-divisions situées dans la Province éducationnelle du Kongo Central II implantée dans la cité de Mbanza-Ngungu, ils sont au nombre de 75 enseignants correspondant à 75 écoles organisant l'option scientifique. Il s'agit d'une population dite finie.

Nous avons opté pour un échantillon au hasard, en utilisant la technique de l'échantillonnage aléatoire simple et stratifié.

Au niveau de notre enquête - sondage, nous avons filmé 66 professeurs de physique (66 leçons). Pour valider notre grille d'observation, nous avons considéré 33 enseignants. Nous les avons choisis au hasard. Ces 33 enseignants n'ont pas été pris en compte dans l'administration de l'épreuve. Ceci pour éviter l'étape du post test.

En fait, C'est en s'inspirant de la table calculée d'échantillon randomisé pour une population donnée de 10 à 100 000 avec 95% de degré de confiance de Morgan que nous avons considéré un échantillon de 63, ramené à 66 enseignants pour une population de 75 professeurs.

Schématiquement, en suivant la procédure susmentionnée, nous avons dressé le tableau 1 qui présente les détails de notre échantillon stratifié pondéré.

Tableau 1. Echantillon selon le régime de gestion des écoles

N^{bre}	***Régime de gestion***	***Effectif***	***C***	***Echantillon***		
				total	***Pré-test***	***%***
1	Ecoles Non Conventionnées	11	0,88	10	5	50
2	Ecoles Conventionnées Catholiques	17	0,88	15	7	46,7
3	Ecoles Conventionnées Batistes du Fleuve Congo	10	0,88	9	4	44,4
4	Ecoles Conventionnées de la CEC	5	0,88	4	2	50
5	Ecoles Conventionnées Islamiques	1	0,88	1	1	100
6	Ecoles Conventionnées Kimbanguistes	6	0,88	5	2	40
7	Ecoles Conventionnées Salutistes	5	0,88	4	2	50
8	Ecoles Conventionnées de l'EBNM	1	0,88	1	1	100
9	Ecoles Conventionnées de la CBCO	1	0,88	1	1	100
10	Ecoles Privées Agréées	18	0,88	16	8	50
	TOTAL ECOLES	**75**	**0,88**	66	33	50

En guise de validation et en vue de se rassurer de la possibilité de son utilisation, nous avons testé notre check-list auprès de 33 enseignants de 3ième scientifique de 33 écoles différentes, pris au hasard dans notre échantillon. Ceci a constitué notre **pré-test**.

2.2 LE DISPOSITIF EXPÉRIMENTAL

Ayant opté pour un plan pseudo-expérimental, notre dispositif expérimental est basé sur deux types d'analyse des données recueillies:

- Le plan d'analyse globale des données destinée à vérifier la bonne utilisation du matériel didactique par les enseignants de Mbanza-Ngungu (variable indépendante);
- Le plan d'analyse catégorielle des données destinée à vérifier **l'influence ou non des variables** intermédiaires et dépendantes:

Pour notre check-list, nous avons comme dispositif expérimental, l'illustration de la figure 2.1:

Fig. 1. Dispositif expérimental sommaire

2.3 LES METHODES ET LES TECHNIQUES UTILISEES

Nous avons opté pour des observations indirectes de l'utilisation du matériel didactique par les enseignants de la province éducationnelle du Kongo central II *« à travers des films des leçons »*.

Nous avons procédé de la manière suivante:

a. Examen du programme national de Physique de la 3ième année des humanités scientifiques en le découpant en leçon et en y affectant un matériel didactique adapté;
b. Elaboration et administration du questionnaire d'enquête;
c. Préparation et validation de l'instrument de récolte des données;
d. Préparation et validation de l'instrument d'enregistrement des images;
e. Elaboration d'une fiche modèle qui prenne en compte l'usage du matériel dans une leçon de Physique;
f. Administration de l'instrument et collecte des données;
g. Analyse et interprétation des résultats.

S'agissant de la pré-consistance interne de l'instrument, le test Q de Cochran a été nécessaire. Il a aidé à tester si certaines questions appariées étaient significativement différentes entre elles.

Après calcul du facteur Q de Cochran, amendement des réactions des juges et complément des aspects manquants, la proposition de la check-list émanant du focus group, avec la participation d'un psychologue, a été réduite à 35 indicateurs et divisée en quatre hypothèses (ou grappes), représentées dans le schéma ci-après:

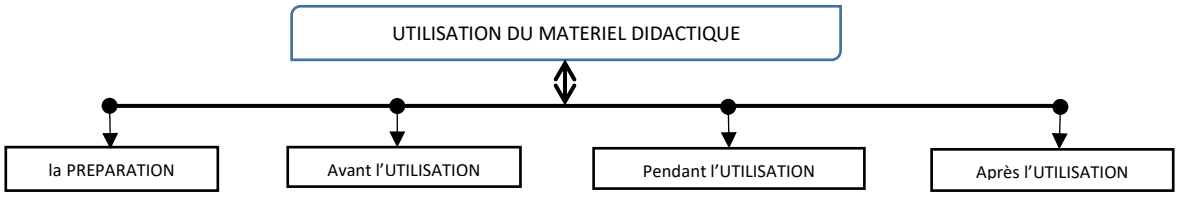


Fig. 2. Répartition des indicateurs d'utilisation du MD en grappes

3 RESULTATS

3.1 LA PRESENTATION DE L'ANALYSE DE L'ECHANTILLON

Dans les tableaux ci-dessous, nous avons signalé la répartition des enquêtés en fonction de 02 variables «écoles» et «enseignants» selon les indicateurs en présence.

3.1.1 DE L'ÉCOLE

Tableau 2. Répartition des enquêtés selon l'organisation administrative, le régime de gestion, l'emplacement de l'école et la disponibilité de laboratoire

Indicateurs		Effectif	%
Organisation Administrative	*S/D1*	21	63,6
	S/D2	12	36,4
Régime de Gestion	Ecoles Publiques	23	69,7
	Ecoles Privées	10	20,3
Emplacement de l'école	Ecoles situées au centre-ville	22	66,7
	Ecoles situées dans la périphérie	11	33,3
Disponibilité de Laboratoire de Physique	Existe mais non équipé	1	3,0
	Existe mais pauvre	6	18,2
	N'existe pas	26	78,8

Il a été important de vérifier l'existence et les équipements du laboratoire physique dans toutes les écoles ciblées. Le constat est que 26 (78,8%) enseignants enquêtés prestent dans les écoles qui n'ont pas de laboratoire et 06 (18,2%) œuvrent dans les écoles ayant au moins un laboratoire, mais pauvre en équipements ou peu équipé.

3.1.2 DE L'ENSEIGNANT

Tableau 3. Répartition des enquêtés selon l'ancienneté, le genre, le niveau d'études et la nature de la formation

Indicateurs		Effectif	%
Ancienneté	De 1 à 5	11	33,3
	6 ans à plus	22	66,7
Genre	Masculin	31	93,9
	Féminin	2	6,1
Niveau d'études	Gradué	27	81,8
	Licencié	6	18,2
Nature de la formation	Pédagogie appliquée	30	90,9
	Autres formations	3	9,1

Concernant l'ancienneté, la majorité est dans la tranche de 6 ans et plus dans l'enseignement, soit 66,7% et 11 (33,3%) sont dans la tranche de 1 à 5 ans dans l'enseignement.

L'échantillon comporte 31 enseignants (93,9%) et 02 enseignantes (6,1%).

Le niveau d'études des enseignants revêt également un caractère important pouvant définir les informations générales de notre échantillon et influencer l'utilisation du matériel didactique. Dans une telle approche, il ressort que la grande partie d'enseignants enquêtés jouissent d'un niveau de graduat (81,8%) et 06 (18,2%) sont de licenciés.

Par le fait que l'utilisation du matériel didactique de physique est l'apanage des enseignants ayant fait la Pédagogie appliquée, il est question de savoir si ces enseignants sont des pédagogues de formation. Il ressort que 30 (90,9%) enseignants enquêtés ont fait la pédagogie appliquée et 03 (9,1%) sont d'une autre formation.

3.2 L'UTILISATION DU MATÉRIEL DIDACTIQUE

Du point de vue utilisation des matériels didactiques, notre recherche se concentre autour d'un certain nombre de questions regroupées en quatre phases (voir grille d'observation en annexe): *phase de préparation de la leçon, phase d'avant utilisation, phase d'utilisation et phase d'après utilisation* en établissant un lien avec les cinq comportements verbaux suivants: la structuration, la sollicitation, le management, le feed-back et la participation.

3.2.1 PHASE DE PREPARATION DE LA LEÇON

Pour garantir la pertinence de nos résultats, nous avons expressément désigné certaines modalités issues de la littérature en vue de connaitre si les enseignants prennent en compte les matériels didactiques pendant la préparation de la leçon. Nous avons récolté 33 fiches de préparation auprès de 33 enseignants de 33 écoles et y avons observé une série de onze indicateurs enfin de vérifier cela.

D'après les résultats obtenus, 28 enseignants (84,8%) prévoyaient le matériel didactique dans leurs fiches de préparation. Parmi ces enseignants, 03 (9,1%) seulement avaient prévus les conditions d'exploitation du matériel didactique sur la fiche de préparation. Les matériels didactiques de 21 (63,6%) enseignants avaient prévu les matériels didactiques adaptés au niveau de la technologie actuelle. 20 (60,6%) enseignants avaient prévu des matériels didactiques inadéquats avec les objectifs de la leçon. 18 (54,5%) enseignants dont les matériels didactiques n'étaient pas susceptibles de stimuler la pensée divergente et d'éveil de l'intérêt intellectuel des élèves, ni la compréhension et l'intégration rapide des élèves dans la leçon et ni aussi le rappel et approfondissement des connaissances des élèves dans la leçon. 21 (63,6%) enseignants avaient prévu des matériels didactiques qui constituaient une force d'illustration. 19 (57,6%) enseignants dont les matériels didactiques constituaient une force d'incitation ou de motivation. 17 (51,6%) enseignants avaient prévu des matériels didactiques faisant appel à une nouvelle forme d'attention.

Comme on le voit, ***les enseignants, dans leur majorité, quel que soit le régime de gestion, prévoient le MD dans leurs fiches d'exploitation***.

3.2.2 PHASE D'AVANT UTILISATION

Située entre l'entrée dans la salle et l'annonce du sujet, nous observons si ce qu'il a prévu existe bel et bien, le dissimile-t-il à l'entrée ou non.

Il ressort du tableau ci-dessous que 19 (57,6%) enseignants avaient prévu du matériel qui n'existaient pas; 31 (93,9%) enseignants n'avaient pas dissimilé le matériel didactique avant leurs présentations; 20 (60,6%) enseignants n'avaient pas exposé leur matériel didactique avant leurs utilisations; 25 (75,8%) enseignants ne vérifiaient pas la qualité fonctionnelle de matériel didactique à exploiter.

3.2.3 PHASE D'UTILISATION

Cette phase est consacrée à l'utilisation du matériel didactique pendant la leçon. Nous observons si le professeur le présente aux élèves avant de l'utiliser, respecte-t-il le moment et les étapes de la leçon dans son emploi, s'il recourt à la schématisation et, si grâce au matériel didactique, les élèves sont motivés. Les résultats sont résumés dans le tableau ci-dessous.

Il ressort du tableau ci-dessous que 18 (54,5%) enseignants enquêtés motivent les apprenants à acquérir de nouvelles performances, 21 (63,6%) enseignants ne présentent pas le Matériel Didactique aux élèves avant son utilisation, 21 (63,6%) enseignants ne font pas recourt au dessin et/ou au schéma au Tableau Noir, 30 enseignants (90,9%) enseignants n'improvisent pas les matériels didactiques dans la salle, 21 (75,8%) d'enseignants enquêtés leurs matériels didactiques ne stimulent pas l'éveil de l'attention des élèves, 32 (97%) professeurs ne font pas recourt à la décomposition et à la recomposition du matériel didactique, 32 (97%) des enseignants enquêtés ne respectent le temps d'utilisation des matériels didactiques, 32 (97%) des enseignants n'utilisent pas la rétroaction ou le feedback pendant la présentation des matériels didactiques. Les trente-trois enseignants enquêtés n'usent pas de l'approche par essai et erreur ou par tâtonnement, n'évaluent pas les essais et erreurs des apprenants et leurs apprenants n'ont eu la possibilité de procéder aux applications. 25 enseignants enquêtés disposaient des matériels didactiques ne clarifiant pas la théorie, n'aidant pas à la vérification de l'acquisition des concepts, et à la clarification des objectifs visés et n'étant pas conforme aux exigences de la méthode expérimentale.

Dans cette phase, nous avons fait correspondre les 5 comportements verbaux à chaque attitude de l'enseignant: la structuration, la sollicitation, le management, le feed-back et la participation.

3.2.4 PHASE D'APRÈS UTILISATION

A la phase d'après utilisation, nous orientons nos observations sur ce que le professeur fait de son MD, après la leçon: le range-t-il ?, fait-il une auto évaluation ?.

D'après les résultats de nos enquêtes sur cette phase, il s'observe que 31 (93,9%) enseignants n'évaluent pas las capacités et le savoir-faire des apprenants. Tous les enseignants enquêtés dissimilent le matériel didactique, après l'utilisation. 32 (97%) enseignants ne posent pas de questions sur ce qui a été fait, n'évaluent pas les réponses des apprenants et ne font même pas l'auto-évaluation.

La réponse à l'hypothèse principale sera donnée après une interprétation minutieuse des résultats y afférents obtenus.

Le tableau 3.3 en annexe résume les résultats chiffrés des phases d'utilisation du matériel didactique décrites ci-haut.

3.3 INFLUENCE DES VARIABLES MODERATRICES SUR LES RESULTATS

Pour répondre à l'hypothèse secondaire, nous avons tenté d'analyser les résultats en fonction des variables modératrices.

Nous avons recouru à l'analyse de Chi-deux dans le but de vérifier la dépendance entre les indicateurs observation de l'utilisation du matériel didactique et les informations sur l'identification des enseignants enquêtés. L'objectif est de vérifier si les éléments identifiant les enseignants enquêtés ont une influence sur l'utilisation ou non du matériel didactique en physique.

3.3.1 PAR RAPPORT À LA PHASE DE PREPARATION DE LA LEÇON

Les résultats obtenus attestent statistiquement que l'organisation administrative de l'école n'a aucune influence sur la prévision du matériel didactique pendant la préparation de la leçon. Plus précisément, l'enseignant qu'il soit de la sous-division 1 ou sous-division 2, a la même intention sur la prévision du matériel didactique.

On pourrait croire que les enseignants des écoles privées sont plus contraints aux exigences pédagogiques que ceux des écoles publiques. Les résultats de notre analyse prouvent que la prévision du matériel didactique pendant la préparation de la leçon ne dépend pas du régime de l'école.

En ce qui concerne l'emplacement de l'école, les résultats de Chi-deux renseignent que 03 indicateurs sur 11 observés, montrant l'intention de l'utilisation du matériel didactique pendant la préparation de la leçon, sont statistiquement significatifs, c'est-à-dire l'adaptation des matériels didactiques à la technologie, la constitution d'une force d'illustration du matériel didactique prévus et le fait que les matériels didactiques prévus fassent appel à une nouvelle forme d'attention dépendent de l'emplacement de l'école. Les autres indicateurs n'ont aucune influence sur l'emplacement de celle-ci.

La disposition du laboratoire n'influence pas l'intention des enseignants à prévoir le matériel lors de la préparation de la leçon. Tous les indicateurs observation sont statistiquement non significatifs.

3.3.2 PAR RAPPORT À LA PHASE D'AVANT UTILISATION

Les résultats de notre analyse sur la dépendance ou l'indépendance des facteurs de l'identification des enseignants enquêtés et les indicateurs d'observation sur l'utilisation de matériel didactique avant leur utilisation sont tels que l'organisation administrative et l'emplacement de l'école n'ont aucune influence sur la phase d'avant utilisation du matériel didactique. Dans l'autre sens, le régime de l'école influe sur l'existence des matériels prévus et sur l'exposition de ces matériels. Enfin la disponibilité de laboratoire impacte dissimilation des matériels didactiques avant son utilisation.

3.3.3 PHASE D'UTILISATION

L'analyse de la phase d'utilisation est réalisée en éliminant 03 indicateurs d'observation notamment: « le professeur use-t-il de l'approche par essai et erreur ou par tâtonnement ?»; « le professeur évalue-t-il les essais et erreurs des apprenants ?»; « les apprenants ont-ils eu la possibilité de procéder aux applications ? » par le fait que leur distribution était parfaite.

De manière générale, les facteurs d'identification des enseignants enquêtés ont une très faible influence sur l'utilisation du matériel didactique. Le recourt au dessin ou schéma au tableau et la conformité du matériel didactique aux exigences de la méthode expérimentale dépendent respectivement de l'organisation administrative de l'école et la disponibilité du laboratoire.

3.3.4 PHASE APRÈS UTILISATION

Tous les facteurs d'identification des enseignants enquêtés n'ont aucune influence sur la phase après utilisation du matériel didactique. Seulement l'évaluation de capacité et du savoir-faire des apprenants dépend de la disponibilité du laboratoire.

3.4 INTERPRÉTATION DES RÉSULTATS

3.4.1 VERIFICATION DE L'HYPOTHESE PRINCIPALE TENANT COMPTE DU COMPORTEMENT DES ENQUETES

À partir du résumé du tableau.4. ci-dessous, nous avons interprété les résultats obtenus, selon les cas majoritaires:

Tableau 4. Interprétation des résultats selon les cas majoritaires

Variables	*Organisation administrative*	*Régime*	*Emplacement*	*Laboratoires*	*Observation*
Ecole	Sous-division 63,6 %	Publique 69,7 %	Centre-ville 66,7 %	Non existant 78,8 %	L'enquête s'est basée sur les enseignants de la sous-division 1, appartenant dans des écoles publiques du centre-ville et n'ayant pas de laboratoire approprié.
Enseignant	Ancienneté de + de 6 ans 66,7 %	Genre masculine 93,9 %	Niveau d'étude de graduat 81,8 %	Nature formation (Pédagogie appliquée) 90,9%	L'enquête s'est basée sur les enseignants gradués de sexe masculin ayant une ancienneté de plus de 6 ans et ayant fait la pédagogie appliquée.
Phases d'utilisation du MD	***Préparation : Oui (51,5 %)***	***Avant : Non (75,8 %)***	***Pendant : Non (75,8 %)***	***Après : Non (97,0 %)***	Dans la plupart des cas, les matériels didactiques prévus ne figurant ni avant ni pendant ni après. Il y a certitude à 75,0%.

Commentaire à propos du tableau:

S'agissant du genre, nous avons observé plus d'enseignants parmi la population enquêtée que d'enseignantes, du fait que les femmes sont de moins en moins intéressées au domaine des sciences physiques.

L'échantillon est constitué de 69,7 % d'écoles publiques, situées à 66,7 % au centre-ville et ne disposant pas à 78,8 % de laboratoire.

66,7 % d'enseignants ont une ancienneté de plus de 6 ans, du genre masculin à 93,4 %, tous gradués à 81,8 % et de formation pédagogique à prêt de 90,9 %.

Il ressort de ce tableau que 51,5 % d'enquêtés prévoient le MD sur la fiche de préparation; par contre, ils ne prévoient pas les conditions de leur exploitation; le matériel didactique prévu n'existe pas ou que les enseignants n'en disposent pas.

Il y a donc lieu d'affirmer que les enseignants de Physique en 3ième des humanités scientifiques n'utilisent pas le matériel didactique dans des leçons. ***Il n'y a ainsi aucun doute que cette absence, le sous-emploi et même la mauvaise utilisation du matériel didactique pourraient justifier l'aversion constatée dans le chef des élèves vis-à-vis de la physique; d'où les échecs récurrents enregistrés dans cette discipline.***

3.4.2 VÉRIFICATION DE L'HYPOTHÈSE SECONDAIRE

Tenant compte du tableau synthétique ci-dessous, nous pouvons affirmer globalement que les variables modératrices ont moins d'influence (29,03 %) sur les résultats de notre enquête. Ceci confirme notre hypothèse secondaire de départ.

Tableau 5. Interprétation des résultats selon les variables modératrices

	Phase de préparation de la leçon	*Phase d'avant utilisation*	*Phase pendant l'utilisation*	*Phase d'après utilisation*	*Total significatif*
Organisation administrative	-	-	1/12(18) (8,33 %)	-	1/31(18) (3,22 %)
Régime de gestion	-	2/4(12, 14) (50 %)	-	-	2/31(12, 14) (6,45 %)
Emplacement de l'école	3/11(3, 9, 11) (27,27 %)	-	-	-	3/31(3, 9, 11) (9,68 %)
Laboratoires	-	1/4(13) (25 %)	1/12(30) (8,33 %)	1/4(31) (25 %)	3/31(13, 30, 31) (9,68 %)
Total significatif	3/11(3, 9, 11) (27,27 %)	3/4(12, 13, 14) (75 %)	2/12(18, 30) (16,66 %)	1/4(31) (25 %)	*9/31(3, 9, 11, 12, 13, 14, 18, 30, 31) (29,03 %)*

Il nous indique que:

- Les écoles de Mbanza-Ngungu ne possèdent pas des laboratoires de physique: 9,68% de présence;
- Les enseignants de Physique troisième scientifique n'utilisent pas le Matériel didactique pendant les leçons: 16,66% du total;
- Les conditions d'exploitation du Matériel didactique sont en majorité de temps non respectées: 9,1% de présence.

De l'analyse des données du tableau N° 3.1, apparait un constat particulier:

1) Dans la majorité d'écoles de 02 sous-divisions, sans exception de sous-division, de régime ou d'emplacement, les laboratoires sont inexistences;
2) Là où ils existent, ils sont pauvres ou non équipés.

De l'analyse des données du tableau N° 3.3, il ressort 08 observations:

1) Dans la phase de la préparation:
   a. La majorité d'enseignants prévoient le matériel didactique dans leur, sans distinction d'ancienneté, du genre, du niveau d'études ou de la nature de la formation;
   b. Malheureusement, tous, en grande partie, ne prévoient pas les conditions de leur exploitation.
2) Dans la phase d'avant utilisation:
   a. Sauf chez les privés, les écoles de 02 sous-divisions, quel que soit leurs emplacements, ne disposent pas des matériels didactiques qu'ils ont eux-mêmes prévus sur la fiche de préparation;
   b. Là où les enseignants disposent effectivement du MD, ils ne prennent pas soin de les dissimiler à l'entrée.
2) Dans la phase d'utilisation:
   a. Presque tous ne prennent pas soin de présenter le MD avant son utilisation;
   b. Ils ne respectent pas pour la plupart les étapes ou le temps d'utilisation du MD;
3) Dans la phase d'après utilisation:
   a. Les enseignants ne prennent n'évaluent pas les capacités et le savoir-faire des apprenants;
   b. Ils ne dissimilent pas le MD après l'utilisation.

4 DISCUSSIONS DES RESULTATS ANALYSES

En effet, pour utiliser le matériel didactique, l'enseignant doit d'abord le prévoir sur sa fiche de préparation, y compris signaler les conditions de son exploitation, au risque de tomber dans l'improvisation.

Avant notre descente sur terrain, nous nous sommes donné la peine de commencer par analyser les fiches des enseignants à inspecter pour répondre à la question préalable de savoir si les enseignants prévoyaient les MD dans leur préparation.

Il ressort des résultats consignés, dans sa phase de préparation, que 84,8% d'enseignants, quel que soit le régime de gestion, prévoient de MD dans la préparation de leçons.

Malheureusement, c'est une infime minorité (9,1%) seulement qui prévoit les conditions de leur exploitation. Ce qui permet de conclure que les enseignants, non seulement, qu'ils ne connaissent pas comment utiliser les MD mais le fond pour la simple formalité.

Les réponses enregistrées aux indicateurs du même tableau confirment notre tendance du paragraphe précédent car à peine 57,6% d'enseignants avaient l'effectivité du MD prévu contre 42,4%. Le même tableau nous renseigne que la majorité d'enseignants, du moins ceux qui pouvaient disposer du MD, ne l'ont pas dissimilé, ni l'exposer avant leur exploitation.

Dans la phase d'utilisation consacrée à la vérification de l'exploitation effective du MD par les enseignants au cours de la leçon, le tableau 4. indique que 75,8% d'enseignants enquêtés ne stimulent pas l'éveil de l'attention des élèves à partir du MD.

Nous sommes tentés de répondre à cette question principale par la négative. Car, de ce qui précède et au vu des résultats du tableau 5, les enseignants de 3ième scientifique de Mbanza-Ngungu n'exploitent pas rationnellement le MD au cours de leur prestation en classe réelle. Ainsi confirmons-nous ici l'hypothèse nulle.

Au sujet de la vérification de l'influence des variables modératrices sur les résultats, une manière de répondre à l'hypothèse secondaire, l'hypothèse nulle est aussi confirmée car il s'est avéré l'absence de relation entre ces variables et les résultats trouvés ci-

haut. Quel que soit le facteur école ou enseignant, les facteurs d'identification des enseignants enquêtés ont une très faible influence sur l'utilisation du matériel didactique.

Du point de vue de l'organisation administrative, le tableau 5 indique que tous les indicateurs sont non significatifs dans toutes les phases. Sauf l'indicateur de recours au schéma ou au dessin au tableau noir, lequel tableau a donné une différence significative entre les anciens et les nouveaux dans la phase d'utilisation.

Du point de vue de la variable régime de gestion, nous avons aussi noté la même situation sauf aux indicateurs 12 et 14 dans la phase d'avant utilisation relatifs à l'existence réelle du MD prévu et à l'exposition de celui-ci avant leur utilisation. Sur ce, une différence a apparu entre les enseignants des écoles privées et ceux des écoles publiques.

A la variable emplacement de l'école, nous pouvons remarquer que, de la préparation à l'après utilisation, en passant par la phase d'avant et d'utilisation, l'influence des indicateurs n'est pas marquante sur l'exploitation des MD. Exceptées des indicateurs 3, 9 et 11 de la phase de préparation relatifs respectivement à l'adaptation des MD au niveau de la technologie actuelle, à la force d'illustration et la capacité du MD de constituer une nouvelle forme d'attention qui eux tous, ont donné une différence entre les enseignants des écoles de brousse et celles des centre-ville.

En définitive, nous pouvons rejeter nos deux hypothèse en affirmant l'hypothèse nulle pour les deux cas. En effet, les enseignant de 3ième Scientifique de la contrée de Mbanza-Ngungu n'utilise pas dans leur majorité les MD et cela, sans tenir compte de l'organisation administrative, du régime de gestion, de l'emplacement de l'école, moins encore de l'ancienneté, du genre, du niveau d'étude ou de la nature de leur formation. Même l'existence d'un laboratoire au sein de l'école n'a pu influencer cette exploitation.

Ce qui prouve que le problème demeure entier et mérite d'être résolu. Ce qui justifie même la nécessité une étude plus approfondie sur l'impact de l'utilisation rationnelle du MD sur le rendement des élèves de la même classe et celle d'une formation continue des enseignants de Physique de toutes les classes.

5 CONCLUSION

Cette recherche avait pour but de se rendre compte de l'utilisation rationnelle ou non du matériel didactique de Physique par les enseignants de 3ième des humanités Scientifiques dans les deux sous-divisions de Mbanza-Ngungu, pendant l'année scolaire 2020-2021. Dans la foulée, il a fallu mesurer l'influence que pourraient avoir les indicateurs sociodémographiques sur l'utilisation du MD par ces derniers.

Si l'un des apports manifeste de cette étude est la mise au point d'une *grille validée* d'évaluation de l'emploi correct du matériel didactique par les enseignants de Physique de toutes les classes, les résultats qui ont été fournis à la suite de l'exploitation de cette grille, leçon par leçon, montrent que *les écoles de la contrée de Mbanza-Ngungu ne disposent pas de laboratoire* dans une large majorité, lequel devait accompagner l'enseignement de la Physique qui est une science expérimentale. L'enseignement purement théorique étant considéré comme simple formalité.

De façon générale, nous rejetons nos hypothèses de départ et confirmons l'hypothèse nulle. Contrairement à nos affirmations: **1) les enseignants de Physique n'exploitent pas adéquatement le matériel didactique; 2) les variables sociodémographiques d'étude n'ont aucune influence sur l'utilisation de MD par les enseignants**.

REFERENCES

[1] Bura Pulunyo C-M. (2016), *Questions spéciales de statistique et de psychométrie.* Notes de cours non publiées. Séminaire doctoral. Kinshasa. Université de Kinshasa. Inédit.

[2] Carricano, M & Poujol, F. (2009), Analyse de données avec SPSS. Paris: collection synthex. Centre de documentation, (2020), Style APA 7ième édition: présentation des citations et références bibliographiques. Genève: heds.

[3] Essaadawi M. (2017), L'utilisation du matériel didactique au Benin, quelles stratégies ou matériel didactique, les enseignants béninois utilisent-ils pour répondre aux exigences du programme ? Université: Haute école Léonard de Vinci, Cotonou.

[4] Karsenti T. & Savoie-Zajc L. (2000), *Introduction à la recherche en éducation*. Éditions du CRP. Sherbrooke.

[5] Kinyoka Kabalumuna G., (2011), Essaie de remédiation du rendement des élèves de troisième scientifique sur la notion de moment de force en physique, thèse non publiée. Kinshasa, UPN.

[6] Kinyoka Kabalumuna G., (2019), Notes de Cours des Méthodes de recherche scientifiques. Première licence Physique. Inédit. Mbanza-Ngungu, ISP.

[7] Kyamundu Katungu S. (2013), Style d'enseignement et styles d'apprentissage dans les situations pédagogiques de formation des maîtres à Kinshasa, Thèse, UNIKIN, Kinshasa, inédit.

[8] Lescroart R. (1986), Le rôle éducatif des exercices numériques en physique. Dans la Revue Scientia. vol. 2. N° 1. Mbanza-Ngungu. pp. 40-57.

[9] Lungungu Bitumba. (1989), Les techniques d'échantillonnage en usage dans la recherche en pédagogie. Dans la Revue Scientia. vol. 4. N° 2. Mbanza-Ngungu. pp. 153-166.

[10] Mafuta Mele Nlandu F. (2021), Evaluation de la prise en compte du matériel didactique dans la préparation d'une leçon de Physique par les enseignants de la troisième année des humanités scientifique à Kinshasa/Ngaliema. Mémoire de DEA non publié, UPN. Kinshasa.

[11] Mehdi, E., (2017), L'utilisation du Matériel didactique au Bénin: quelles stratégies ou matériel didactique, les enseignants béninois utilisent-ils pour répondre aux exigences du programme, Haute école léonard de vinci asbl, Bruxelles.

[12] Ministère de l'Enseignement Primaire, Secondaire et Professionnel. (1987), Direction des Programmes scolaires et Matériels didactiques. *Programme National de Physique*. Enseignement secondaire. Kinshasa: Edideps.

[13] Mpanda Makambua A. (2011), Conception du matériel didactique à partir des matériaux de récupération pour l'enseignement de l'optique géométrique dans les classes du secondaire. Mémoire de DEA non publié, Université Marien Ngouabi. Chaire Unesco en Sciences de l'Éducation pour l'Afrique centrale.

[14] Nasser N., El Khouzai M. & Taoufik M. (2017), *Difficultés d'apprentissage des sciences physiques chez les élèves du secondaire qualifiant au Maroc*. In American Journal of Innovative Research and Applied Sciences.

[15] Van der Maren, J-M. (2004), *Méthodes de recherche pour l'éducation*. Éducation et formation - Fondement. 2ème édition. Bruxelles: De Boeck-Université.

[16] Vauthy C. & Pittet T. (2010), *L'apport de l'utilisation du matériel dans les apprentissages en mathématiques*. Mémoire professionnel de Bachelor. Filière enseignement primaire.

[17] Wila Wila Mabilama, R. (2019), Le laboratoire de physique à l'école secondaire en RDC: perception et pédagogique. Non publié. Mbanza-Ngungu, ISP.

International Journal of Innovation and Applied Studies
ISSN 2028-9324 Vol. 43 No. 4 Oct. 2024, pp. 955-960
© 2024 Innovative Space of Scientific Research Journals
http://www.ijias.issr-journals.org/

Caractérisation des producteurs et usages des lianes issues des agrosystèmes à base de cacaoyers du Sud-Ouest de la Côte d'Ivoire

[Characterization of producers and uses of lianas from cocoa-based agrosystems in the South-West of Ivory Coast]

Kanga Justin Kouassi, Yao Bertin Kouakou, Affia Sonmia Francia Kossonou, and Kouadio Henri Kouassi

Université Jean Lorougnon Guédé, UFR Agroforesterie, Laboratoire d'Amélioration de la Production Agricole, BP 150 Daloa, Côte d'Ivoire

Copyright © 2024 ISSR Journals. This is an open access article distributed under the ***Creative Commons Attribution License***, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

ABSTRACT: Lianescent plant species have generally been neglected in botanical research despite the fact that they represent one of the important components of the flora of tropical forests and are of great use to rural Ivorian populations. Based on this observation, this study focused on the use of lianas by the cocoa-producing populations of the South-West of Ivory Coast. Thus, to collect information on the characteristics of producers and on the use of lianas associated with cocoa-based agrosystems, a survey was carried out among cocoa farmers in the village of Djapadji. For this purpose, two hundred (200) cocoa producers were interviewed. The results of these interviews reveal that cocoa producers in our study area are dominated by men (87%), indigenous people (53%) and adults (30 to 45 years old). In addition, lianas are mainly used by populations for medical care (78%) and also for food (13%). Ultimately, this study showed that cocoa plantations are full of large quantities of lianas; which lianas are of capital importance in the daily life of the populations of the South-West of Côte d'Ivoire.

KEYWORDS: cocoa farmers, agrosystem, lianas, use value, Côte d'Ivoire.

RESUME: Les espèces végétales lianescentes ont été généralement négligées dans les travaux de recherche en botanique malgré qu'elles représentent une des composantes importantes de la flore des forêts tropicales et soient d'une grande utilité pour les populations rurales ivoiriennes. Fort de ce constat, la présente étude s'est consacrée à l'usage des lianes par les populations productrices de cacao du Sud-Ouest de la Côte d'Ivoire. Ainsi, pour la collecte d'information sur les caractéristiques des producteurs et sur l'usage des lianes associées aux agrosystèmes à base de cacaoyers, une enquête a été réalisée auprès des cacaoculteurs du village de Djapadji. A cet effet, deux-cent (200) producteurs de cacaoyers ont été interrogés. Les résultats de ces entretiens révèlent que les producteurs de cacao dans notre zone d'étude sont dominés par les hommes (87 %), les autochtones (53 %) et par les adultes (30 à 45 ans). De plus, les lianes sont majoritairement utilisées par les populations pour des soins médicaux (78 %) et aussi pour l'alimentation (13 %). En définitive, cette étude a permis de montrer que les plantations de cacaoyers regorgent d'importante quantité de lianes; lesquelles lianes sont d'une importance capitale dans la vie quotidienne des populations du Sud-Ouest de la Côte d'Ivoire.

MOTS-CLEFS: cacaoculteurs, agrosystème, lianes, valeur d'usage, Côte d'Ivoire.

1 INTRODUCTION

L'exploitation forestière abusive combinée au développement des cultures de rentes (cacaoyer et caféier) et à l'urbanisation anarchique ont entraîné la destruction de plusieurs milliers d'hectares de forêts en Côte d'Ivoire. De ce fait, la disparition ou la raréfaction d'un nombre important d'espèces végétales que regorgeaient ces biotopes notamment les lianes a été constatée ces dernières années. Or, les lianes jouent un rôle déterminant dans la vie quotidienne des populations rurales et animales ([1], [2]). En effet, certaines lianes sont reconnues pour leurs vertus thérapeutiques et leurs usages ethno-médical ([3], [4]) et d'autres sont très prisés dans l'alimentation,

Corresponding Author: Kanga Justin Kouassi

la pharmacopée et l'artisanat [5]. La perte de ces espèces de haute valeur menace donc l'équilibre de la biodiversité et le bien-être des populations. C'est pourquoi, la mise en place d'une politique de gestion durable des lianes combinée à des travaux de recherche s'imposent. La présente étude se propose donc de montrer les domaines d'usage des lianes par les producteurs de cacao du Sud-Ouest ivoirien. Elle contribuera à la mise en place de données scientifiques récentes sur ces espèces en vue d'une meilleure gestion.

2 MATERIEL ET METHODES

2.1 MILIEU D'ÉTUDE

Le secteur de Djapadji est situé dans le département de San-Pédro au Sud-Ouest de la Côte d'Ivoire entre les longitudes 6°15' et 7°20' Ouest et les latitudes 4°15' et 5°30' Nord (Figure 1). Le secteur de Djapadji s'étend sur une superficie de 10200 ha. Le relief est constitué d'un ensemble de bas-plateaux où prédominent les surfaces granitiques aplanies, gravillonnaires, souvent même arénacées [6]. Les sols sont fortement remaniés et ferralitiques fortement désaturés [7] et sont généralement propices aux cultures vivrières (manioc, riz pluvial, bananier, etc.) et de rente (cacaoyers, caféiers, palmiers à huile, hévéas). La température moyenne mensuelle fluctue entre 24 °C et 28 °C avec des précipitations variant entre 15 et 247 mm/an. L'environnement socio-économique est dominé par l'agriculture de rente (caféier et de cacao) qui est exercée par environ 55 % des personnes vivant en périphérie du PNT [8]. A côté de ces deux principales cultures, s'est développée également la culture du palmier à huile et de l'hévéa. L'orpaillage clandestin, les productions forestières, la pêche, l'élevage et l'exploitation des produits forestiers non ligneux constituent également des activités importantes dans l'économie de la population.

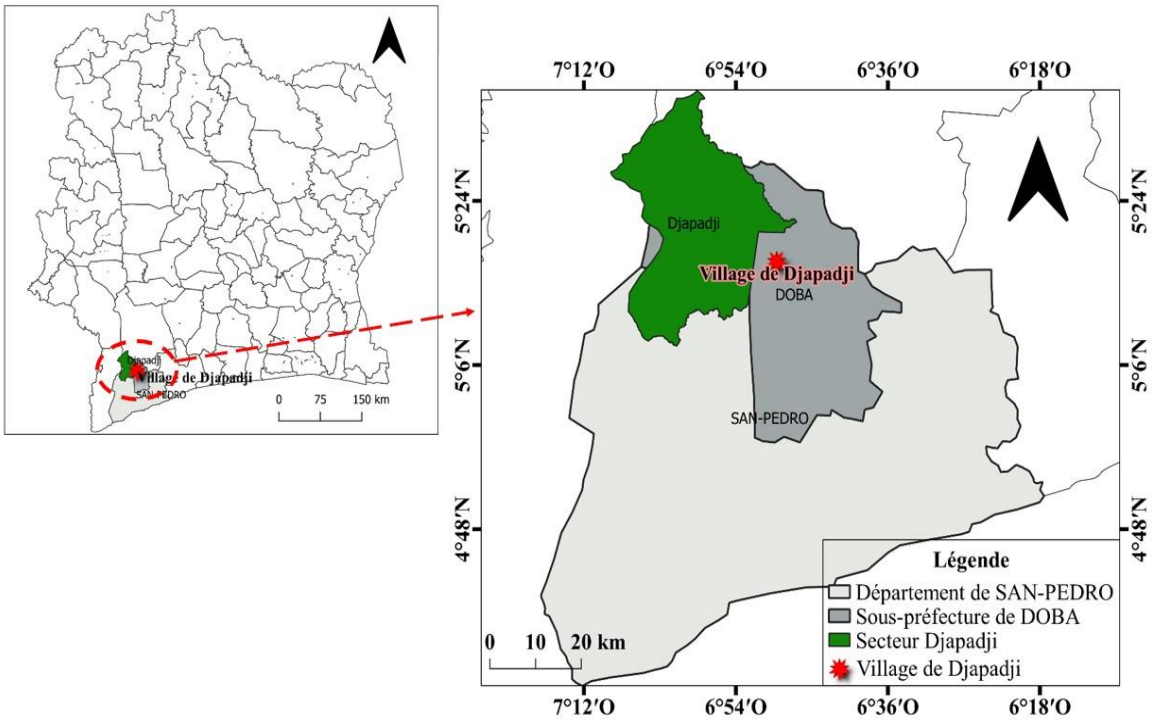


Fig. 1. Situation géographique du secteur de Djapadji

2.2 COLLECTE DE DONNÉES

Une enquête ethnobotanique a été réalisée auprès des producteurs de cacao de Djapadji. Cette enquête a consisté à mieux connaitre les lianes, leur intérêt; usage et perception par les populations riveraines. A cet effet, 200 producteurs de cacao ont été interrogés. L'entretien a été effectué grâce à une fiche d'enquête préalablement établie et comportant des questions adressées aux producteurs choisis de manière aléatoire. Cette enquête s'est déroulée en deux étapes. Le premier questionnaire a concerné les caractéristiques des producteurs des spéculations pérennes tandis que le second questionnaire a porté essentiellement sur l'usage des plantes lianescentes associées aux agrosystèmes par les populations.

2.3 ANALYSE ET TRAITEMENT DES DONNEES D'ENQUETE

Les informations recueillies au cours des enquêtes ont été analysées à partir du tableur excel. Les facteurs discriminants utilisés pour établir le profil des personnes interrogées sont le genre (masculin ou féminin), la classe d'âge (20-30 ans, 30-45 ans, > 45 ans) et le groupe ethnique (les autochtones, les allochtones et les allogènes). Par ailleurs, la classe d'âge des parcelles de cacao ainsi que le mode d'entretien des parcelles ont également été déterminées. Les classes d'âges retenues pour les plantations sont [0-15 ans [, [15-30 ans [, [30-45 ans [et ≤ 45 ans

3 RESULTATS

3.1 CARACTÉRISTIQUES SOCIODÉMOGRAPHIQUES

Un total de 200 producteurs de cacao a été interrogé lors des enquêtes réalisées. L'enquête a révélé une prédominance des autochtones (60 %) suivis respectivement des allogènes (27 %) et des allochtones (13 %). Ces planteurs sont en majorité de sexe masculin soit 87 % et 12% sont des femmes. Concernant l'âge des producteurs, la majorité des producteurs interrogés ont un âge compris entre 30 et 40 ans (soit 46,6 %) tandis que les producteurs minoritaires les plus jeunes (Figure 2).

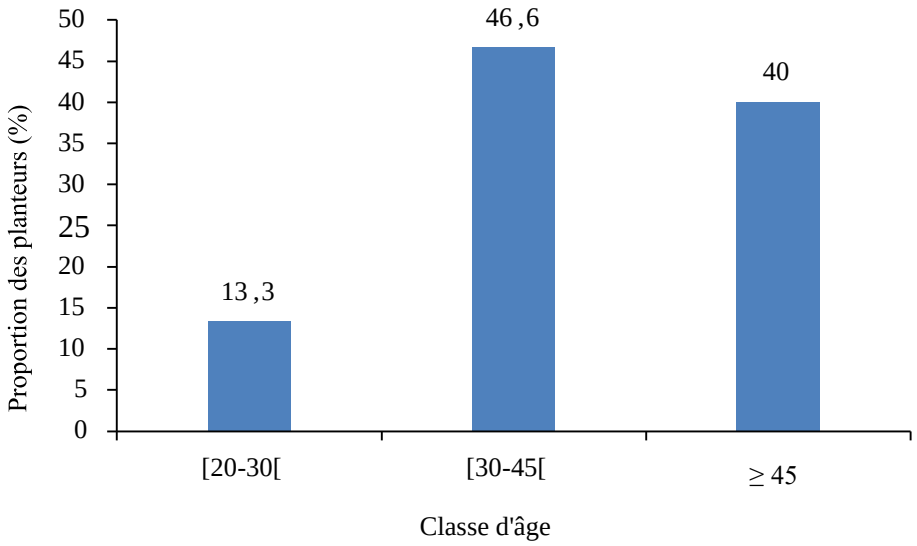


Fig. 2. Répartition des producteurs de cacao par classe d'âge dans le village de Djapadji

3.2 PRECEDENTS CULTURAUX ET TECHNIQUES D'ENTRETIEN DES PLANTATIONS

Deux précédents culturaux ont été identifiés dans les plantations visitées à savoir les jachères et les forêts vierges. Cependant, les plantations ont été créées majoritairement suite au défrichage de la forêt (93 %) alors que seulement 7 % des plantations ont été mise en place sur une jachère. La combinaison du sarclage manuel et de l'application chimique constitue le moyen privilégié des producteurs pour l'entretien de leur plantation (80 %) tandis qu'une minorité (soit 20 %) a opté pour le sarclage manuel uniquement (Tableau 1). Concernant les engrais, seulement 7 % des paysans utilisent l'engrais biologique et 93 % utilisent l'engrais chimique. Le traitement phytosanitaire des plantations est pratiqué par la majorité des paysans interrogés, soit 80 %, contrairement au non utilisateurs de pesticides qui ne représentent que 20 % des personnes interrogées (Tableau 1).

Tableau 1. Répartition des intrants par les paysans

Caractéristiques	Intrants			
	Engrais		Pesticides	
	Biologiques	Chimiques	Utilisateurs	Non utilisateurs
Nombre de personnes	14	186	160	40
Fréquence (%)	7 %	93 %	80 %	20 %

3.3 AGES DES PLANTATIONS DE CACAO ÉTUDIEES

Les plantations des agrosystèmes riverains du PNT sont en moyennes âgées de 45 ans avec une variation de 2 à 50 ans selon les dires des paysans. Elles sont majoritairement représentées par les plantations matures (30 à 45 ans) qui occupent une proportion de 46 % et par les plantations jeunes (0 à 15 ans) occupant 27 % (Figure 3). Les plantations en phase de production active (15 à 30 ans), quant à elles, occupent une proportion de 20 % et celle des plantations vieilles (plus de 45 ans) ne représentent que 7 % des plantations

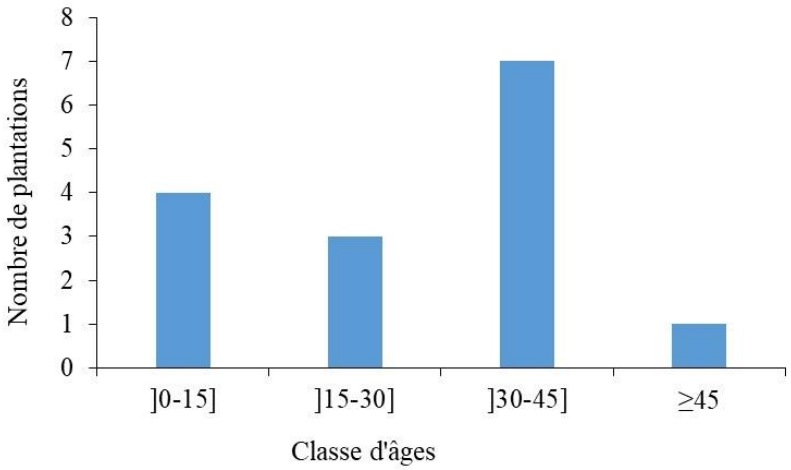


Fig. 3. Distribution des plantations en fonction des classes d'âge

3.4 USAGES DE CERTAINES LIANES ISSUES DE LA FLORE LIANESCENTE DES AGROSYSTEMES

Les espèces citées par les cacaoculteurs sont utilisées à différentes fins. Cependant, l'usage médicinal est le plus cité par les cacaoculteurs avec (78 %) contre 18 % pour l'usage alimentaire et 6 % pour l'usage artisanal (Figure 4).

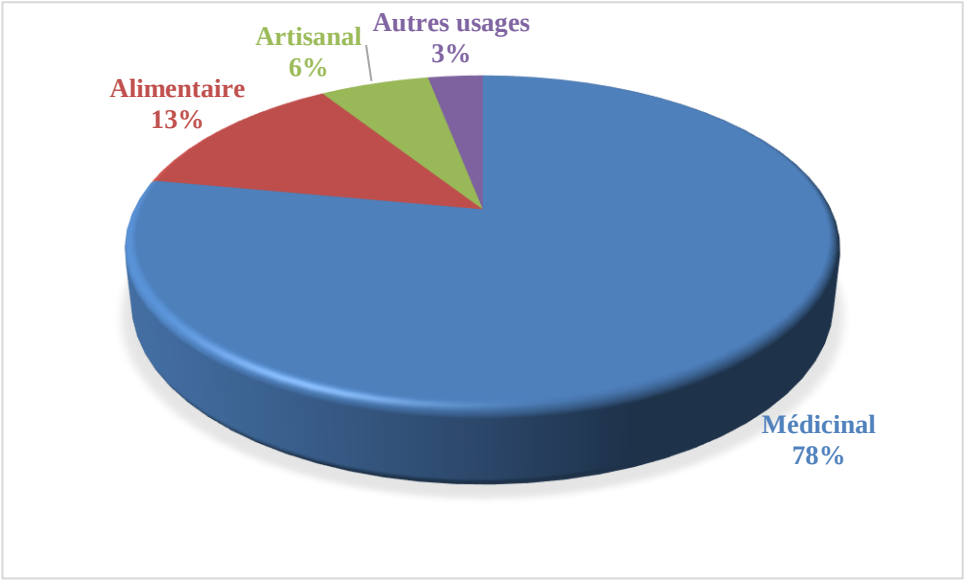


Fig. 4. Proportions d'usage des lianes par les cacaoculteurs

4 DISCUSSION

Les résultats d'enquête ont révélé que la majorité des paysans sont de sexe masculin (87 %) avec la représentativité de peu de femme dans la production de cacao. Cela s'explique par le fait que les femmes (13 %) sont beaucoup préoccupées à d'autres travaux des champs moins pénibles tels que les cultures maraichères et vivrières en association avec les cacaoyers pour la production de l'alimentation ainsi

que les travaux ménagers [9]. Aussi les femmes qui possèdent des champs de cacao l'ont obtenu soit par héritage après la mort de leurs maris ou de leurs parents ou soit par les parents. Ces terres sont attribuées à leur fils ou au manœuvre pour l'entretien.

Les producteurs de cacao dans notre zone d'étude sont dominés par les autochtones (53 %). Ce résultat pourrait s'expliquer par le fait que ceux-ci ont facilement accès à la terre pour la mise en place de plantation cacaoyère. Par ailleurs, les autochtones sont les chefs d'exploitations qui utilisent généralement les non autochtones comme manœuvre. Ce résultat pourrait aussi s'expliquer par le fait que l'accès à la terre dans cette zone est régi par plusieurs lois rendant souvent difficiles l'accès aux non autochtones. Ce résultat confirme ceux de [10] obtenu à Aboisso et Abengourou où ils ont constaté une dominance des autochtones parmi les producteurs de cacao.

En outre, l'âge des producteurs varie majoritairement de 30 à 45 ans. Ce résultat montre une dominance des adultes dans ce secteur. Cette forte proportion des adultes se justifie par le fait que la mise en place d'une plantation cacaoyère est difficile, lente et nécessite une main d'œuvre active [11]. Ce résultat corrobore ceux de [12] qui ont montré une dominance des adultes dans la production cacaoyère au Centre-Ouest de la Côte d'Ivoire dans le département de Lakota.

La présence non négligeable des non autochtones justifierait l'importance du mode d'acquisition par achat. En effet, les terres sont vendues au plus offrant par les propriétaires terriens. Le mode par métayage pourrait se justifier par les difficultés d'accès à la terre des non autochtones. En effet, ce mode consiste en la mise en valeurs d'une terre par un locataire afin d'en partager la récolte comme loyer. Ce résultat est identique à celui de [12] obtenues dans la le département de Lakota. Ces auteurs ont signalé l'existence de ces différents modes d'acquisition de terre dans cette zone.

La combinaison du sarclage manuel et de l'application chimique utilisé par les producteurs de cacao pour l'entretien de leurs parcelles relève d'une stratégie pour réduire le coût de gestion des plantations. En effet, bien que les intrants chimiques améliorent la production, force est aussi de constater leurs prix sont parfois hors de portée des producteurs.

Les différents types d'usages recensés, sont corroborés par ceux cités dans des travaux déjà menés en Côte d'Ivoire, notamment par [13], [14] et [15]. Cependant, le premier usage des espèces des agrosystèmes est à but médicinal car pour ces populations toutes les plantes sont utilisées pour se soigner. En effet, selon l'Organisation Mondiale de la Santé plus de 80 % des populations du continent africain ont recours aux plantes médicinales pour se soigner [16]. En Côte d'Ivoire, les plantes médicinales occupent une place importante dans la pharmacopée traditionnelle des différentes communautés. Cette observation est attestée par de nombreux travaux dont ceux de [17], [18] et [19] qui ont permis d'inventorier plus de 1500 espèces de plantes médicinales. En outre, la prépondérance des plantes médicinales peut se justifier par le manque de moyens et la cherté des services sanitaires modernes. Pour ces planteurs, il est mieux de se soigner avec les plantes médicinales avant d'avoir recours à la médecine moderne. Ces résultats confirment les affirmations de ([20], [21], [22]) qui stipule que les populations des pays en voie de développement notamment celles des zones forestières tropicales ont recours aux plantes médicinales pour se soigner. Par ailleurs, les lianes à usage alimentaires sont peu prisées par tous les planteurs vivants dans cette localité. Ces espèces sont entre autres *Dioscorea alata* (igname) et *Ipomoea batatas* (patate douce).

5 CONCLUSION

L'étude sur la caractérisation des producteurs de cacao et l'usages des lianes a montré que cette culture est largement pratiquée par les hommes, les autochtones et les adultes. Les résultats de l'enquête ethnobotanique ont fait ressortir deux principaux usages (médicinal et alimentaire). Le plus grand nombre d'espèces lianescentes est utilisé en médecine traditionnelle.

REFERENCES

[1] C. Y. Adou Yao, E. C. Blom, K. T. S. Dengueadhé, R. S. A. R. Van Rampaey, K.E. N'Guessan, G. Wittebolle and F. Bongers F, Diversité floristique et végétation dans le Parc national de Taï. Rapport scientifique, Abidjan (Côte d'Ivoire), 92 p, 2005.

[2] A. Atato, K. Wala, M. Dourma, R. Bellefontaine, Y.A. Woegan, K. Batawila and K. Akpagana, Espèces lianescentes à fruits comestibles du Togo, *Fruits,* Vol. 67, no 5, pp. 353-368, 2012.

[3] F. H. Tra, Quelques lianes de la pharmacopée ivoirienne. La base de ressources documentaires de l'IRD. Publications des scientifiques de l'IRD, pp. 449-452, 2002.

[4] G. Eilu and R. Bukenya-Zirabab, 2004. Local use of climbing plants of budongo forest reserve, western Uganda, *Journal of Ethnobiology,* Vol. 24, no 2, pp. 307-327, 2004.

[5] G. A. Ambé, Les fruits sauvages comestibles des savanes guinéennes de Côte-d'Ivoire: état de la connaissance par une population locale, les Malinkés. *Biotechnol. Agron. Soc. Environ.* Vol. 5, no 1, pp. 43-58, 2011.

[6] Avenard M. J, Aspect de la géomorphologie. *In*: Le milieu naturel de la Côte d'Ivoire. Mémoire ORSTOM Paris, 50, Paris (France), pp. 7-72, 1971.

[7] Perraud A, Les sols de la Côte d'Ivoire. *In*: Le milieu naturel de la Côte d'Ivoire. Mémoire ORSTOM, 50, Paris (France), pp. 265-391, 1971.

[8] B. Coulibaly, Analyse des potentialités économiques durables dans le cadre de la mise en place du corridor du Parc national de Taï et de la forêt classée de Grebo. Rapport d'études. Abidjan: WCF (Programme STEWARD II), 69 p, 2011.

[9] Kpangui K. B, Dynamique, diversité végétale et valeurs écologiques des agroforêts à base de cacaoyers de la Sous-préfecture de Kokumbo (Centre de la Côte d'Ivoire). Thèse de doctorat en botanique, spécialité: écologie végétale, UFR Bioscience, Université Felix Houphouët Boigny, Adidjan (Côte d'Ivoire), 180 p, 2015.

[10] A. A. Assiri, G. R. Yoro, O. Deheuvels, B. I. Kébé, Z. J. Keli, A. Adiko and A. Assa, Les caractéristiques agronomiques des vergers de cacaoyer (Theobroma cacao L.) en Côte d'Ivoire, *Journal of Animal & Plant Sciences,* Vol. 2, no 1, pp. 55-66, 2009.

[11] Zerbo R & Hema K.B, La dynamique migratoire des burkinabé en Côte d'Ivoire dans la période de crise politico-militaire de 2000 à 2011: accessibilité aux terres agricoles et investissement liés à la culture du cacao, 40 p, 2015.

[12] A. Cissé, J. C. K. Aka, D. Kouamé, B. T. A. Vroh, C. Y. Adou Yao and K. E. N'Guessan, Caracterisation des pratiques agroforestieres à base de cacaoyers en Zone de forêt dense semi-decidue: cas de la localité de Lakota (Centre-ouest, Cote d'Ivoire), *European Scientific Journal,* Vol.12, pp. 50-69, 2016.

[13] B. T. A. Vroh, D. Ouattara, K. B. Kpangui, Disponibilité des espèces végétales spontanées à usage traditionnel dans la localité d'Agbaou, Centre- ouest de la Côte d'Ivoire, *Journal of Applied Biosciences,* Vol. 76, pp. 6386-6396, 2014.

[14] K. B. Kpangui, D. Kouamé, B. Z. B. Goné, B. T. A. Vroh, B. J. C. Koffi and C. Y. Adou Yao, (2015), Typology of cocoa-based agroforestry systems in a forest-savannah transition zone: case study of Kokumbo (Centre, Côte d'Ivoire), *International Journal of Agronomy and Agricultural Research,* Vol 6, no 3, pp. 36-47, 2015.

[15] G. G. Zanh, Y. S. S. Barima, K. A. Kouakou and Y. C. Sangne, Usages des produits forestiers non ligneux selon les communautés riveraines de la forêt classée du Haut-Sassandra (Centre-Ouest de la Côte d'Ivoire), *International Journal of Pure & Applied Bioscience,* Vol. 4, no 5, pp. 212-225, 2016.

[16] OMS, Organisation Mondiale de la Santé. Stratégie de l'OMS pour la médecine traditionnelle pour 2002-2005. WHO/EDM/TRM/2002, Genève, 65 p, 2002.

[17] S. C. Piba, F. H. Tra Bi, D. Konan, B. G. A. Bitignon and A. Bakayoko, Inventaire et disponibilité des plantes médicinales dans la forêt classée de Yapo-Abbé, en Côte d'Ivoire *European Scientific Journal,* Vol. 11, no 24, pp. 1857-7881, 2015.

[18] M. F. Djah and N. F. Danho, Traditional practices and medicinal plants use during 103 pregnancy by Anyi-Ndenye women (Eastern Côte d'Ivoire), *African Journal of Reproductive Health,* Vol. 15, no 1, pp. 85-93, 2011.

[19] B. Dro, D. Soro, M. W. Koné, A. Bakayoko and K. Kamanzi, Evaluation de l'abondance de plantes médicinales utilisées en médecine traditionnelle dans le Nord de la Côte d'Ivoire, *Journal of Animal & Plant Sciences,* Vol. 17, no 3, pp. 2631-2646, 2013.

[20] FAO, Racines, tubercules, plantains et bananes: dans la nutrition humaine. 105 p, 1991.

[21] M. Tchatat and O. N'Doye, Etude des produits forestiers non ligneux d'Afrique Centrale: réalités et perspectives, *Bois et forêts des tropiques,* Vol. 289, no 3, pp. 27-39, 2006.

[22] K. N'Guessan, B. Kadja, G. N. Zirihi, D. Traoré and L. Aké-Assi, Screening phytochimique de quelques plantes médicinales ivoiriennes utilisées en pays Krobou (Agboville, Côte-d'Ivoire), *Sciences & Nature,* Vol. 6, no 1, pp. 1-15, 2009.

International Journal of Innovation and Applied Studies
ISSN 2028-9324 Vol. 43 No. 4 Oct. 2024, pp. 961-964
© 2024 Innovative Space of Scientific Research Journals
http://www.ijias.issr-journals.org/

Intégrisme religieux en Afrique: Fondements psychosociologiques du phénomène

[Religious fundamentalism in Africa: Psychosociological foundations of the phenomenon]

Pierrette Affia Houndonougbo

Haute Ecole de Commerce et de Management (HECM), Benin

Copyright © 2024 ISSR Journals. This is an open access article distributed under the ***Creative Commons Attribution License***, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

ABSTRACT: This study establishes that fundamentalism is the most radical form of the multiple religious phenomena that proliferate in contemporary societies (M. Milot, 1998). Fundamentalism first designated currents that want to defend the entirety of the Catholic tradition: dogmas, norms, morals, rites. Qualitative in nature, this reflection aims to analyze the foundations of religious fundamentalism with a view to containing the phenomenon in sub-Saharan Africa. The use of field data coupled with documentary research has led to the conclusion that the upward force of religious radicalization provokes strong reactions in most societies and that a fight against this ascendancy is a means of putting an end to the plural and multifaceted fundamentalism that threatens peace.

KEYWORDS: religious fundamentalism, psycho-sociological foundations, Africa, peace.

RESUME: La présente étude établie que l'intégrisme est la forme la plus radicale des multiples phénomènes religieux qui prolifèrent dans les sociétés contemporaines (M. Milot, 1998). L'intégrisme a d'abord désigné des courants qui veulent défendre l'intégralité de la tradition catholique: dogmes, normes, morales, rites. De nature qualitative, la présente réflexion se propose d'analyser les fondements de l'intégrisme religieux en vue de l'endiguement du phénomène en Afrique subsaharienne. L'utilisation des données de terrain couplée de la recherche documentaire a permis de conclure que la force ascendante des radicalisations religieuses provoque de vives réactions dans la plupart des sociétés et qu'une lutte contre cette ascendance est un moyen pour mettre fin aux fondements pluriels et multiformes de l'intégrisme qui menace la paix.

MOTS-CLEFS: intégrisme religieux, fondements psychosociologiques, Afrique, paix.

1 INTRODUCTION

« La lame ne réussit pas à faire la plume. Il y va de la survie de tout un peuple qui refuse le diktat de l'intégrisme ». Tel était le contenu de l'appel lancé par Benaouda Labdai (1995), spécialiste de la littérature africaine, pour une mobilisation contre l'intégrisme islamique en Algérie. Forme la plus radicale des multiples phénomènes religieux qui prolifèrent dans les sociétés contemporaines (Milot, 1998), L'intégrisme a d'abord désigné des courants qui veulent défendre l'intégralité de la tradition catholique: dogmes, normes, morales, rites. Les intégristes s'opposent au modernisme, c'est-à-dire à la volonté d'adapter l'église au monde moderne.

La force ascendante des radicalisations religieuses depuis une vingtaine d'années, et ce dans la plupart des sociétés, a provoqué de vives réactions. Le fanatisme de leaders religieux, capables de mobiliser des masses grâce à leur position de représentants terrestres des lois divines, heurte tout autant les conceptions démocratiques que les théories classiques du lien entre religion et monde moderne. Pourquoi des individus adhèrent-ils à des idées absolues et intransigeantes dans des sociétés qui fondent leur légitimité sur leur aptitude à harmoniser le pluralisme et à assurer la tolérance ? En d'autres termes, sur quels fondements l'intégrisme religieux assure-il sa progression ?

La présente réflexion sur les fondements de l'intégrisme religieux ambitionne, non pas de procéder à une numération exhaustive des causes de sa recrudescence, mais de proposer à l'analyse prospective de la matière en vue de l'endiguement du phénomène en Afrique.

La réflexion ainsi suggérée s'articule autour de la recherche des fondements psychosociologiques de l'expansion de l'intégrisme en tant qu'idéologie et en tant que pratique.

2 MATÉRIEL ET MÉTHODE

Dans le cadre de cette communication, l'approche qualitative a été adoptée. Ainsi, l'entretien semi-structuré et l'observation directe ont été utilisés. L'utilisation des données de terrain couplée de la recherche documentaire ont permis de collecter le corpus théorique et des informations auprès de vingt-neuf (29) acteurs échantillonnés au moyen du choix raisonné. Les méthodes de traitement des données sont l'analyse de contenu et la triangulation. L'ancrage théorique s'est basé sur la théorie prospective de Gurvitch. La méthodologie utilisée lors de la collecte des données empiriques a conduit à des résultats.

3 RÉSULTATS

3.1 LES FONDEMENTS DE L'EXPANSION DE L'IDEOLOGIE

Ces fondements sont pour l'essentiel, et c'est la thèse de Galilou Abdoulaye (2015), intrinsèques aux religions, système de symboles qui agit pour établir chez les hommes des motivations et des tendances puissantes, pénétrantes et durables, en formulant des conceptions d'ordre général sur l'existence, et en revêtant ces conceptions d'un tel caractère de fait que les tendances et les motivations religieuses semblent tout à fait réalistes. C'est la religion qui transforme la psychologie des individus et les convainc (croyance) que leurs sentiments et leurs idéologies religieuses correspondent à des réalités objectives transcendantes. L'expansion de l'intégrisme religieux se fonde sur les textes sacrés, les institutions religieuses (Eglise, Mosquée, couvent etc.).

3.1.1 LES FONDEMENTS SCRIPTURAIRES

Les intégristes musulmans et juifs fondamentalistes partagent nombre de conceptions dont celle de l'infériorité de la femme. Il existe cette notion insidieuse que la femme est impure. Elle est l'objet de désir et de péché. Bien plus, elle en est coupable. Pour les juifs, le Lévitique et les Nombres stipulent qu'il n'y a pas de relations sexuelles en dehors du mariage; le divorce à la discrétion de l'époux sans grandes formalités; l'illégalité d'un mariage avec un non juif; l'interdiction pour les femmes d'étudier la Torah qui, par contre, doit obligatoirement être étudiée par les hommes. L'islam affirme nettement la supériorité des hommes sur les femmes. D'où une série de diktats: interdiction de laisser à l'air libre les cheveux (IV, 34), la peau des bras et des jambes; interdiction de se marier avec un non musulman (111, 28); invitation à se soumettre à tous les désirs sexuels du mari (11, 223) légitimation des coups sur son épouse en cas de suspicion, la culpabilité n'a même pas à être prouvée; un témoignage féminin équivaut à la moitié d'un témoignage masculin.

Et il ne faut pas se leurrer: dans les pays musulmans, très souvent, la femme ne porte pas le voile par choix. Le port du voile consacre subtilement son infériorité. Elle veut démontrer sa pureté pour obtenir une meilleure chance de trouver un mari. Elle veut éviter le harcèlement sexuel dans les lieux publics. Elle veut éviter la jalousie du mari.

3.1.2 LES INSTITUTIONS

Si le retour à l'état de barbarie et le refus de la modernité, sont les principales thèses utilisées pour interpréter l'intégrisme religieux, la limite de leur portée heuristique à expliquer la recrudescence du phénomène est parente. Les ghettos religieux constituent des lieux de regroupement des intégristes. La mosquée ou la synagogue constitue l'épine dorsale de leur communauté, leur chef religieux devient leur référence. Dans ces conditions, les croyances et dogmes de leur religion deviennent leur identité même, un mode de vie et leurs points de référence vis-à-vis du monde extérieur. On pourrait aussi parler dans leur cas de « fondamentalisme » qui se définit comme étant « une forme intégriste d'une religion, qui défend une interprétation littérale des textes sacrés ».

Or, les intégristes ou fondamentalistes religieux deviennent imperméables aux valeurs du pays où ils immigrent. Leurs pratiques religieuses les obligent à penser à Dieu à chaque seconde de la vie quotidienne, du réveil au coucher, en passant par les heures de la prière, à ce qu'il faut ou non manger, à la manière de se vêtir. Aucun comportement, même le plus insignifiant, n'est libre d'interprétation. C'est le règne de l'obéissance et de la soumission.

De même, l'intimidation par le diable est l'un des principaux moyens qui concourent à l'expansion du courant de I 'intégrisme religieux. Elle consiste à faire entrer durablement dans l'esprit de chaque croyant l'existence du mal qui inspire la terreur, l'effroi. Ainsi, tout ce qui est dit à valeur de loi, et leur manquement est considéré comme satanique. Chacun de ces fidèles est confiné dans cet enclos d'où il n'a pas le droit ni de réfléchir, ni de sortir.

Ainsi, grâce au diable, la manipulation peut avoir lieu sans aucune contestation possible, réflexion, intelligence lucidité, raisonnement logique, et s'exerce grâce au diable. Un diable donc très efficace et très utile pour la soumission intellectuelle des croyants, qui fait que l'on est porté à haïr son non-coreligionnaire et que l'on ne peut y échapper de part une interdiction formelle de "Dieu" à savoir qu'ils

sont considérés comme diaboliques et que nous le serions aussi si nous n'adoptions pas comme vérité tout ce qui est écrit dans le livre en l'occurrence, ce passage qui dit que seule sa religion est la bonne.

4 ANALYSE ET DISCUSSION

Les fondements de l'expansion de la violence sont relatifs à la prolifération des organisations religieuses, la confusion entre vérité religieuse et pouvoir politique et les intégralités sociales.

4.1 LA PROLIFERATION DES ORGANISATIONS RELIGIEUSES (SECTES, FACTIONS;...)

On pourrait aussi s'interroger sur le développement des sectes dont certaines jouent un rôle politique avéré ou sur les mouvements charismatiques en Amérique Latine. L'intégrisme religieux refuse la laïcité, la séparation des églises et de l'Etat. Au contraire, il souhaite influer, voire imposer le contrôle des règles de la vie quotidienne intime et privée (contraception, interdiction de l'alcool, censure de films...).

4.2 LA CONFUSION ENTRE VERITE RELIGIEUSE ET POUVOIR POLITIQUE

Paradoxalement à la lecture « rationalisant » de la modernité qui avait conduit à considérer la « fin de la religion » comme inhérente au développement même des sociétés contemporaines, réapparaît des discours qui prônent la référence aux textes sacrés en tant qu'unique critère de l'organisation de la vie publique: revendications de territoire, tentatives de conquêtes du pourvoir, militantismes volontiers violents visant à restaurer l'ordre social.

Ces visées politiques sont souvent escamotées par des allusions historiques. En effet, dans ses déclarations, Ben Laden faisant de fréquentes allusions, à « la honte et à l'humiliation endurées par l'Islam ». Ces allusions, pour les saisir, il faut les restituer dans leur identité et de leur histoire. A titre illustratif, à l'instar de tous les autres, les peuples musulmans sont le produit de leur histoire, mais en sont profondément conscients et, à leurs yeux, 1'histoire islamique possède une dimension religieuse et juridique de première importance, puisque témoigne des desseins de Dieu à sa communauté pour ceux qui adhèrent aux enseignements de l'islam et obéissent à ses lois.

4.3 LES INTÉGRATIONS SOCIALES

Aucune personne honnête ne peut nier le constat suivant: jamais la production mondiale n'a été aussi développée. Jamais la technique n'a présenté autant de développement. Jamais la science n'a fait de tels progrès... Pourtant jamais, sur la planète, autant de gens n'ont autant souffert de la faim. Dans le même pays, la richesse provocante côtoie la misère du bidonville, les quartiers riches aux pelouses gazonnées voisines avec les bidonvilles, comme les grandes villes étalent de terribles contradictions sociales. Une terrible frustration règne dans les quartiers populaires.

Par ailleurs et par extension, on utilise le terme intégrisme à propos d'autres courants religieux radicaux tels que le radicalisme religieux, le fondamentalisme (Yves Alpe et al. 2005). Initialement, ce dernier désignait, un courant du protestantisme américain qui défendait une interprétation littérale de la Bible et s'oppose, par exemple à la théorie de l'évolution. Ce courant défend aussi des positions conservatrices sur le plan de la morale (refus de la contraception et de l'avortement). Et se montre très actif sur le plan politique. Le terme est également employé pour désigner différents courants religieux qui défendent une interprétation stricte des textes religieux et qui s'oppose à la modernité (Yves Alpe et al. 2005).

Cependant, F. Burgat (1988), parmi d'autres, le démontre clairement, la notion d'intégrisme", annexée par les médias, et apparaissant désormais comme une catégorie idéologique doit être maniée avec la plus extrême prudence, en raison de sa proximité, de sa similitude avec les concepts "terroriste", cruauté qui ne sont pas ses synonymes mais des formes plus expressives d'intégrisme. Pour Khalida Messaoudi (1995), l'intégrisme comme le fascisme, n'est pas une opinion mais un délit. Il s'agit d'un courant qui est contre « la liberté d'expression de l'autre », contre la culture sous toutes ses formes et dont le but est l'abolition de toute séparation entre sphère de la vie privée et espace public, et, selon son intensité, l'élimination physique des personnes porteuses de modernité et d'ouverture, donc la destruction de la culture. C'est le fait de vouloir appliquer au pied de la lettre un livre sacré, et une dénomination pour remplacer le mot extrémisme, fanatisme, intolérance, cruauté. Par approximation à la religion, l'intégrisme apparaît sous trois aspects: des croyances, des pratiques et une recherche.

Ce serait passer à côté que de se limiter à baliser les pratiques d'accommodements pour qu'elles respectent les valeurs communes. En n'attaquant pas la cause du problème, « on pellette en avant ». Les interdits religieux les plus médiatisés ne constituent que la pointe de l'iceberg. L'inquiétude, c'est bien plus l'émergence et l'acceptation en Afrique d'un intégrisme plus étendu au sein de la cellule familiale et de leur communauté; un mouvement dont la spirale de dérapage, de désordres sociaux ou même à la limite de violence qui pourrait en résulter restent inconnues.

Conformément à la vision nationale, le Bénin est en 2025: « Un pays-phare, un pays bien gouverné. (…) de rayonnement culturel et de bien-être social » caractérisé par la restauration des valeurs sociales. La réalisation de ce projet de société nécessite de:

- séparer la vérité religieuse du pouvoir politique sécularisé;
- engager un vrai débat sur des questions qui sont fondamentales non seulement sur l'intégration mais aussi sur notre manière de vivre ensemble et pour l'avenir de toute l'Afrique;
- promouvoir un enseignement laïc;
- combattre toutes formes d'injustices sociales;
- promouvoir un espace public ouvert au dialogue interreligieux;
- manifester de la solidarité aux peuples opprimés exclus du droit international;
- défendre les valeurs des Droits de l'Homme (notamment ceux des femmes);
- dénoncer toute intrusion des religions dans la sphère politique.

Enfin, la démocratie doit gagner en crédibilité en appliquant scrupuleusement ses principes universels: liberté, égalité, fraternité, laïcité.

5 CONCLUSION

Le débat de l'expansion de l'intégrisme religieux n'est pas limité aux seuls pays arabes ou musulmans. Tous les pays y sont confrontés. Puisque c'est un phénomène mondial. Il serait surprenant que l'Afrique y échappe. En conséquence, il est important de se demander si les politiques d'intégration des pays accueillant des immigrés sont adéquates pour faire face à cette nouvelle réalité et si les moyens dont disposent les Etats africains sont suffisants pour s'assurer que nos valeurs puissent être acceptées et respectées par tous. Il faut combattre l'intégrisme par l'intégration. C'est dans la mesure où les jeunes trouveront un travail correctement rémunéré et un logement décent, où ils verront un droit international justement appliqué, qu'on privera l'intégrisme du terreau sur lequel il se développe.

Le rempart contre l'intégrisme est l'intégration: les jeunes qui réclament des chances égales au logement, à l'emploi, aux soins, aux études, aux produits de consommation dont ils se sentent exclus. Tout cela représente des menaces pour la démocratie. Il y va aussi de notre intérêt personnel à tous. Intérêt qui est en jeu d'ailleurs puisqu'il s'agit en définitive de nos libertés individuelles et politiques. Nous devons dénoncer toute intrusion des religions dans la sphère politique. La sphère privée ne doit tolérer aucune entrave extérieure. Enfin, la démocratie doit gagner en crédibilité en appliquant scrupuleusement ses principes universels: liberté, égalité, fraternité, laïcité./.

REFERENCES

[1] Benaouda L. (1997). « L'intégrisme islamique ou la culture en danger *», Algérie Littérature/Action,* N°10*.* Avril mai pp.277-282.
[2] Galilou A. (2003), Les diplômés béninois des universités arabo-islamiques: Une élite moderne «déclassée» en quête de légitimité socioreligieuse et politique, Institut für Ethnologie und Afrikastudien, Johannes Gutenberg-Universität, Forum 6, D-55099 Mainz, Germany.
[3] Hugo V. cité par Gaudin T. (2007), *Prospective des religions,* Editions Ovadia.
[4] Messsaoudi K. (1995). « La nouvelle inquisition«, *Les temps modernes,* janvier -février.
[5] Micheline M. (1998). « Religion et intégrisme, ou les paradoxes du désenchantement du monde », in *Cahier de recherches sociologiques,* N°30. PP.153-178. Département de sociologie, UQAM.
[6] Quenum A. (2000). « L'intégrisme met l'Afrique en danger », *La croix.*
[7] Yves Alpe et al. (2005), *Lexique de sociologie,* Dalloz.
[8] Mohamed-Chérif F. (1991). Islamisme, laïcité et droits de l'Homme, L'Harmattan.
[9] Altschull E. (1995). *Le voile contre l'école,* Seuil.
[10] Gaspard F. & Khosrokhavar F. (1995), *Le foulard et la République,* La découverte.
[11] Hakem R. (1997) *Islamisme et barbarie,* L'Harmattan.
[12] Lamchichi A. (1990). Islam et contestation au Maghreb, L'Harmattan.

International Journal of Innovation and Applied Studies
ISSN 2028-9324 Vol. 43 No. 4 Oct. 2024, pp. 965-984
© 2024 Innovative Space of Scientific Research Journals
http://www.ijias.issr-journals.org/

Diagnostic Analysis of a Non-Conventional Irrigation System in the locality of Bafou, West Region of Cameroon

Roger Cesaire Ntankouo Njila, Henri Grisseur Djoukeng, Carole Epiphanie Gnimpieba Zoleko, and Barthelemy Ndongo

Agricultural Engineering, Water Management Research Unit, Faculty of Agronomy and Agricultural Sciences, University of Dschang, Cameroon

Copyright © 2024 ISSR Journals. This is an open access article distributed under the ***Creative Commons Attribution License***, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

ABSTRACT: In Cameroon, most farmers practice irrigation adapted to their budget and technical capacities. These low budget irrigation schemes are the mostly spread between small scale farmers which constitute the majority of Cameroonian producers, but relatively few studies have been carried out on many of them and few official information exists on them. This study hence focuses on characterization and performance evaluation of one of such systems. Irrigation is carried out from planting to the early development phase, by pumping with fuel as an energy source, and watering the farm with a walker hose, until visible saturation. The output per unit irrigated crop area is of the order of 13583USD/ha for a production of 3000crates sold at an average price of 8USD. This value represents the production output and not only the irrigation output. The relative irrigation supply however was not favorable, as it indicated that the water supplied by irrigation did not cover up to 20% of the plant water needs, most probably due to the high irrigation intervals, causing the plants to be maintained at MAD for long periods of time. Future studies should hence find methods of ameliorating the performances of this system by acting on the farmer's technical level and social setting.

KEYWORDS: characterization, irrigation, non-conventional, performance evaluation, performance indicators.

1 INTRODUCTION

Irrigation is the supply of water to crops by artificial means [9] and is a means to ensure that the plant has enough water to ensure optimum growth and yields, allowing farmers to increase their cropping amount and key to producing high-value crops [14], [27]. Irrigation is therefore a means for man to give more value to his crops.

Ref. [16] declared the potentially irrigable land in Cameroon to be of the order of 290,000 hectares (ha). According to [10], the area equipped for irrigation in Cameroon was reported to be 25 654ha, of which 22 450ha is in full/partial control schemes, 404 ha in equipped wetlands and 2 800ha in spate irrigation. Considering an arithmetical growth curve, this would mean that Cameroon has roughly exploited 10% of its irrigation potential. Furthermore, this information is mostly true for equipped conventional systems, run by great firms such as: *Plantations du Haut Penja* (PHP), Upper Noun Valley Development Authority (UNVDA), *Société Camerounaise des Palmeraies* (SOCAPALM), *Société de Développement du Coton* (SODECOTON) and *Société Sucrière du Cameroun* (SOSUCAM) practicing conventional irrigation on several thousand hectares of land, just to name a few. The widely spread adapted irrigation systems are sparsely counted in these figures.

The West Region of Cameroon is reputed for the production of vegetable and dairy crops. Bafou in this Region is a production zone of great quantities of vegetable crops such as tomatoes, cabbages, leeks, green pepper [24], [31]. However, with the monomodal climate characterized by a dry season lasting from November to April and a rainy season lasting from May to October, production is limited to the rainy season for most farmers. The farmers resorting to producing offseason crops, are generally small farmers with limited financial and technical capabilities, irrigating on less than 05ha of land. They therefore tend to recreate and adapt conventional irrigation systems to their context, creating new irrigation techniques.

Corresponding Author: Carole Epiphanie Gnimpieba Zoleko

The major irrigation systems present in the Bafou locality are sprinkler irrigation systems [25], [31]. A few farmers practice surface irrigation but have to stop due to water scarcity during the dry season. Another method however, was observed by [25] which consisted in attaching a perforated object at the end of a pipe and moving it to different parts of the farm, method which was less used due to its tediousness, especially on large farms. In the identified irrigation system, a combination of the latter and a system similar to furrow irrigation which consisted in filling furrows with water one by one using a walker hose pipe was practiced in two distinct phases. Quantifying performance and efficiency using conventional methods here therefore could prove to be erroneous, as the systems differ entirely in the physical aspect.

Water scarcity is the greatest challenge in the practice of irrigation [11], [25]. However, the main reason for the choice of an irrigation system (for approximately 80% of users), is the efficiency of the system, according to [25]. The limited means of most farmers in this locality have pushed them in the practice of less costly and usually less efficient irrigation methods on their small farmlands (using readily available and less costly materials) [25]. This study will hence consist in describing and providing a detailed analysis of one of these non-conventional irrigation systems, in view of formalizing the system and providing methods to ameliorate its technical performance.

2 Materials And Method

2.1 Description Of Study Zone

This study took place in the West region of Cameroon, a country located in Central Africa. Precisely, the farm (Figure 1) was located in the Bafou village located in the Nkong-ni subdivision of the Menoua division. Bafou has a surface area of 178 km2, is located at 12km of the urban center of the Menoua division, Dschang, and is irrigated by a dense network of rivers [8], [35].

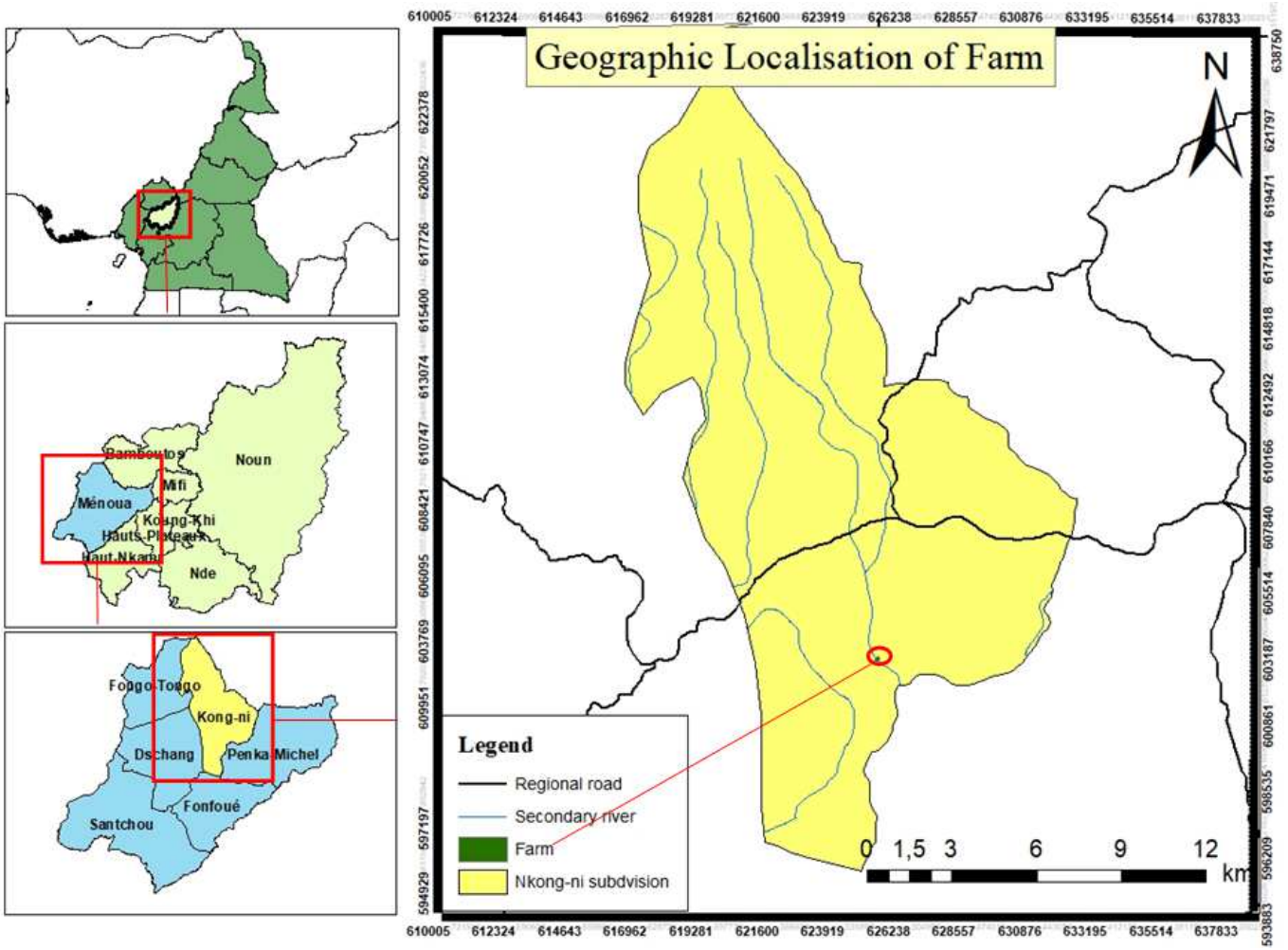


Fig. 1. Localization of Farm

Bafou is located in the Equatorial climatic zone which extends from 2° to 6° N and is characterized by average annual temperatures of about 25° with important vegetation cover. This implies moderate evapotranspiration observed in this zone for most cultural seasons. The ombrothermic curve as proposed by [1], revealed that the dry season lasts 3 months from November to January and the rainy season lasts six months from February to August. These values are not necessarily true for every cultural season due to climatic changes. Bafou has a mountainous character with a succession of mountains and valleys at various locations. Due to this configuration, the farms situated at higher altitudes than water sources use the motorized systems, while those situated at lower altitudes use gravity systems. Those that practice both are situated between at least two water sources situated at higher and lower altitudes [25]. The main rivers draining the Bafou area are Miamezo, Mianou, Mia-melieu, Mia-meloung and Atioyem, and together constitute a radial drainage system [33].

2.2 CHARACTERIZATION OF THE NON-CONVENTIONAL IRRIGATION SYSTEM

The system was characterized by dividing the system into four components as proposed by [18] including the physical, cropping, economic and social-organizational systems.

The acreage was determined using a GARMIN GPSmap 78s Global Positioning System (GPS) receiver, by using the surface area calculation tool. The receiver was also used to record the coordinates of the farm and the slope profile was drawn using the ArcGIS 10.8 tool.

Concerning the physical system, the water source was described in terms of water quantity represented by flow rate (using the velocity area method) and water quality (pH, Salinity and Microbiological activity). The types of pumps were recorded through observation, as well as their nominal flow rates as prescribed by the fabricant. The flow rate of the pumps was also measured on farm using the volume method of water flow measurement. The pumping system here is influenced by the slope of the farm, the diameter and roughness of the pipes and the type of management. The water application subsystem was characterized using the following parameters: field geometry (length, width and configuration), water supply rate, slope (and levelness), infiltration rate, surface roughness, channel shape, and management. The water use subsystem was characterized using factors including the crop water requirement determined using the CROPWAT 8.0 tool, the soil texture and structure, and the soil type. The system of water removal from the soil was recorded using the presence of drainage facilities. This gives us information on the state of root aeration, soil salinity and the workability of the land.

The cropping management practices of the farmer were recorded according to the following criteria as recommended by [18]: Land preparation and tillage operations, Irrigation practices, Soil fertility management, Seedbed management, Crop management practices, Pest management, and Special management procedures.

The economic aspects of farm management were used to characterize the economic system, taking into account the factors of production used. The economic aspects of farm management include five broad categories: production activities, capital building activities, commercial activities, financing activities, and accounting activities [18].

The factors making up the farmers' situation, resulting in a set of behavioral patterns and decisions include the following, adapted from [18]: Setting, Culture, Structure and Processes.

2.3 PERFORMANCE EVALUATION OF THE NON-CONVENTIONAL IRRIGATION SYSTEM

The irrigation system performance is measured using two types of indicators: internal indicators which show how close the irrigation event is to the ideal, and external indicators which informs us of the comparative performances of the irrigation scheme. In the course of this work, only external indicators shall be used, because of the absence of adequate installations to measure correctly the internal performance of the system. The following performance indicators were selected from literature to answer the questions related to the on-farm management [2], [3], [7], [12], [19], [32].

2.3.1 WATER DELIVERY INDICATORS

The selected indicators here are relative water supply (RWS) and relative irrigation supply (RIS). Both RWS and RIS give some indication about the condition of water abundance or scarcity and how tightly supply and demand are matched [30].

2.3.1.1 RELATIVE WATER SUPPLY

Relative water supply (RWS) is given by the ratio of total supplied water (irrigation + rainfall) (m^3) to the crop water demand of the crop (m^3), first presented by [17].

$$RWS = \frac{Total\ water\ supply}{Crop\ water\ demand} \quad (1)$$

Where:

Total water supply = surface diversion plus effective rainfall (m^3);

Crop water demand = ETc (m^3).

RWS was calculated for each period of the development stage, and a graph of the evolution of RWS over the cultivated period was plotted.

2.3.1.2 RELATIVE IRRIGATION SUPPLY

Relative irrigation supply (RIS) is given by the ratio of supplied irrigation water (m^3) to the irrigation demand of the crop (m^3), first presented by [26].

$$RIS = \frac{Irrigation\ supply}{Irrigation\ demand} \quad (2)$$

Where:

Irrigation supply = only the surface diversion for irrigation (m^3);

Irrigation demand = irrigation requirement (m^3)

RIS was calculated for each period of the development stage, and a graph of the evolution of RIS over the cultivated period was plotted.

2.3.2 PHYSICAL INDICATORS

These include the irrigation ratio and the water sustainability ratio as proposed by [28].

2.3.2.1 IRRIGATION RATIO

This is the ratio of currently irrigated area to irrigable command (nominal) area and tells the degree of utilization of the available command area for irrigated agriculture at a particular time [7]. It is given as:

$$Irrigation\ ratio = \frac{Irrigated\ crop\ area}{Command\ (nominal\ area)} * 100 \quad (3)$$

Where:

Irrigated crop area (ha) = the portion of the actual irrigated land in any given irrigation season;

Command area (ha) = the potential scheme designed command area,

2.3.2.2 SUSTAINABILITY OF IRRIGATED AREA (SIA)

This is the ratio of currently irrigated area to initially irrigated area when designed [2]. Irrigated area sustainability (SIA) tells us that the area under irrigation is contracting or expanding as compared to the area initially irrigated [7]. It is given by:

$$SIA = \frac{Currently\ irrigated\ area}{Initially\ irrigated\ area} \quad (4)$$

2.3.3 AGRICULTURAL PERFORMANCE INDICATORS

Agricultural performance indicators relate the value of production in USD to the irrigated cropped area (ha), and consumed irrigation water supply (m^3) as an output of the scheme as described by [6] and [29].

2.3.3.1 OUTPUT PER UNIT IRRIGATED CROP AREA

It quantifies the total value of agricultural production per unit of area under irrigation during the period of analysis. In addition to water availability, soil type and fertility, land suitability, crop variety and agricultural inputs do have significant impact on land productivity [7]. It is given as: [20], [22].

$$Output\ per\ unit\ irrigated\ crop\ area = \frac{Value\ of\ production\ (FCFA)}{Annual\ Irrigated\ cropped\ area\ (ha)} \quad (5)$$

2.3.3.2 OUTPUT PER UNIT IRRIGATION WATER SUPPLY

This tells on how well the total annual diverted irrigation water from a source is productive [7], and is given by:

$$Output\ per\ unit\ water\ supply = \frac{Value\ of\ annual\ production\ (FCFA)}{Diverted\ irrigation\ water\ (m^3)} \quad (6)$$

2.3.3.3 OUTPUT PER TOTAL WATER SUPPLY

This is for the output per unit of total volume of water (effective rainfall + irrigation) diverted to the system. It gives a sound comparison between irrigation schemes with different rainfalls, because gross water supply was considered [7], given as:

$$Output\ per\ total\ water\ supply = \frac{Value\ of\ annual\ production\ (FCFA)}{Total\ water\ supply\ (m^3)} \quad (7)$$

2.3.3.4 OUTPUT PER UNIT WATER CONSUMED

This indicator informs on the output per unit volume of water consumed by actual evapotranspiration. Its value is highly dependent on climate. Moreover, less consumptive use coefficient due to water losses does not affect its value; as only the water consumptively used by the crops is considered. It is given as [22]:

$$Output\ per\ unit\ water\ consumed = \frac{Value\ of\ annual\ production\ (FCFA)}{Water\ consumed\ by\ ET\ (m^3)} \quad (8)$$

2.3.4 PRODUCTIVITY INDICATORS

2.3.4.1 CROP WATER PRODUCTIVITY

It is given here as the ratio of the economic yield with respect to the consumptive water use, which also expresses the water use efficiency given by:

$$CWP = \frac{Y_g}{ET} \quad (9)$$

Where:

CWP = crop water productivity or water use efficiency (crates/ m^3);

Y_g = economic yield (crates);

ET = consumptive water use (m^3).

2.3.4.2 LAND PRODUCTIVITY

The yield of major irrigated crops per unit area of land is an important indicator of on-farm management. It is a measure of the biophysical gain from the usage of a unit of irrigation water, quantified by crop productivity units, expressed in kg or tons per hectare. The yield here is calculated in terms of number of crates produced and therefore in this system, it shall be expressed in terms of crate/ha or crate/m^2.

It is given by:

$$P_l = \frac{Production}{Irrigated\ surface\ area} \quad (10)$$

2.3.4.3 SYSTEM PRODUCTIVITY

System Productivity which gives us the ratio of production (number of crates) to the gross annual or to the seasonal irrigation water use (m^3).

$$P_s = \frac{Number\ of\ crates\ produced}{Quantity\ of\ water\ diverted} \quad (11)$$

2.3.4.4 ENERGY PRODUCTIVITY

Energy productivity measures the number of man hours and liters of fuel used per unit quantity of water diverted (m^3) during the irrigation period.

$$P_{em} = \frac{Number\ of\ manhours\ per\ day}{Quantity\ of\ water\ diverted} \quad (12)$$

$$P_{ef} = \frac{Liters\ of\ fuel\ per\ day}{Quantity\ of\ water\ diverted} \quad (13)$$

Where:

P_{em} = Energy productivity in terms of manhours;

P_{ef} = Energy productivity in terms of liters of fuel.

2.3.5 WATER BALANCE AND WATER SERVICE INDICATORS

2.3.5.1 FIELD APPLICATION RATIO

The field application ratio (FAR) is a measure of efficiency and is defined by [15] as follows:

$$FAR = \frac{ET_c - P_e}{Volume\ of\ water\ diverted\ to\ field} \quad (14)$$

Where:

ET_c = crop evapotranspiration;

P_e = effective precipitation.

The numerator of this indicator originally contains: 'the volume of irrigation water needed, and made available, to avoid undesirable stress in the crops throughout (considered part of) the growing cycle'. This 'volume' is expressed in terms of m3/ha or in terms of water depth [3].

2.3.5.2 DEPLETED FRACTION

The depleted fraction (DF) is the ratio that compares three components of the water balance of an irrigated area, defined by [22] as:

$$DF = \frac{ET_c}{P_e + V_c} \quad (15)$$

Where:

ET_c = average crop evapotranspiration from the gross command area;

P_e = effective precipitation;

V_c = volume of surface water flowing into the command area.

It shows the ratio of crop evapotranspiration to the water brought to the field.

2.3.5.3 DELIVERY PERFORMANCE RATIO

The simplest, and yet probably the most important, operational performance indicator is the delivery performance ratio (DPR) [4], [5], [21]. It is given by the ratio of outflow from the canal to inflow as follows:

$$DPR = \frac{Actual\ water\ flow}{Intended\ water\ flow} \quad (16)$$

The intended water flow is given by the delivery rate of the pump and the actual water flow is the flow rate at the end of the pipe.

2.3.5.4 DEPENDABILITY OF INTERVALS BETWEEN WATER APPLICATIONS

The dependability of intervals between water applications (DIWA) is the pattern in which water is delivered over time is directly related to the overall consumed ratio of the delivered water, and hence has a direct impact on crop production. The rationale for this is that water users apply more irrigation water if there is an unpredictable variation in timing of delivered water. It is given by [3] as follows:

$$DIWA = \frac{Actual\ irrigation\ interval}{Intended\ irrigation\ interval} \quad (17)$$

2.3.6 MANAGEMENT INDICATORS

2.3.6.1 MANAGEMENT OPERATION MAINTENANCE PRODUCTIVITY

It is the total management, operation and maintenance (MOM) cost of providing the irrigation and drainage service excluding capital expenditure and depreciation/renewals per irrigation season per unit area measured in USD/m^2 or USD/acre.

$$P_{MOM} = \frac{Total\ MOM\ Cost}{Total\ Irrigated\ Area\ serviced\ by\ the\ system} \quad (18)$$

Where:

P_{MOM} = Management Operation Maintenance Productivity

The total MOM cost was given by the table of operational costs of the system.

2.3.6.2 EVALUATION OF THE ADVANTAGES AND CONSTRAINTS IN IRRIGATION

This was done through observation and using the irrigation system assessment sheet adapted from [18] as follows:

1. What are the farmers' perceptions about night and day irrigation, major water problems inhibiting increased yields and solutions to major water problems?
2. What is the farmer's decision-making processes related to crop production, that is when to irrigate a given crop, when to stop irrigation, water lift methods, and who applies water at given irrigation?
3. Farmers' estimations of infiltration depth of water, depth of the crop's, root penetration, crop water requirements, critical water demand periods and stages of growth, sources of major losses, magnitudes of losses, and waterlogging.
4. Tendency of farmers to cooperate in water lifting, trading of irrigation turns, farm implements and machinery sharing, sharing of workload, patterns of both formal and non-formal cooperation.
5. Farm management practices: cropping patterns and intensities, seedbed preparation, levels of farm technologies, seed rates, quality and seeding methods, fertilizer inputs, timing, amount and placement methods, harvest methods, storage methods, crop water requirements, soil characteristics, problem soils.
6. Farmer's view on adoption of improved technologies; rate of adoption, information sources used at each stage in the process, characteristics of the innovation, farmers trust in information sources.

7. Economic returns and costs, lifting water (alternative methods), various crop mixes, storage systems, transportation, marketing.
8. Legal and organizational factors, delivery of water to command area, distribution of water, pricing of water, settlement of disputes-formally and informally, farmers' interaction with irrigation officials, use of incentives.
9. Water supply and removal, conveyance efficiency, field application efficiency, water quality, consumptive use, return flow, field topography.
10. Information used for farm-level decision-making: marketing and irrigation schedules, closures, extension, quality and quantity of information

3 RESULTS AND DISCUSSION

3.1 CHARACTERISTICS OF THE NON-CONVENTIONAL IRRIGATION SYSTEM

The surface area of the farm was found to be 1.7839ha. Concerning the slope, it is of the order of 20% in some areas of the farm, thus making it difficult to recommend surface irrigation. However, since the water body has a lower altitude than the farm, only pumped irrigation can be practiced here.

3.1.1 CHARACTERISTICS OF THE PHYSICAL SYSTEM

3.1.1.1 CHARACTERISTICS OF THE WATER DELIVERY SUBSYSTEM

THE WATER SOURCE

The flow rate was found to be 0.0525m^3/s in the dry period, 0.256m^3/s at the end of the wet period and 1.186m^3/s at the peak of the rainy season. (Table 1)

Table 1. Evolution of the stream discharge

Period	Dry period	Wet period	Extremely wet period
Section surface (m^2)	0.150	1.266	5.548
Flow rate (m^3/s)	0.0525	0.256	1.186

The flow rate here hence gives us the quantity of water available throughout the year, especially during the irrigation periods.

Concerning water quality:

- The pH was found to be 7.2 upstream and 7.3 downstream, which indicates that there is a relatively low presence of bicarbonate salts in the water (the presence of bicarbonates is indicated by a pH higher than 7.5 [34]), if not any. The slightly more basic pH downstream might be due to the fertilizer's residue being washed away into the water body, but not sufficiently so to raise an alert for any presence of salts.
- Ref. [13] affirms that 16% of the Cameroonian country is covered by salt-affected soils (0–30 cm), dominating in the northern part of the country where the Sudano-Sahelian climate prevails. This did not raise any alerts concerning the salinization of salts in the Western part of the country since the last studies by [23]. In addition to the non-alerting pH, this justifies why this study did not extend its scope to the study of the salinity of soils.
- Microbiological analysis revealed the presence of coliforms (Enterobacteria spp), faecal coliforms (*Escherichia coli*), Streptococcus spp, Salmonella spp, Shigella spp, Staphylococcus spp and Vibrio spp. The water here is hence highly contaminated and should be treated before irrigation, to avoid plant contamination, and the spread of an epidemic. Basic treatment with sodium hypochlorite (Javel water) will greatly reduce the risk of contamination.

THE PUMPING SYSTEM

Pumping was done in three steps including suction, pumping and repression (Figure 2).

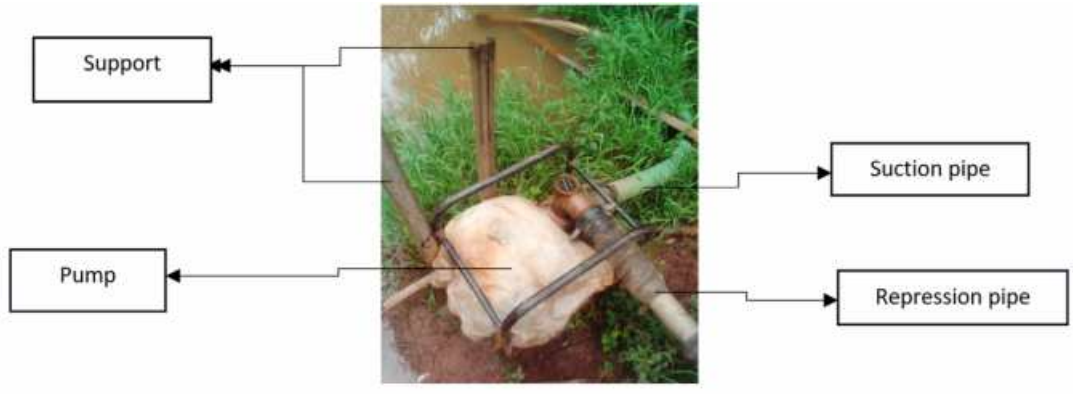


Fig. 2. Pumping System

The abrupt farm slope causes the farmer to use two pumps. The first pump (pump 1) covers the down slope and the lower part of the mid slope, while the second pump (pump 2) covers the upper part of the mid slope and the upper slope. The flow rate of pump 1 was found to be 4.17L/s (250L/min), giving us approximately 120m^3 of water pumped per day into the farm. The blatant difference in delivery volume might be due to the age of usage of the pump, and equally due to the different repairs carried out on the pump.

The pumping system is made up of pipes bound together with rubber bands to keep them from succumbing to pressure; the plastic bag on top of the pump was used to cover the pump in an attempt to protect it from harsh weather and dust and the support with two bamboo sticks planted firmly in the ground was to stop the pump from rolling back due to its kinetic energy during pumping.

The suction pipe was a 100mm diameter pipe and the repression pipe was a 63mm. This is less than the 80mm pipe prescribed by the fabricant. This might be due to the absence of adapted piped on the market and explains the use of rubber bands to tighten them together, and simultaneously, the drop in the efficiency of the pump. Two types of PVC pipes were used for aspiration (Figure 3): smooth and rigid; rough and flexible. These pipes were selected according to their market availability, however rough pipes tend to cause more friction and consume more energy for aspiration.

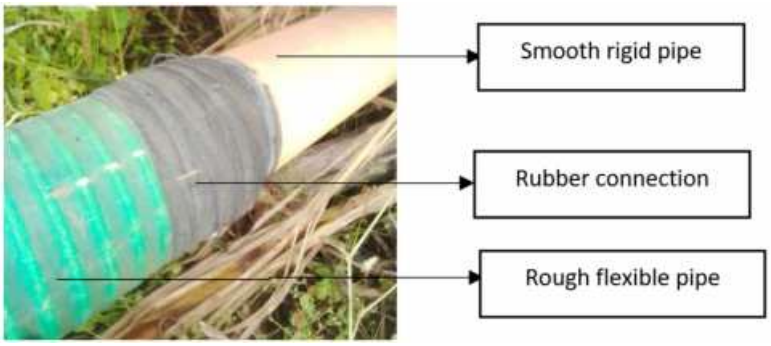


Fig. 3. Aspiration pipes

3.1.1.2 CHARACTERISTICS OF THE WATER APPLICATION SUBSYSTEM

The field had an irregular shape, and for irrigation, the farm was divided into plots, that were irrigable according to the number of people present per day, at the different stages of irrigation. The repartition of plots was mostly done on the length than on the width (rectangular shaped plots). This was mainly due to the slope of the farm, which was abrupt, causing work advancement to be less difficult on the length than on the width.

Irrigation here was carried out in three phases: planting, where the ridges were watered directly using the walker hose; transplanting where water was applied to the outer part of the pocket, to avoid the splashing of chicken droppings out of the pocket due to high pressure (Figure 11); and part of the development phase, where the plants and surrounding soil was watered. This technique is similar to that observed by [25]. At each stage, the irrigation was carried out once a week, and twice if the plants showed signs of wilting.

The pipes used to bring water to the field were mainly 63mm smooth PVC pipes encased into each other (by heating them to expand them) for transport and a walker hose to distribute water on the farm, the two once again bound by a rubber connection.

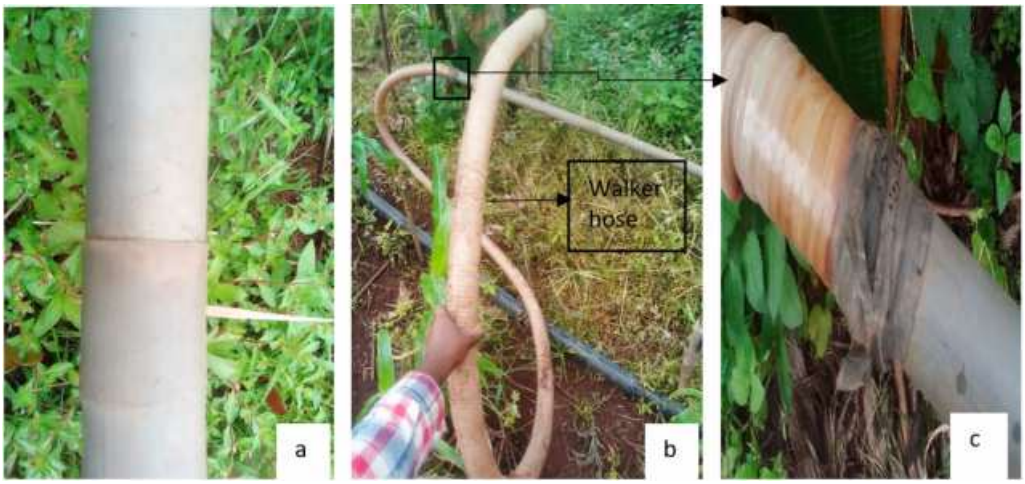


Fig. 4. System Components
(a) Encased pipes (b) Walker hose connection (c) Rubber connection

It can be seen that the rubber connections ware off with time and have to be changed regularly (after every two irrigations). These connections not being very solid, some objects such as banana tree trunks and chunks of wood were placed on the pipes to limit their movement and avoid disconnection (Figure 5).

Fig. 5. Stabilizing the pipes
(a) banana trunks (b) logs of wood

This measure was however not very viable, as losses were observed, due to high pressure at some points which caused disconnection of pipes, water and time wastage. Water loss at distribution was also observed due to noticeable holes in the pipes (Figure 6), which caused a decrease in pressure.

Fig. 6. Damaged pipe

The farmers measure good water supply rate by observing the pressure delivered at the end of the pipe. If the pressure caused a big splash, then it was sufficient pressure, if not it was considered low, mostly caused by a disconnection in the system (Figure 11). Concerning infiltration, saturation was considered to be reached when inundation was noticed on the irrigated surface. The disposition of the system is as shown in Figure 7.

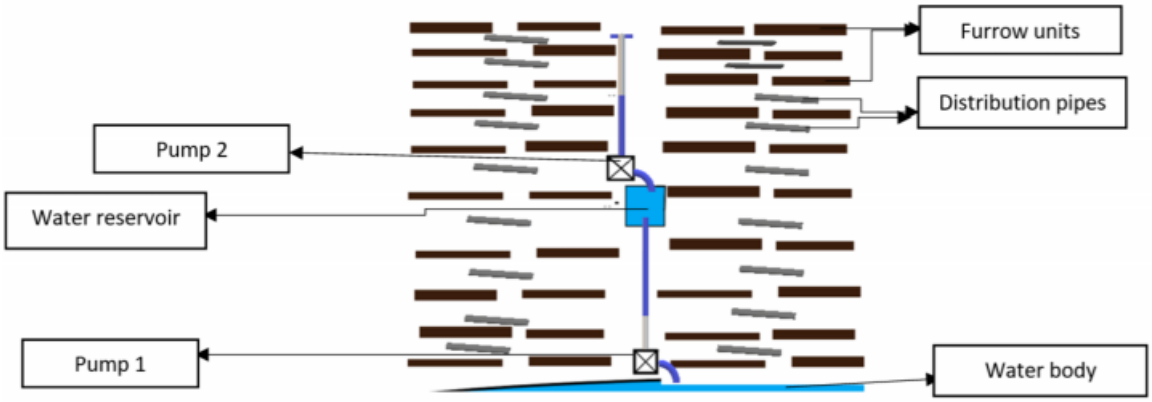


Fig. 7. Disposition of Water Application

The pipes disposed in the farm were 63mm diameter pipes, waiting to be connected, once the corresponding area needed to be irrigated. The furrow units correspond to approximately ten furrows, arranged rectangularly. Water from pump 1 was pumped into a temporary reservoir which was a hole dug in the soil, intended to serve as a secondary water source for pumping uphill. This was a good measure to save money on buying a reservoir, but costs the pump wear off more easily, due to the high turbidity of the water. This measure hence calls for the farmer to change his pump filter as regularly as possible.

3.1.1.3 CHARACTERISTICS OF THE WATER USE SUBSYSTEM

Traditionally, farmers determine the need for water through observation of the dryness of the soil, and the state of plants when the sun reaches the zenith. Plants needing water will generally show signs of fatigue (Figure 8).

Fig. 8. Plant showing signs of fatigue

The crop water requirement (CWR) (Figure 9) revealed the peak water requirement was most likely between the end of the development stage and the beginning of the mid-season stage, which is the heart of fruit formation.

Crop Water Requirements

ETo station | Crop: Tomato

Rain station | Planting date: 10/01

Month	Decade	Stage	Kc	ETc	ETc	Eff rain	Irr. Req.
			coeff	mm/day	mm/dec	mm/dec	mm/dec
Jan	1	Init	0.60	2.96	3.0	0.2	3.0
Jan	2	Init	0.60	3.00	30.0	2.4	27.6
Jan	3	Init	0.60	3.11	34.2	4.6	29.5
Feb	1	Deve	0.60	3.23	32.3	5.4	26.9
Feb	2	Deve	0.70	3.87	38.7	6.6	32.1
Feb	3	Deve	0.83	4.65	37.2	15.5	21.7
Mar	1	Deve	0.95	5.46	54.6	26.3	28.4
Mar	2	Deve	1.09	6.38	63.8	34.8	29.0
Mar	3	Mid	1.15	6.69	73.6	38.5	35.1
Apr	1	Mid	1.15	6.64	66.4	42.5	23.9
Apr	2	Mid	1.15	6.59	65.9	47.2	18.7
Apr	3	Mid	1.15	6.38	63.8	47.6	16.3
May	1	Late	1.12	6.04	60.4	47.4	13.0
May	2	Late	1.00	5.23	52.3	48.1	4.2
May	3	Late	0.87	4.47	49.2	49.5	0.0
Jun	1	Late	0.79	3.96	11.9	15.3	0.0
					737.3	432.1	309.3

Peak water demand

Fig. 9. CWR determination

From the Figure above, we can see that the irrigation requirement in this zone is approximately 42% of the total water requirement, mostly needed at the initial and early development stages of the plant. The graph below shows the variation between effective rainfall and the irrigation requirement (Figure 10).

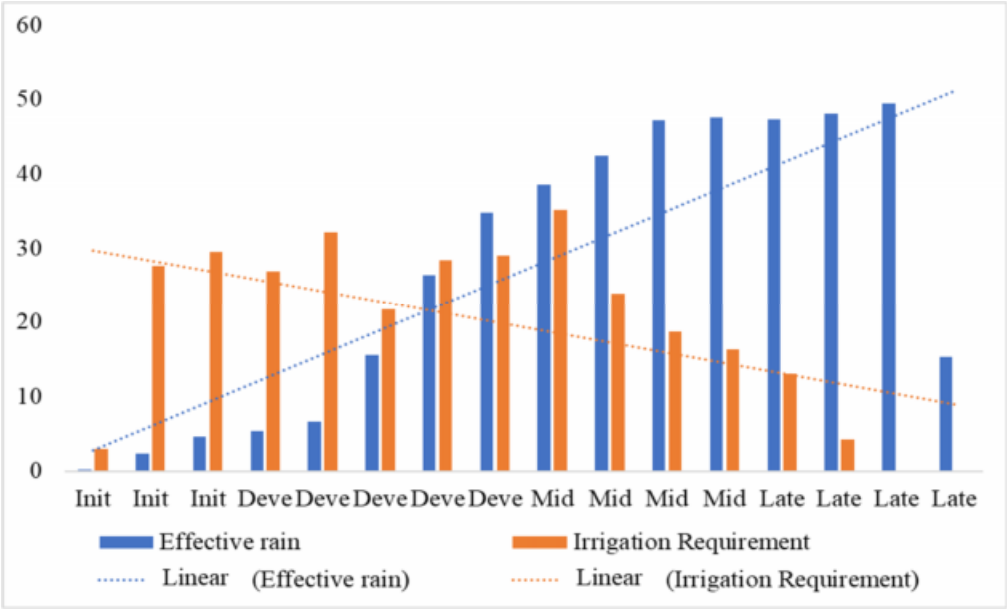


Fig. 10. Graph of effective rainfall against irrigation requirement

From the graph, we can see that there is a high possibility for precipitation in this area to be back before the peak demand season. This corresponds to the month of March which represents the wet season, when precipitation may not always be sufficient, and hence supplementary irrigation deemed necessary. It is during this period however, that irrigation was stopped. The precipitation occurring once a week at this period as planned on the irrigation calendar, was used to cover plant water

needs, while irrigation was paused. If the rain was not back within ten days however, irrigation was practiced as a measure of deficit irrigation.

3.1.1.4 CHARACTERISTICS OF THE WATER REMOVAL SUBSYSTEM

The drainage onsite was done naturally due to the: high slope of the farm which favored runoff, and the sandy nature of the soil which favored deep percolation. This highly encourages the washing away of salts and the aeration of soil particles. The land was however difficult to maneuver especially when the soil was too highly drained, making it hard to work on.

3.1.2 CHARACTERISTICS OF THE CROPPING SYSTEM

Tillage operations were scheduled for three periods: planting, where ridges were formed in the nursery, on which tomato was planted, taking just over half a working day; transplanting, where pockets were formed in the farm, and chicken droppings were dropped in as amendment, taking three working days; and development, when ridges were to be formed on the farm surface when the transplanted plants would have acclimated well, to allow for the passage of water during the last irrigation phase, taking four working days. These operations were carried out using hoes, as the abrupt slope of this farm as well as the financial means of the farmer does not permit the usage of more sophisticated machinery. Naturally, the sharpened hoes worked faster than the lame ones.

The type of irrigation practiced and the corresponding schedule depended on the development phase of the plant: at planting, the water hose was used to water the plants manually; at transplanting (Figure 11), the water hose was used to water the pockets manually, disconnecting the pipes and reconnecting them, when moving from one zone to another; during development the irrigation consisted in watering in a first phase just like at transplanting to replace dead plants or plants having reached PWP a week after transplanting, and in a second phase of watering the plant each week until the return of the rain. This method although difficult and relatively slow (on average two working days scheduled for irrigation), caused less water losses than the old system which consisted in inundating the furrows, one by one. It was also planned however, that if the rain was not back by the late development phase, furrows would be formed and inundated with water for irrigation.

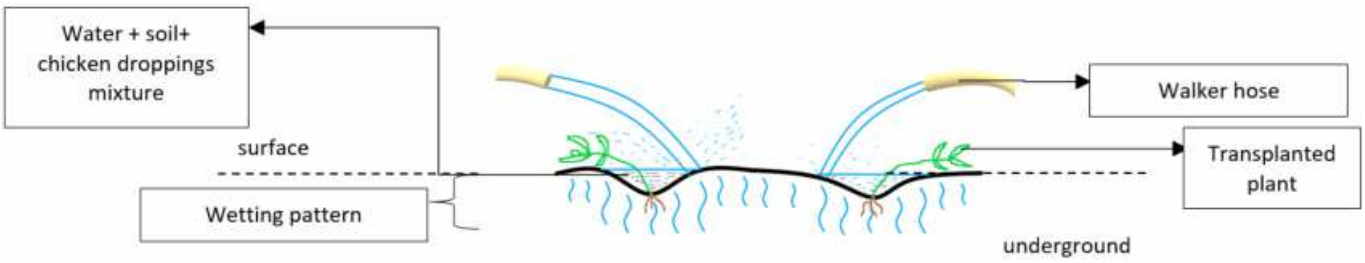


Fig. 11. Water application at transplanting

In addition to chicken droppings, when the plants were seen to have acclimated well after transplanting, NPK 20-10-10 fertilizer was applied, during the formation of ridges. The applied fertilizer, was carried and turned over in the soil, imitating the action of a moldboard plough, but using hoes.

The plant grown by this farmer was tomato (*Solanum lycopersicum raja*), and the furrows were arranged in pseudo steps (Figure 12), perpendicular to the slope of the farm to avoid erosion of the top soil and nutrients. The average spacing was about 80cm row spacing and 20cm plant spacing. To avoid soil impoverishment, tomato is planted here in a rotational pattern with maize.

Fig. 12. Configuration of ridges

The most redundant pathology encountered was bacterial withering, which could easily be confused with plant wilting, if one is not experienced. The difference can the observed at the level of the stem, which still remains fresh during a bacterial wilt (Figure 13), but if the problem is water, the shoot will show signs of weakness.

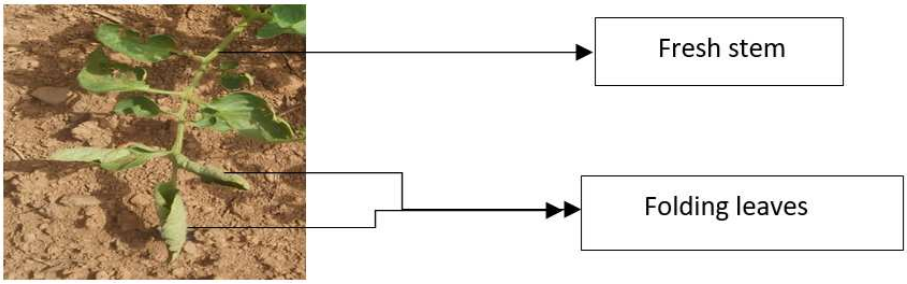


Fig. 13. Bacterial wilting

Other pathologies and weeds were not really observed due to the weekly chemical treatment of the plants. Treatment was done by pumping the water into 500L containers and mixing the product in them. Upslope, the water was fetched at the site of the river on the road, and transported in the car back to the farm. The presence of pests (essentials rats and mice) was greatly observed towards the end of the mid-season, when fruits were beginning to ripen in the farm. These were controlled using products such as rat poison.

3.1.3 CHARACTERISTICS OF THE ECONOMIC SYSTEM

The economic characteristics of farm management in this system are as seen in table 2 below.

Table 2. Economic characteristics of farm management

Activity	Category	Tasks	Factors of Production
Production activities	Agricultural practices	Seedbed preparation Planting Pocket preparation Transplanting Tillage Staking Fertilizing Phytosanitary treatment Harvest	Land (cost of land, fertility of land, soil texture and structure), labor (cost of labor, efficiency of labor), available capital
	Irrigation practices	Water application Pipe maintenance Pump maintenance	Land (soil texture and structure), labor (cost of labor, both machine and manual), available capital
Capital building activities	Machinery and equipment purchase	Pump purchase Pipe purchase Rubber purchase Sprayer purchase Hoes and cutlasses purchase	Available capital
Commercial activities	Input purchase	Fertilizers Phytosanitary products Water Crates	Available capital, cost of water
	Marketing purchase	No direct marketing involved	
Accounting activities	Production and transaction records	Writing down of all production and transaction records of the farm	Land, labor, capital

The total operational costs of the farm were approximately 770USD, with approximately 260USD spent on irrigation.

3.1.4 CHARACTERISTICS OF THE SOCIAL SYSTEM

The various operations in this farm carried out by hired workers (both adults and children), and the farmer's own children, on most weekends. During work hours, everyone is given work and paid according to his age and capacities. For instance, during harvesting, little 10year old children can get paid approximately 2USD/day, while adults get paid approximately 5USD/day.

The farmer's water resource is not a highly exploited resource according to him, because in that production zone, there are only two well established producers (having the largest cultivated surface area), who produce tomato during the dry season. If there were more exploiters on that resource, he would readily form an agreement with them to determine the best usage pattern an employ a proposed IWRM plan, to consider other users, especially as this resource has been labelled grossly polluted. For instance, he would readily accept alternating between day and night irrigation to have full access to the water resource. The problem of water scarcity here even during the dry season though, has not yet been encountered by the farmer.

3.2 PERFORMANCE OF THE NON-CONVENTIONAL IRRIGATION SYSTEM

The external indicators of performance of the system are as seen below.

3.2.1 WATER DELIVERY INDICATORS

The table below shows the values used to calculate RWS and RIS.

Table 3. of values for RWS and RIS calculation

Month	Decade	Stage	Eff rain (m^3/dec)	Irri sup (m^3/dec)	TWS (m^3/dec)	CWD (m^3/dec)	Irri Req (m^3/dec)
Jan	1	Init	3.57	30	33,57	53.517	53,52
Jan	2	Init	41.03	30	71,03	535.17	494,14
Jan	3	Init	82.06	30	112,06	610.09	526,25
Feb	1	Deve	96.33	30	126,33	576.20	479,87
Feb	2	Deve	117.74	120	237,74	690.37	572,63
Feb	3	Deve	276.50	120	396,50	663.61	387,11
Mar	1	Deve	469.17	120	589,17	974.10	506,63
Mar	2	Deve	620.80	120	740,80	1138.13	517,33
Mar	3	Mid	686.80	120	806,80	1312.95	626,15
Apr	1	Mid	758.16	120	878,16	1184.51	426,35
Apr	2	Mid	842.00	120	962,00	1175.59	333,59
Apr	3	Mid	849.14	0	849,14	1138.13	290,78
May	1	Late	845.57	0	845,57	1077.48	231,91
May	2	Late	858.06	0	858,06	932.98	74,92
May	3	Late	883.03	0	883,03	877.68	0
Jun	1	Late	272.94	0	272,94	212.28	0
Total			**7702.98**	**960**	**8662.88**	**13152.69**	**5519.39**

Where:

Eff rain: Effective rain
Irri sup: Irrigation supply
Irri req: Irrigation requirement
TWS: Total water supply
CWD: Crop water demand corresponding to ETc

The graph in Figure 14 below shows the variation of RWS throughout the season.

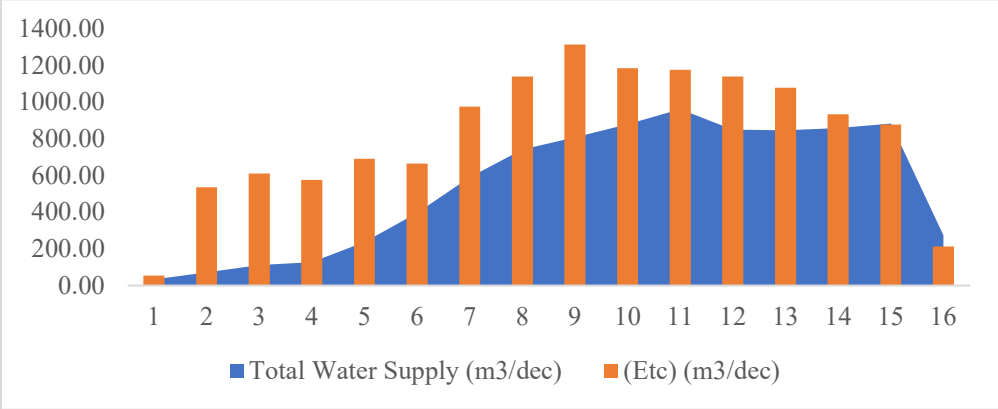


Fig. 14. RWS evolution during cultural season

The total RWS supply is 65.86%, meaning that approximately 35% of the water crop demand was not supplied during this season. From the graph, we can also see that throughout most of the season, the total water supply was less than the crop demand.

The graph in Figure 15 below shows the variation of RIS throughout the growing season.

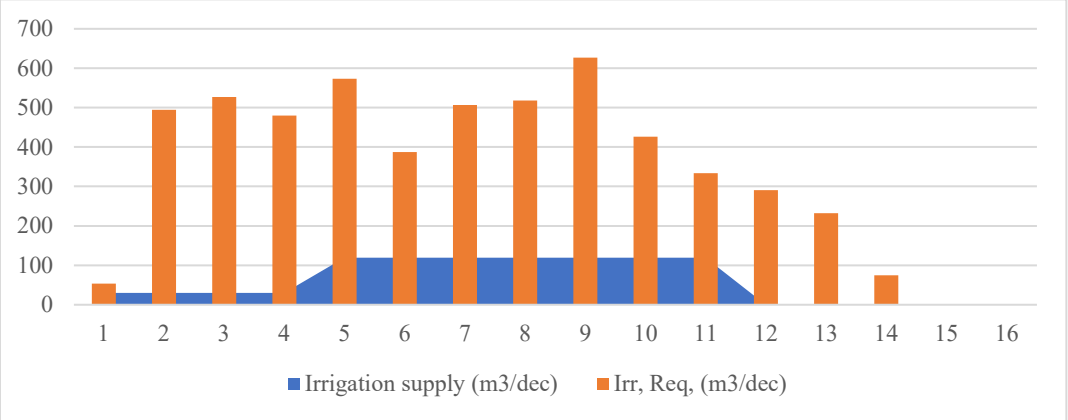


Fig. 15. RIS evolution throughout growing season

The graph in Figure 15 shows that the water supply for irrigation throughout the growing season is insufficient, as calculated total RIS gives 17.40%, meaning that irrigation does not cover up to 20% of the total water needs during the growing season.

From the results above, it can be seen that the water supplied to the farm through rainfall and irrigation does not meet the plant water needs. In addition to that, the contribution brought by irrigation to the farm, although not insignificant, is minimal. This can be explained by the high irrigation intervals and low irrigation time used by the farmers.

3.2.2 PHYSICAL INDICATORS

Both the irrigation ratio and SIA were 100%, as the farmer is a small-scale farmer, who invested relatively high value inputs in his farm. The total land surface exploited was hence irrigated throughout the season.

3.2.3 AGRICULTURAL PERFORMANCE INDICATORS

This campaign produced approximately 3000 crates of tomato for an average unit price of 8USD.

The output per unit irrigated crop area is of the order of 13583USD/ha. This value represents the production output and not only the irrigation output. The output per unit irrigation water supply is 25USD/$m^{3,}$ representing the productivity if water in monetary terms. The output per total water supply is approximately 3USD/$m^{3,}$ implying that the gross water applied has less monetary value than the irrigated water. The output per unit water consumed is given by approximately 2USD/$m^{3,}$ meaning that each meter cube of consumed water cost approximately 2USD of output.

3.2.4 PRODUCTIVITY INDICATORS

The CWP was found to be 0.23crates/m^3 of water, meaning that one meter cube of water consumed, was needed to produce 0.23crates of tomato. The land productivity was found to be 1681.70crates/ha, and like the output per unit irrigated cropped area, does not only represent the biophysical gain from the usage of irrigation water but also from other factors. The system productivity was found to be 3.125crates/m^3 of water diverted. This large difference between the system productivity and crop water productivity, once again confirms the insufficiency of irrigation water throughout the growing season, as the crop water productivity could not express its full potential. The energy productivity in terms of manhours and fuel was found to be 0.07hr/$m^{3,}$ expressing the enormous advantage of pumped irrigation in the delivery of water to the field. In terms of fuel, we obtained 0.1L/m^3 of water pumped.

3.2.5 WATER BALANCE AND WATER SERVICE INDICATORS

The field application ratio was found to be 5.68 implying the volume of irrigation water needed was more than five times the volume of water diverted in the field. This result further supports the RIS obtained above, which informed us of the low level of water supply with respect to irrigation demand. This implies the irrigation time should be increased by at least five times and not only limited to the visible inundation observed.

The depleted fraction was 1.52 indicating that the crop evapotranspiration was 1.52 times more than the volume of water diverted in the field. This means that the total water supply brought in during this season was insufficient to attain complete irrigation.

The DPR was of the order of 25% and this could explain the low water delivery level to the farm. The DIWA was 100% as irrigation practices were planned and carried out each week until the beginning of the rainy season.

3.2.6 MANAGEMENT INDICATORS

The MOM was found to be 145USD/ha, meaning that approximately 145USD was spent per hectare on the management, operation and maintenance of the irrigation system throughout this season.

The identified advantages of this system are as follows:

- The land is not completely inundated and therefore does not consume much water;
- Not very onerous to practice;
- Relatively cheap.

The constraints of this system include:

- The constant undoing of the joints, causing wastage of water and time on the field;
- The rapid wearing of pumps and pipes which is often changed every cultural system;
- The absence of measuring equipment to follow up the usage of water in the field.

4 CONCLUSION

This work aimed at describing and analyzing a newly endowed approach to irrigation, by producing related data usable by both scientists and farmers of the Bafou locality. To attain this objective, the system was characterized and analyzed according to criteria adapted from different authors. The conclusions that can be driven from this work are as follows:

- The non-conventional system identified was a four phased irrigation system at scheduling, but due to the early arrival of rain, it became three phased.
- The water used for irrigation in this system is of poor quality and must imperatively be treated before irrigation.
- The irrigation system identified consisted in pumping water from a river, and distributing it to the field using a water hose. The pipe connection was strengthened either with rubber or simply by encasing them, system which was not very solid and often caused time and water wastage.
- The efficiency of the pump is greatly reduced by its age and by the usage of pipes of lesser diameters than those nominally prescribed by the pump, which additionally are not adapted with the appropriate equipment but rather tightened using rubber bands.
- The total operational costs of the farm were 770USD, with 260USD spent on irrigation.
- The workers in the farm were both hired workers and the farmer's children, and the farmer was very open to collaborate with other farmers if the production basin were to expand. In this system, each worker gets paid according to age range and level of work.
- The total relative irrigation supply was 17.40%, meaning that irrigation did not cover up to 20% of the total water needs during the growing season, results supported by the field application ratio which was 5.68, and therefore a completely irrigated spot should not just be observed on the basis of the state of soil wetting.
- The crop water productivity revealed 0.23crates of tomato produced per hectare of irrigated land.
- The main guidelines concerning the enhancement and promotion of this system mainly include solving issues related to the farmer's technical level and social setting.

ACKNOWLEDGMENT

A special thanks to Dr. DJATSA Kevin and Mr. MBA Franck for their follow up in the laboratory.

REFERENCES

[1] Bagnouls, F. and Gaussen, H. 1957. Climats Biologiques et leur classification. Annales de Géographie (Francia) 355: pp 193-220.

[2] Bos, M. G. 1997. Performance indicators for irrigation and drainage, Irrigation and Drainage Systems 11: pp 119–137.

[3] Bos, M.G., Burton M.A, and Molden, D. J. 2005. Irrigation and Drainage Performance Assessment: Practical Guidelines. CABI Publishing, London, UK. 166 p.

[4] Bos, M.G., Wolters, W., Drovandi, A. and Morabito, J.A. 1991. The Viejo Retamo secondary canal – performance evaluation case study: Mendoza, Argentina. Irrigation and Drainage Systems 5: pp 77–88.

[5] Clemmens, A.J. and Bos, M.G. (1990) Statistical methods for irrigation system water delivery performance evaluation. Irrigation and Drainage Systems 4: pp 345–365.

[6] Degirmenci, H., Tanriverdi, Ç., Arslan, F. & Gönen, E. 2017. Benchmarking performance of large-scale irrigation schemes with comparative indicators in Turkey. Scientific Papers. Series E. Land Reclamation, Earth Observation & Surveying, Environmental Engineering, 6: pp 87–92.

[7] Dejen, Z.A., Schultz, B. and Hayde, L. 2012. Comparative irrigation performance assessment in community-managed schemes in Ethiopia, 7 (35): pp 4956–4970. http://doi.org/10.5897/AJAR11.2135.

[8] Dongmo, J.L. Bafou, une grande chefferie de l'Ouest, Cameroun. Yaounde: CEPER, 1990. 115 p.

[9] Eisenhauer, D.E., Martin, D.L., Heeren, D.M., and Hoffman, G.J. Irrigation Systems Management. ASABE. USA: Derek M. Heeren, 2021. 371 p.

[10] FAO, 2021. AQUASTAT - FAO's Global Information System on Water and Agriculture. [Online] Available: https://www.fao.org/aquastat/en/geospatial-information/global-maps-irrigated areas/irrigation-by-country/country/CMR (Accessed 06.04.2024).

[11] Guedia, A.H. 2021. Gestion des aménagements hydro-agricoles dans les bassins de production de la Menoua-Ouest Cameroun. Mémoire, Génie Rural, Université de Dschang. 94p.

[12] Haileslassie, A., Agide, Z., Erkossa, T., Hoekstra, D., Schmitter, P. and Langan, S. 2016. On-farm smallholder irrigation performance in Ethiopia: From water use efficiency to equity and sustainability. LIVES Working Paper 19. Nairobi, Kenya: International Livestock Research Institute (ILRI).

[13] HALT SOIL SALINIZATION, BOOST SOIL PRODUCTIVITY. 2022. Proceedings of the Global Symposium on Salt-affected Soils. Rome: FAO, pp 67-68.

[14] Hordofa, T., Menkir, M., Awulachew, S.B., and Erkossa, T. 2008. Irrigation and Rain-Fed Crop Production System in Ethiopia.

[15] ICID. 1978. Standards for the calculation of irrigation efficiencies. ICID Bulletin 27.

[16] Knoema. 2020. Cameroon - Irrigation potential [Online] Available: https://knoema.com/atlas/Cameroon/topics/Water/Irrigation-Water-Management/Irrigation-potential (Accessed 06/04/2024).

[17] Levine G. 1982. Relative water supply: an explanatory variable for irrigation systems. Technical Report Number 6. Cornell University, Ithaca, New York, USA.

[18] Lowdermilk, M.K., Clyma, W., Dunn, L.E., Haider, M.T., Laitos, W.R., Nelson, L.J., Sunada, D.K., Podmore, C.A., and Podmore, T.H. Diagnostic analysis of irrigation systems. Vol. 1: Concepts and Methodology. Water Management Synthesis Project, Colorado State University, Fort Collins, Colorado, U.S.A: C. A. Podmore, 1983. 165p.

[19] Malano, H. and Burton, M. 2001. Guidelines for Benchmarking Performance in the Irrigation and Drainage Sector. IPTRID and FAO, Rome, Italy. 50p.

[20] Malano, H., Burton, M., and Makin, I. 2004. Benchmarking performance in the irrigation and drainage sector: A tool for change. Irrig. Drain. 53: pp 119-133.

[21] Molden, D.J. and Gates, T.K. 1990. Performance measures for evaluation of irrigation water delivery systems. ASCE Journal of Irrigation and Drainage Engineering.

[22] Molden, D.J., Sakthivadivel, R., Perry, C.J., de Fraiture, C. and Kloezen, W.H. 1998 Indicators for Comparing Performance of Irrigated Agricultural Systems. Research report 20. International Irrigation Management Institute, Colombo, Sri Lanka.

[23] Ngachie, V. 1992. A general assessment of soil resources and soil fertility constraints in Cameroon on the basis of FAO-UNESCO soil map analysis. Tropicultura, 10 (2): pp 61-63.

[24] Ngouadjio R. K., 2005. Caractéristiques socio-culturelles et démographiques d'une communauté rurale: cas du village Mbih ii à Bafou (Ouest-Cameroun). University of Dschang. pp 13-20.

[25] Njiki, M.H. 2021. Analysis of the technical constraints of small-scale irrigation systems in the Western highlands. Memorandum, Rural Engineering, University of Dschang. 95p.

[26] Perry C.J. 1996. Quantification and measurement of a minimum set of indicators of the performance of irrigation systems. International Irrigation Management Institute, Colombo Sri Lanka.

[27] Scherer, T.F., Franzen, D., and Cihacek, L. 2022. Soil, Water and Plant Characteristics Important to Irrigation. NDSU Extension, AE1675, 16p.

[28] Sener M, Yüksel AN, Konukcu F. 2007. Evaluation of Hayrabolu irrigation scheme in Turkey using comparetive performance indicators. J. Tekirdag Agric. Fac. pp 1-4.

[29] Sener, M. and Albut, S. 2011. Irrigation performance assessment in Turkey: Thrace region case study. Bulgarian Journal of Agricultural Science, 17: pp 521-530.

[30] Shiberu, E., Hailu, H.K., and Kibret, K. 2019. Comparative evaluation of small-scale irrigation schemes at Adami Tulu Jido Kombolcha Woreda, Central Rift Valley of Ethiopia. Irrigation & Drainage Systems Engineering, 5. https://doi.org/10.4172/2168-9768.100022.

[31] Tchékoté, H., Melachio, M.N. and Siyapdje, E.C. Appropriation foncière, pratiques agricoles et enjeux environnementaux à Bafou-Nord dans les monts Bamboutos (Ouest Cameroun)), *Belgeo* [Online], 2 | 2018, Online on 15 may 2018, revised on 27 may 2024.
URL: http://journals.openedition.org/belgeo/21085;
DOI: https://doi.org/10.4000/belgeo.21058 (consulted on 29/05/2024).

[32] Van Halsema, G.E., Lencha, B.K., Assefa, M., Hengsdijk, H. and Wesseler, J. 2011. Performance assessment of smallholder irrigation in the central rift valley of Ethiopia. Irrigation and Drainage, 60: pp 622-634.

[33] Vounang, J.Z.G, Temgoua, E., Ibrahim, B.A., Tamfuh, P.A., Kenzong, B., Moundjeu, E.D., Sonwa, L., Nkolo, G., Nguema, F.N., Wouatong, L.A., and Bitom, D.L. 2023. Contribution of Hierarchical Multi-Criteria Analysis (AHP) to the Evaluation and Spatialization of Soil Erodibility in Humid Mountainous Areas: Case of Bafou-North, Cameroon Western Highlands. International Journal of Earth Sciences Knowledge and Applications, vol. 5, no 2: pp 271-281.

[34] Yadav, R. K., Meena, M.D., Choudhary, M., Gajender, Rai, A.K., and Sharma, D.K. 2015. Laboratory Manual on Poor Quality Water Analysis. India: ICAR-Central Soil Salinity Research Institute, 40 p. Technical Manual: CSSRI/Karnal/2015/2.

[35] Yemele, M.D., Telefo, P.B., Lienou, L.L., Tagne, S.R., Fodouop, C.S.P., Goka, C.S. Ethnobotanical survey of medicinal plants used for pregnant women's health conditions in Menoua division-West Cameroon. J Ethnopharmacol. 2015; 160: 14-31. https://doi.org/10.1016/j.jep.2014.11.017 PMID: 25449451.

International Journal of Innovation and Applied Studies
ISSN 2028-9324 Vol. 43 No. 4 Oct. 2024, pp. 985-997
© 2024 Innovative Space of Scientific Research Journals
http://www.ijias.issr-journals.org/

Promotion communautaire des Associations Villageoises d'Epargnes et de Crédits: Expériences initiées par l'ONG PPSSP pour le renforcement du pouvoir socioéconomique des membres en Province du Nord Kivu, République Démocratique du Congo

[Community promotion of Village Savings and Credit Associations: Experiences initiated by the NGO PPSSP to strengthen the socio-economic power of members in North Kivu Province, Democratic Republic of Congo]

Amuda Baba Dieu-Merci[1], Gabriel Moliso[2], Mosika Sembu Dieu-Merci[3], and Sikuli Bindule Micheline[4]

[1]Professeur Associé, Institut Supérieur des Techniques Médicales de Bunia (ISTM, Bunia), RD Congo

[2]Chercheur indépendant, Programme de Promotion de Soins de Santé Primaires (PPSSP), RD Congo

[3]Chercheur indépendant, Programme de Promotion de Soins de Santé Primaires (PPSSP), RD Congo

[4]Chercheuse indépendante, Programme de Promotion de Soins de Santé Primaires (PPSSP), RD Congo

Copyright © 2024 ISSR Journals. This is an open access article distributed under the ***Creative Commons Attribution License***, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

ABSTRACT: This study was conducted to explore the experiences of Village Savings and Credit Associations (VSCAs) initiated by the PPSSP in strengthening the socio-economic power of their members. To achieve this objective, a mixed research methodology was implemented. Simple random sampling was used to select research subjects. Quantitatively, 198 people responded to our questions, and qualitatively, we were limited by saturation.

After analysis, the study revealed the following:

- The credits obtained by AVEC have enabled members to increase their income. These incomes are increased by the benefits derived from the creation of individual and/or group IGAs.
- AVEC facilitates the economic and social empowerment of its members and improves their living conditions in their households and communities.
- The analysis of the socio-economic empowerment of members of AVEC initiated by the PPSSP is based on: (i) the motivation to join, despite the socio-demographic characteristics of the members, (ii) the purchase of more than one share by members (95.96%), (iii) access to credit by members (68.18%), (iv) the reason for the loan oriented towards the creation of individual (82.32%) or group (30.30%) IGAs, (v) the income from IGAs earned individually or in groups, (vi) the members' perception of the AVEC and the positive social representation of the communities with regard to AVEC activities.
- The results also showed that the loans obtained facilitated the creation of other new income-generating activities in the communities, and strengthened social cohesion between AVEC members and their families.

In the light of these results, we can conclude that it is essential to promote these initiatives in rural communities in order to strengthen the socio-economic power of the population.

KEYWORDS: experiences, members, village associations, savings, credits, socio-economic power.

Corresponding Author: Amuda Baba Dieu-Merci

RESUME: Cette étude a été conduite dans le but d'explorer les expériences des Associations Villageoises d'Epargnes et de Crédits (AVEC) initiées par le PPSSP sur le renforcement du pouvoir socioéconomique des membres. Pour atteindre cet objectif, une méthodologie de recherche mixte a été mise en place. Pour le choix des sujets de recherche, l'échantillonnage aléatoire simple a été utilisé. Sur le plan quantitatif, 198 personnes ont répondu à nos questions et sur le plan qualitatif, nous avons été limités par la saturation.

Après analyse, l'étude a révélé ce qui suit:

- Les crédits obtenus dans les AVEC ont permis aux membres d'augmenter leurs revenus. Ces derniers sont augmentés de bénéfices tirés de la création des AGR individuelles et/ou en groupe.
- Les AVEC facilitent le renforcement du pouvoir économique et social des membres et améliorent leurs cadres de vie dans leurs ménages et dans leur communauté.
- L'analyse du renforcement du pouvoir socioéconomique des membres des AVEC initiées par le PPSSP passe par: (i) la motivation de l'adhésion en dépit des traits sociodémographiques de membres, (ii) l'achat de plus d'une part par les membres (95,96%), (iii) l'accès aux crédits par les membres (68,18%), (iv) la raison du prêt orientée vers la création des AGR individuelles (82,32%) ou en groupe (30,30%), (v) les revenus des AGR tirés individuellement ou en groupe, (vi) la perception des membres sur les AVEC et la représentation sociale positive des communautés au regard des activités AVEC.
- Il est également ressorti des résultats que les prêts obtenus facilitent la création des autres nouvelles activités génératrices de revenus dans les communautés et renforcent la cohésion sociale entre les membres des AVEC et de leurs familles.

Au vu de ces résultats, il y a lieu de conclure qu'il est indispensable de promouvoir ces initiatives dans les communautés rurales pour permettre un renforcement de pouvoir socio-économique de la population.

MOTS-CLEFS: Expériences, membres, association villageoises, épargne, crédits, pouvoir socioéconomique.

1 INTRODUCTION

Le microcrédit a vu le jour au Bangladesh et dans certaines régions d'Amérique latine au milieu des années 1970 pour fournir du crédit aux pauvres, généralement exclus des services financiers formels. Le modèle a gagné en popularité et a été reproduit dans les pays à revenus faibles ou élevés (Godquin, 2019). En 1978, Dr Muhammad Yunus a mis sur pied la Grameen Bank au Bangladesh. Par cette création, il envisageait sortir les femmes de l'endettement et de la pauvreté. Pour cela, il prêtait son argent aux femmes, sans intérêt afin de leur permettre de développer leur activité de manière indépendante. C'est ainsi que la Grameen Bank (la « *banque de village* ») est née et popularise le crédit solidaire (Guerin, 2002).

En Afrique, les premières coopératives d'épargne et de crédit apparaissent en 1956 au Ghana, pour s'implanter successivement au Togo (1969), au Burkina Faso (1972), au Benin (1975) avant de gagner les autres pays. Ces dernières naissent à l'initiative des organisations paysannes, avec l'appui de certaines ONG. En RDC, cette initiative des AVEC est née de l'avènement de guerre qui a endeuillé de nombreuses familles et communautés les laissant dans un désespoir sans précèdent. C'est ainsi que les ONG dans leurs différents projets ont initié des AVEC en faveur des communautés. Le Programme de Promotion de Soins de Santé Primaires (PPSSP) n'étant pas du reste, a mis en place plusieurs AVEC depuis 2008. Au début des années 2021, le PPSSP a encore initié 67 AVEC dans l'ensemble de son rayon d'action. Vouloir comprendre le vécu des membres dans les AVEC, le PPSSP a organisé une étude sur « *les expériences des AVEC initiées par le PPSSP sur le renforcement du pouvoir socioéconomique des membres* ». A partir de données recueillies sur 198 membres, cette étude dans une approche descriptive tente d'apporter d'éléments sur les expériences des membres des AVEC dans le contexte des zones d'intervention du PPSSP.

1.1 LA PAUVRETÉ ET LA MICROFINANCE

Le monde entier est confronté à un problème très sérieux de pauvreté. Environs 41% de la population mondiale vit avec moins de 2 dollars par jour. La majorité de pauvres se concentre dans les pays en développement, étant donné que ce sont ces pays qui ont un pourcentage de population pauvre le plus élevé (Banque Mondiale, 2015). La pauvreté ne favorise pas le développement, car sans revenu suffisant, il est difficile d'accéder à une éducation de qualité, aux soins de santé appropriés, à l'eau potable et à l'électricité. Donc il est difficile de connaître un progrès économique et social lorsque la population vit dans la misère. Nul n'ignore que la lutte contre la pauvreté est une étape très délicate qui nécessite des stratégies appropriées afin d'améliorer le bien-être de la population. C'est dans ce sens, la microfinance qui est considérée comme un instrument financier au service des pauvres peut être favorable pour aider la population à faible revenu en RDC afin d'améliorer leurs conditions de vie et de leurs ménages. Il est constaté que la microfinance a connu beaucoup de succès dans certains pays en voie de développement. Ses effets bénéfiques sont remarqués surtout par l'augmentation des revenus de micro-entrepreneurs et

l'autonomisation des femmes. De nos jours, elle constitue sans doute une autre source de financement appropriée pour les populations pauvres qui n'ont pas accès aux crédits bancaires (Lioto, 2021).

Actuellement tout le monde s'accorde sur le fait que la pauvreté est un phénomène très complexe, pluridimensionnel et qui nécessite des solutions multisectorielles intégrées. La lutte contre la pauvreté s'inscrit, de nos jours, comme l'un des principaux objectifs des politiques et stratégies de développement. Elle constitue aujourd'hui un cheval de bataille pour les Institutions Internationales (Banque Mondiale, FMI,...) qui orientent en conséquence leurs politiques vers la réduction de la pauvreté (UN, 2015). En effet, la microfinance est présentée comme un instrument dont l'application serait favorable à améliorer de l'économie des ménages pauvres. Elle est ainsi entrée dans le programme de développement des pays à économie faible dont la République Démocratique du Congo.

1.2 STRATEGIES DE LUTTE CONTRE LA PAUVRETE EN RDC

Dans le cadre de sa politique de lutte contre la pauvreté, la République Démocratique du Congo (RDC) a mis en place plusieurs programmes de développement; ceci pour éviter aux groupes sociaux les plus vulnérables le basculement dans une pauvreté extrême. C'est dans le même sillage que la RDC, dans le souci d'améliorer les conditions de vie des populations congolaises, a adopté en juillet 2006 le Document de Stratégie de Croissance et de Réduction de la Pauvreté de première génération (DSCRP 1). La mise en œuvre de ce DSCRP s'est déroulée entre 2006 et 2010 et a permis de réaliser le premier déclencheur de l'initiative en faveur des pays pauvres très endettés (PPTE). L'adoption de ce document de stratégie (DSCRP 1) a du reste largement contribué au processus de reprise de la coopération avec l'ensemble de la communauté internationale. Aujourd'hui, le gouvernement publie et met à la disposition des acteurs au développement de la RDC, son deuxième document de stratégie de croissance et de réduction de la pauvreté (DSCRP 2). Celui-ci constitue le seul cadre fédérateur de l'ensemble des politiques macroéconomiques et sectorielles pour le pays avec comme objectif d'améliorer le statut social des groupes vulnérables et marginalisés, à faciliter la croissance et la satisfaction des besoins de base des populations pauvres (DSCRP RDC, 2005).

2 MÉTHODOLOGIE

Cette étude a utilisé la méthodologie mixte pour sa réalisation. L'échantillonnage aléatoire simple a été utilisé pour constituer l'échantillon des membres des AVEC pour la partie quantitative de cette étude. Quant à la taille de l'échantillon, elle a été déterminée par *la méthode du taux de sondage ou de fraction de sondage.* En ce sens, *en considérant: N = la taille de la population; n = la taille de l'échantillon; t = le taux ou la fraction de sondage (%), on a, t= (n/N) *100. Pour utiliser cette méthode, nous avons fixé arbitrairement le taux de sondage. Dans la littérature, on rencontre très souvent le taux de sondage de 10%, que nous avons utilisé pour cette étude.* Nous avons fixé *t* sachant que *t= (n/N) *100* alors ***n= (t*N) /100****.Dans l'ensemble, le PPSSP a initié 67 AVEC* qui regorgent au total 1988 membres. Pour ce, *n= (t*N) /100 d'où n= (10*1988) /100= 198 personnes ont été tirées au hasard et ont répondu aux questions avec une moyenne de 3 personnes tirées au hasard (198/67) par AVEC.*

Pour ce qui est de la partie qualitative, l'échantillonnage par convenance a été utilisé pour le choix des membres.

2.1 LA COLLECTE DE DONNÉES

La collecte de données a été rendue possible grâce à l'utilisation de deux outils: (*i*) le *questionnaire* individuel administré aux membres des AVEC tirés au hasard et (ii) le *guide d'entretien individuel.* Les entretiens avec les membres ciblés prenaient en moyenne 20 minutes. Le questionnaire administré aux membres comprenait deux sections: *l'identification pour des caractéristiques sociodémographiques* et *l'accès aux crédits et impacts sur la vie socioéconomique de membres*.

Avant de commencer la collecte de données proprement dite, le questionnaire a été testé auprès des collègues ayant géré pour plus de 5 ans de projets AVEC au sein du PPSSP. L'exploitation du questionnaire a permis à reformuler certaines questions afin de les rendre beaucoup plus claires.

2.2 LA TECHNIQUE DE COLLECTE DES DONNEES

Nous avons opté pour le questionnaire comme technique de collecte de données pour le volet quantitatif. Pour le volet qualitatif, ***l'entretien semi-directif*** a été utilisé. Elle est la mieux indiquée parce qu'elle permet de recueillir un discours singulier et son « *but est surtout de participer avec l'autre, au travail sur le sens de son projet et de son cheminement* » (Nkoum, 2016).

2.3 Le Traitement Et L'analyse Des Donnees

Pour les données quantitatives, les informations ainsi recueillies sur le terrain ont été exploitées et traitées sous SPSS 27.0. Pour traiter toutes les informations obtenues lors des entretiens (données qualitatives), l'analyse de contenu appuyée par le développement d'un cadre thématique a été utilisée. Les données obtenues de l'approche qualitative ont été utilisées pour mieux comprendre et expliquer les données quantitatives.

3 Présentation Des Résultats

3.1 Resultats Issus De La Recherche Quantitative

- L'âge

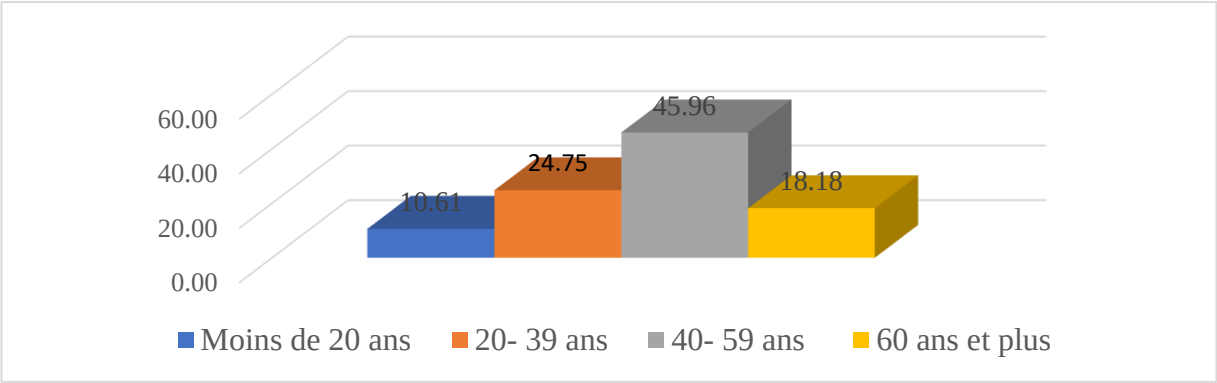


Fig. 1. Distribution des membres des AVEC initiées par le PPSSP selon le groupe d'âge

Ce graphique révèle que les membres des AVEC initiées par le PPSSP étaient âgés en moyenne de 41 (plus ou moins 20 ans).

- Le sexe

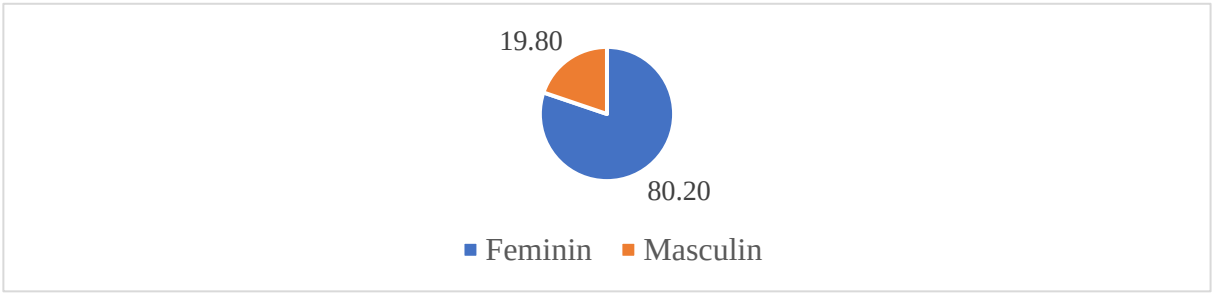


Fig. 2. Distribution des membres des AVECinitiées par le PPSSP selon le sexe

Il ressort de ce graphique que parmi les membres des AVEC initiées par le PPSSP, on dénombre 80,20% des membres du sexe féminin et 19,80 % du sexe masculin.

- Le niveau d'instruction

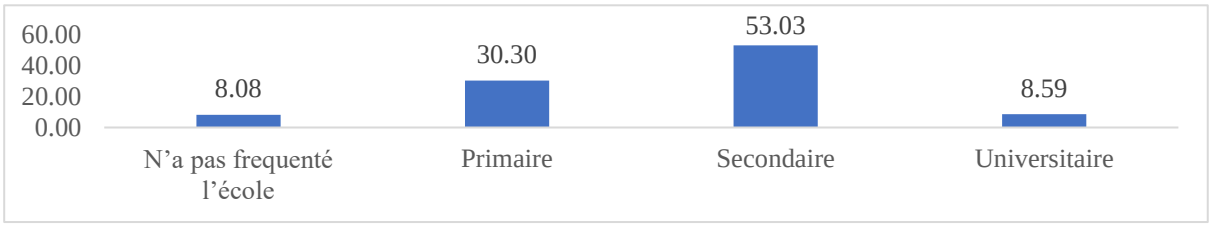


Fig. 3. Répartition des membres des AVEC initiées par le PPSSP selon le niveau d'instruction

Ce graphique montre que la plupart des membres des AVEC initiées par le PPSSP ont un niveau d'études secondaires (53,03%).

- Le statut matrimonial

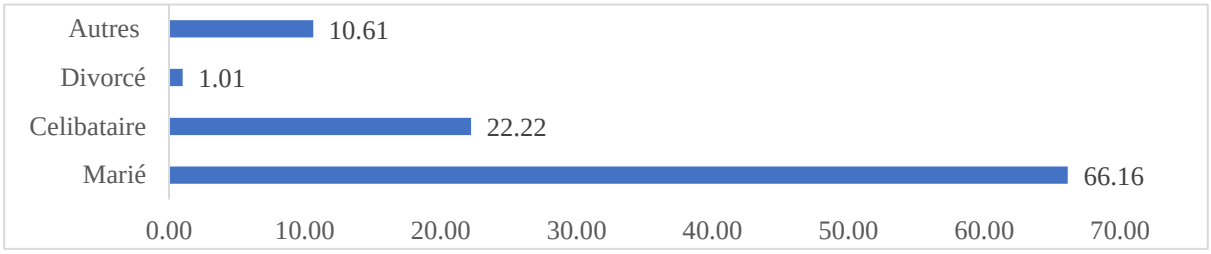


Fig. 4. Répartition des membres des AVEC initiées par le PPSSP selon le statut matrimonial

Ce graphique montre que parmi les membres des AVEC initiées par le PPSSP, la majorité est mariée (66,16%) et moins d'un quart (22,22%) sont célibataires.

- La religion d'appartenance des membres

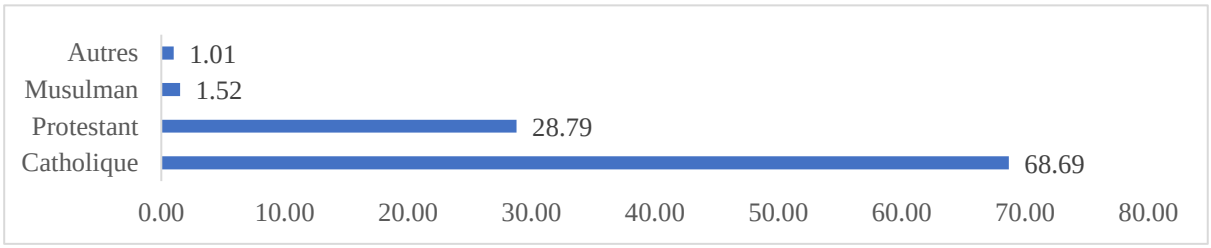


Fig. 5. Répartition des membres des AVEC initiées par le PPSSP selon la religion d'appartenance

Ce graphique révèle que la plupart des membres des AVEC initiées par le PPSSP sont catholiques (68,69%) et plus d'un quart (28,79%) sont protestants.

- La profession des membres

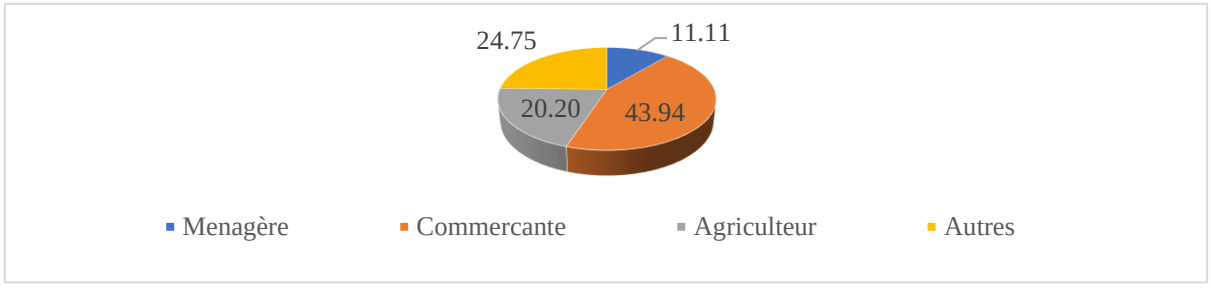


Fig. 6. Répartition des membres des AVEC initiées par le PPSSP selon leur profession

Il ressort de ce graphique que près de la moitié des membres des AVEC initiées par le PPSSP sont des commerçants (43,94%).

- Le nombre de part achetée à l'adhésion aux AVEC

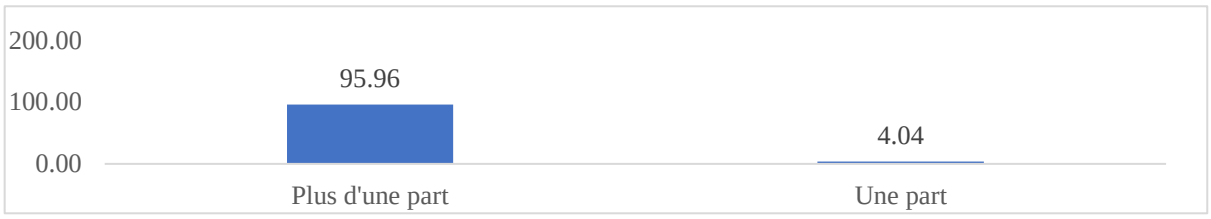


Fig. 7. Répartition de nombre de parts achetées par les membres à l'adhésion aux AVEC initiées par le PPSSP

Dans ce graphique, les données montrent que la plupart des membres des AVEC initiées par le PPSSP (95,96%) ont adhéré en achetant plus d'une part.

- L'accès aux crédits

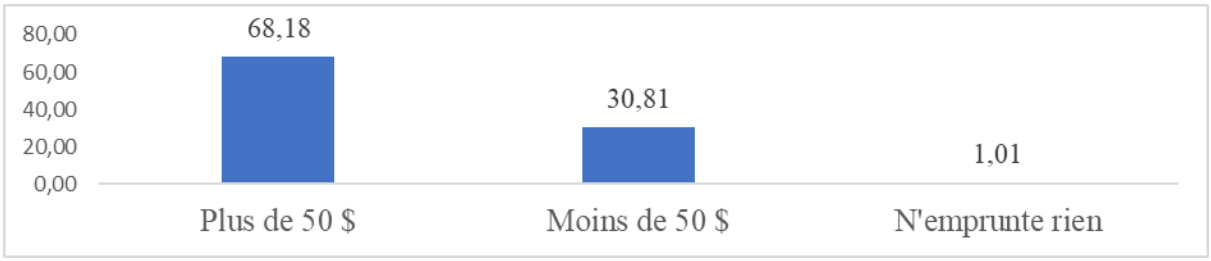


Fig. 8. Répartition des membres selon l'accès aux crédits aux structures AVEC

Il ressort de ce graphique que la majorité de membres a accès aux crédits (68,18 %) et emprunte plus de 50 $.

- La raison du prêt

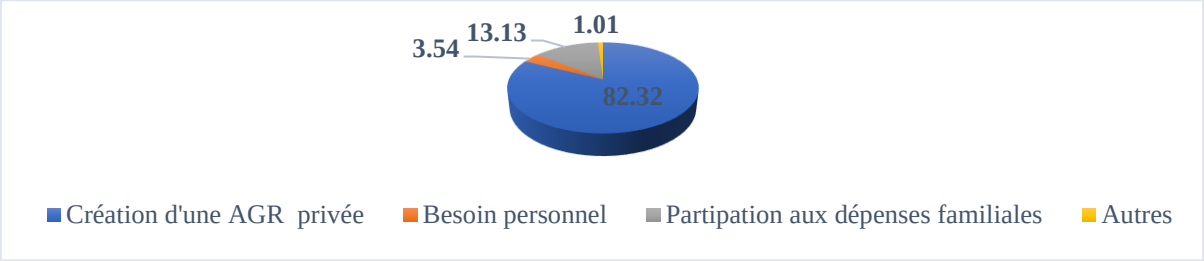


Fig. 9. Distribution de la raison du prêt étant membre de l'AVECinitiées par le PPSSP

Ce graphique montre que 82,32 % des membres des AVEC initiées par le PPSSP prennent les crédits pour la création de leurs activités génératrices de revenus.

- Le bénéfice mensuel issu des AGR individuelles

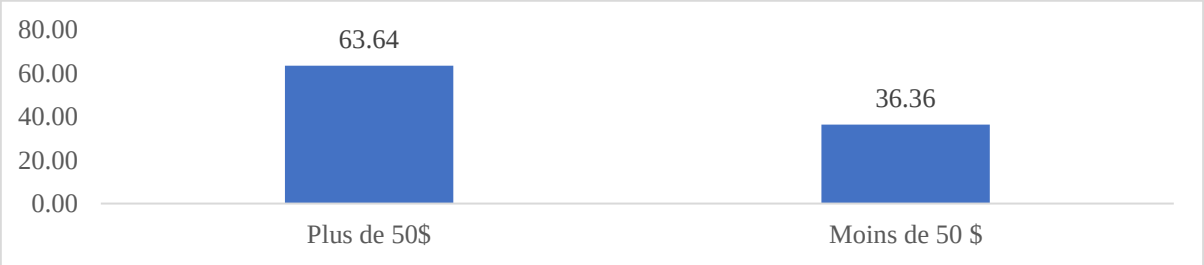


Fig. 10. Répartition des membres des AVEC selon le bénéfice mensuel issu des AGR

Ce graphique montre que la majeure partie des membres enquêtés (63,64%) a de bénéfice mensuel de plus de 50$ issus de leurs activités génératrices de revenus mises en place.

- Le prêt en nature

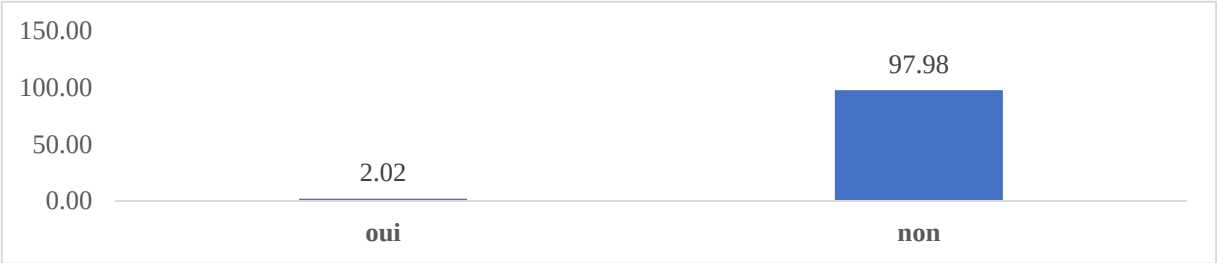


Fig. 11. Répartition des membres des AVEC initiées par le PPSSP ayant pris de prêt en nature

Il ressort de ce graphique que la plupart des membres (97,98 %) des AVEC n'adoptent pas pour le prêt en nature.

- La création des AGR en groupes

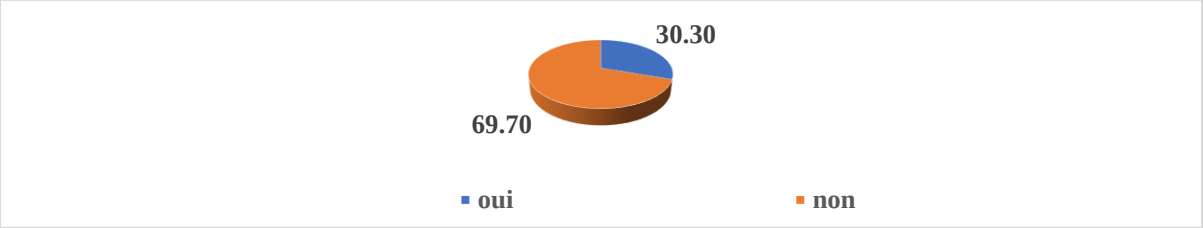


Fig. 12. Répartition des membres des AVEC initiées par le PPSSP selon le type d'AGR créée

Ce graphique montre que 69,7% des membres ont des AGR initiées en groupe.

- Le nombre d'années comme membres AVEC

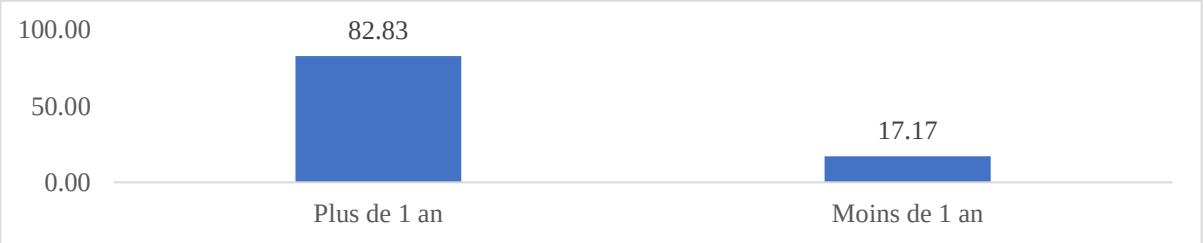


Fig. 13. Répartition des membres des AVEC selon le nombre d'année comme membre AVEC

Il ressort de ce graphique que la plupart des membres des AVEC (82,83%) initiées par le PPSSP ont plus d'une année à partir de leur adhésion.

3.2 RÉSULTATS DE L'ENQUÊTE QUALITATIVE

Dans cette partie, nous mettons en évidence les différents concepts issus de la recherche analysés de façon approfondie. Ces résultats portent essentiellement sur les deux points ci-après:

- Perceptions des AVEC chez les membres actifs;
- Stratégies proposées pour la pérennisation des AVEC par les membres actifs.

3.2.1 DONNEES RELATIVES AUX PERCEPTIONS DES AVEC CHEZ LES MEMBRES ACTIFS

Par rapport aux connaissances sur les AVEC, tous les membres connaissent AVEC. Ils ont été dans l'ensemble sensibilisés par l'ONG PPSSP pour la création des structures AVEC dans leur milieu d'influence. L'enquête montre que les membres apprécient les AVEC. Pour ces derniers, les AVEC sont une « *bonne chose; bonne chose de faire partie des AVEC, cela renforce la cohésion sociale entre les membres, ça aide à s'épanouir sur le plan social et financier, car on a toujours quelques choses sur quoi compter* ». Certains membres des AVEC nous ont ainsi déclaré:

> « *Les gens manifestent toujours l'intérêt d'adhésion aux AVEC malgré que le seuil des membres par groupe AVEC est atteint* » (E3, membre de l'AVEC de l'aire de santé de Vutike à Butembo, Interview) ».
>
> *« Les membres ont intégré les AVEC de suite de l'importance de l'épargne et de l'octroi de crédit en fin d'une période. Selon la même informatrice, plusieurs raisons justifient l'adhésion dans le groupe AVEC et bien plus le bénéfice dans le prêt. Il s'agit notamment de la possibilité d'avoir son fonds propre afin d'une période donnée d'épargne, de la sociabilité entre les membres, de la réduction de dépenses. (« seule, impossible d'avoir 50 $, mais étant membre de l'AVEC, l'on peut facilement avoir 50$ ou plus, et ce fonds peut facilement aider à créer une activité rentable », (E8, membre de l'AVEC de l'aire de santé Katsya, Interview).*

Pour ce qui est des bénéfices issus des AVEC, les enquêtés considèrent que les AVEC sont rentables, car: « les fonds obtenus aident à la création d'autres AVEC individuelles et/ou en groupe ».

> *« Les membres de l'AVEC, au moins chacun a une activité génératrice de revenus dans les quartiers ou au marché, ces activités sont aussi combinées par d'autres telles que les élevages des poules, des cobayes, d'agricultures (...) et les bénéfices nous aident à satisfaire beaucoup de besoins notamment les soins médicaux, la pension scolaire et d'autre besoins familiaux » (E1, Membre de l'AVEC de l'aire de santé Mondo, Interview)*

Par rapport aux représentations sociales sur les AVEC, le fait d'être membre des AVEC ne révèle rien d'inquiétant. Une femme rencontrée affirme que:

> « *Le fait d'y passer déjà plus d'une année comme membre et participer dans les réunions sans avoir appris des incidents dans n'importe quelle structure AVEC confirme cette symbiose entre les membres et les communautés où sont érigées les AVEC »*. (E5, membre de l'AVEC, interview)

En marge de conséquence du fait d'être membre de l'AVEC, l'exploitation des données recueillies montre que les membres n'ont aucune conséquence néfaste de faire partie des AVEC dans leur communauté.

> *« Nous ne connaissons aucune conséquence du fait d'être membre du groupe AVEC, par contre nous voulons y rester pour longtemps pour avoir de sommes colossales après le cycle »* (Membre AVEC de l'aire de santé de Makasi en ville de Butembo). Et, certains de nos enquêtés ont confirmé que: *« les AVEC constituent même une innovation dans le ménage car renforce la cohésion sociale et économique et donne du respect quand on contribue aux besoins familiaux* ». (E4, membre de l'AVEC, Interview)

4 SUGGESTIONS PROPOSEES POUR LA PERENNISATION DES AVEC PAR LES MEMBRES ACTIFS

Les membres des AVEC déclarent avoir besoin d'une façon spontanée de l'ONG PPSSP (même une fois le mois ou le trimestre) venir renforcer la capacité, car il peut toujours y avoir de nouvelles notions de gestion de structures AVEC.

> « *Les réunions doivent être intensifiées dans les groupes AVEC, le jour de réunions doivent être respectés et que de sensibilisations inter membres doivent être régulières et à la création de groupe muser sur les bonnes personnes, ceci pourrait contribuer au renforcement de pouvoir social et économique des membres dans les communautés* » (E7, membre de l'AVEC, Interview).

5 DISCUSSION DES RÉSULTATS

5.1 ASPECT QUANTITATIF

5.1.1 LES CARACTERISTIQUES SOCIODEMOGRAPHIQUES DES MEMBRES DES AVEC

- L'âge et le sexe des membres

D'après les données des enquêtes, l'âge moyen des membres des AVEC se situe autour de 41 ans. Cette tranche d'âge représente la majorité des participants, reflétant ainsi une diversité générationnelle au sein des AVEC initiées par le PPSSP. La majeure partie des membres enquêtés sont des femmes (80,2 %) mariées en plus. Cette forte représentativité des femmes s'explique par la politique initiale du PPSSP de former plus des femmes membres des AVEC que des hommes. De par leur rôle dans le développement des activités en milieu rural, les femmes constituent de plus en plus un groupe cible privilégié dans les programmes et projets de développement.

De plusieurs fonctions, les femmes produisent, aident les hommes, font le commerce ainsi que d'autres activités essentielles pour le bien-être de la famille et de la communauté (Kouassi *et al*. 2024). En Côte d'ivoire, par rapport à une invitation lancée dans la communauté pour la formation des membres sur les AVEC, l'on a constaté en fin de formation sur les 75 personnes inscrites pour la formation, 56 apprenants enregistrés étaient des femmes (75%) et 11 des hommes (25%) qui ont terminé la formation. Juste avec ces résultats, l'on voit un intérêt majeur tant pour les femmes que pour les hommes. (Kouassi *et al*. 2024).

- Le niveau d'instruction

La plupart des membres des AVEC ont un niveau d'études secondaires (53,03%). Il faut également noter qu'un peu plus d'un quart (30,30%) des membres ont un niveau d'études primaires. Le niveau d'instruction joue un rôle fondamental dans l'explication des comportements des hommes dans la société. Selon Evina Akam (2005) « l'instruction apporte à l'individu une ouverture d'esprit et une aptitude à accepter des cultures dites modernes ».

En dépit de cette proportion, le niveau d'instruction n'a pas d'influence sur le fait d'être membre des AVEC car, même ceux qui n'ont pas fréquenté l'école en font partie. Ceci rejoint les résultats de l'étude menée au Sénégal par Kaire *et al*. (2022) qui a montré que la plupart des femmes membres des AVEC de la commune de Sahm Notaire ont un niveau d'études primaires (45,70%). Et PNUD dans ses publications de 2002, confirme que les activités génératrices de revenus sont des activités qui nécessitent peu d'investissement, peu ou pas de qualifications particulières pour être menées.

- Le statut matrimonial

L'étude montre que parmi les enquêtés, la majorité étaient mariés (66,16%) et moins d'un quart (22,22%) sont célibataires. Ceci montre que chaque catégorie a sa façon de voir les choses; c'est d'ailleurs à ce propos que Jodelet (1997) pense que « chaque groupe social a sa manière de comprendre son environnement, les représentations sociales sont des modalités de pensée pratique orientées vers la communication, la compréhension et la maîtrise de l'environnement social matériel et idéal ». Cependant au cours de notre enquête, nous avons constaté que peu importe le statut matrimonial, chaque catégorie se retrouve faisant partie des AVEC initiées par le PPSSP.

- La religion d'appartenance des membres

La plupart des membres des AVEC initiées par le PPSSP sont catholiques (68,69%) et plus d'un quart (28,79%) sont protestants. La religion est définie comme étant « un système institutionnalisé de croyances, de symboles, de valeurs et de pratiques relatives à la divinité » (Akoto, 1990), la religion a une influence sur le mode de vie de ses adeptes. Porteuse de valeurs et de normes, elle affecte la vie des fidèles tant sur le plan comportemental, physiologique que psychique. Abramson (1979) la « caractérise par un complexe culturel assez distinct de valeurs et de symboles, de croyances et de comportements ». Elle joue un rôle dynamique en tant que modèle culturel et unit en une même communauté morale tous ceux qui y adhèrent. Les enquêtés appartenaient à des congrégations religieuses différentes; mais notons que la majorité de membres des AVEC était catholique. Lors de l'interrogatoire, nous avons constaté que leur appartenance religieuse ne leur interdisait pas de faire partie des AVEC.

- La profession des membres

La plupart des membres des AVEC initiées par le PPSSP sont des commerçants (43,94%). La profession d'un individu peut jouer un rôle fondamental dans l'explication de son comportement. Selon le petit Larousse (2009), la profession est une activité régulière exercée pour gagner sa vie. La majorité des enquêtés étaient des commerçants de profession. Nos résultats corroborent également à ceux de Kaire *et al*., (2022) d'une étude menée chez les femmes membres des AVEC au Sénégal où il a constaté que la majeure partie des femmes membres s'activent dans le secteur informel en général, le commerce en particulier (88,20%). A côté du commerce, il y a aussi d'autres activités qu'exercent les membres.

5.1.2 L'ACCES AUX CREDITS ET IMPACT SUR LA VIE SOCIOECONOMIQUE DES MEMBRES

- Le nombre de part achetée à l'adhésion

Selon la méthodologie, les Associations Villageoises d'Epargnes et de Crédits fonctionnent globalement de la manière suivante: pendant un à trois mois, les membres épargnent en achetant entre un et cinq parts à chaque réunion. La valeur d'une part est décidée par l'AVEC au début de chaque cycle. Les données montrent que la plupart des membres des AVEC (95,96%) ont adhéré en achetant plus d'une part. De par ce constat, nos résultats sont similaires à ceux de Kaire *et al*., (2022) d'une étude menée chez les femmes membres des AVEC de la commune de Sahm Notaire au Sénégal où il a constaté que la majorité des femmes membres des AVEC achètent plus d'une part. La part achetée lors de l'adhésion est autrement appelée épargne. Celle-ci constitue l'activité principale des membres des AVEC. Quant aux résultats de la recherche, ils montrent que l'ensemble des membres enquêtés participent aux activités d'épargne. Ils organisent des rencontres pour faire leur épargne, autrement

dit, acheter des parts qui varient de un à trois parts. Chaque membre achète un certain nombre de parts en fonction de ses capacités financières. Donc, c'est grâce à l'épargne que les membres reçoivent des crédits. Le développement local est un processus utilisant les initiatives locales au niveau des petites collectivités en l'occurrence les organisations villageoises comme moteur du développement économique, social et culturel (Serge, 2019). Nos résultats vont aussi de pair avec ceux de Morgan (2017) d'une étude menée dans le Sahel Tchadien sous le financement de Solidarités international et de Humanitarian Aid and civil protection sur les AVEC qui a montré que plus de 75% des membres des AVEC achètent plus d'une part à l'adhésion.

- L'accès aux crédits

Les AVEC tiennent de façon régulière des réunions d'achats de parts (Epargne), qui constituent une source de financement des Activités Génératrices de Revenus (AGR). A travers les achats de parts, les membres sont dans la possibilité d'octroyer un prêt à un demandeur suivant les principes prédéfinis. Il ressort des données de terrain que la condition principale de demande et d'octroi de prêts est d'être d'abord membre de l'association pour en bénéficier des prêts. La majorité de membres a accès aux crédits (68,18 %) et emprunte plus de 50 $. C'est ce crédit qui leur permet de relancer leurs activités économiques. Si certains membres empruntent de petits montants, moins de 50 $ (30,81%), d'autres ne sollicitent même pas de crédits (1,01%). Ces résultats sont similaires à une étude menée dans le Sahel Tchadien par Morgan (2017) où il a été révélé plus de 75% des membres des AVEC achètent plus d'une part à l'adhésion.

- La raison du prêt

Les membres utilisent les prêts issus des AVEC de différentes façons. Les analyses de données collectées aux AVEC montrent que 82,32 % des membres prennent les crédits pour la création de leurs activités génératrices de revenus; et 13,13 % pour la participation aux dépenses familiales et 3,54% pour des besoins personnels. Ces résultats obtenus sont similaires à l'étude menée au Sénégal par Kaire *et al*. (2022) qui a montré que la majorité des membres (85%) utilisent les crédits pour leurs AGR et réservent une partie pour les dépenses alimentaires (50,40%), l'éducation (12,60%), la santé (0,80%) et le confort (11,80%). Ceci se justifierait par le fait que les AGR constituent un investissement rentable, permettant aux membres d'avoir plus de ressources financières pour pouvoir bien gérer le ménage. Nos résultats vont également de paire avec ceux de Meigniez (2020), d'une étude menée en Côte d'ivoire dans la ville de Sikensi. De par leur capacité de renforcement des liens de solidarité entre les populations locales, avec leur prêt, les Associations Villageoises d'Epargnes de Sikensi, selon les données de terrain ont mené des actions de développement à travers la création des activités génératrices de revenus (AGR).

- Le bénéfice mensuel issu des AGR individuelles

Les données concernant les Activités Génératrices de Revenus produites par les AVEC présentent un atout pour le développement local à travers l'épanouissement socioéconomique et culturel des membres. En effet, les AGR procurent aux femmes un accès à des revenus personnels et sont susceptibles de leur conférer une certaine autonomie sociale. Il est donc de plus en plus recommandé aux femmes de se mettre ensemble afin de constituer une base économique pour la création des Activités Génératrices de Revenus. Un gage qui permet de réduire les disparités entre les hommes et les femmes (Kouassi *et al*. 2024).

- Le prêt en nature

La plupart des membres (97,98 %) des AVEC n'adoptent pas pour le prêt en nature. Nos résultats de l'enquête corroborent avec ceux de Kaire *et al*. (2022) dans une étude menée au Sénégal où les femmes font aussi des prêts en nature comme les denrées alimentaires (huile, riz, sucre, lait, détergent etc.), mais leur effectif reste réduit.

- La création des AGR en groupes

D'après les données des enquêtes, 30,30 % des membres des AVEC ont des AGR initiées en groupe à part celles créées individuellement (69,70%). Cette adhésion de membres aux AGR communautaires témoigne de la volonté du renforcement de leur pouvoir socioéconomique au sein des familles et la communauté. L'esprit coopératif en Afrique tire son origine de la nature même de l'être africain; celui-ci vit toujours en communauté et partage ses biens avec ses pairs, d'où la solidarité africaine. (Liboy, 1997).

- Le nombre d'années comme membres AVEC

La plupart des membres des AVEC (82,83%) confirment y avoir passé plus d'une année à partir de leur adhésion. Il faut également noter qu'un peu moins d'un quart (17,17%) des membres ont moins d'une année dans les AVEC. La compréhension de l'importance d'épargne et de crédit a entrainé une augmentation de membres dans chaque groupe AVEC. Ces résultats sont similaires à une étude menée dans le Sahel Tchadien par Morgan (2017) qui a montré que plus de 75% des femmes membres des AVEC y sont pour plus d'une année depuis la création.

5.2 ASPECT QUALITATIF

Au regard de la perception des AVEC chez les membres actifs, nous avons constaté que les enquêtés ne trouvent aucun inconvénient de faire partie des AVEC et évoquent certaines raisons telles que: *« C'est une bonne; bonne chose de faire partie des AVEC, cela renforce la cohésion sociale entre les membres, ça aide à s'épanouir sur le plan social et financier, car on a toujours quelques choses sur quoi compter »*. L'idée de ces personnes vont dans le même sens que celle de Liboy (1997) qui stipule que: *«* L'esprit coopératif en Afrique tire son origine de la nature même de l'être africain; celui-ci vit toujours en communauté et partage ses biens avec ses pairs, d'où la solidarité africaine *»*. Ces observations rejoignent celles obtenues dans une étude menée par l'Alliance Coopérative Internationale (1995) (AIC), qui a montré que « les Associations Villageoises d'Epargnes et de crédits sont des organisations basées sur un processus de coopération volontaire, d'entraide et de construction de liens sociaux; elle est une association autonome de personnes volontairement réunies pour satisfaire leurs aspirations et besoins économiques, sociaux et culturels communs au moyen d'une entreprise détenue conjointement et démocratiquement contrôlée ».

La perception peut jouer un rôle fondamental dans le comportement d'un individu face à un phénomène donné, cet individu peut soit l'apprécier et l'adopter ou le déprécier et le rejeter. Pour Kotler et Dubois (2003), la perception est un « processus par lequel un individu choisit, organise et interprète des éléments d'informations externes pour construire une image cohérente du monde qui l'entoure ». C'est dans ce sens que la majorité des enquêtés ont construit une image positive autour des AVEC initiées par le PPSSP et traduit ainsi l'auto renforcement du pouvoir social et économique étant membres des AVEC.

Pour ce qui est du bénéfice des AVEC, les uns confirment que ces fonds les aident à la création d'autres AGR individuelles et/ou en groupe. Et pour les autres, le bénéfice se traduit par la participation aux besoins familiaux et à la satisfaction des besoins personnels, ce qui fait entendre leur renforcement du pouvoir social et économique. Au regard de ce qui précède, ceci explique le respect, la considération et l'estime que les autres membres de la communauté ont sur ces membres des AVEC et ramène carrément à une représentation sociale positive de la communauté au regard de membres des AVEC. Les représentations pourraient jouer un rôle dans le comportement des individus. Pour Jodelet (1997), *«* les représentations sociales sont des phénomènes cognitifs engageant l'appartenance sociale des individus par l'intériorisation de pratiques et d'expériences, de modèles de conduites et de pensée *».*

Au regard des stratégies proposées pour la pérennisation des AVEC par les membres actifs, l'exploitation des entretiens réalisés confirme que l'intensification des réunions, le respect de jours de réunions et les sensibilisations inter membres en musant sur la bonne sélection sont des moyens pour pérenniser les AVEC. Ces stratégies proposées sont similaires à celles trouvées par Morgan (2017) où la composition des membres des AVECs et les critères de sélection constituent le facteur le plus important du succès et de la pérennité d'une AVEC. La même étude montre que la proximité géographique des membres est primordiale pour éviter un trop fort taux d'absentéisme lors des réunions.

6 CONCLUSION

Cette étude réalisée dans trois villes dont Beni, Butembo et Goma en République Démocratique du Congo où l'ONG PPSSP a mis en place les AVEC avait pour objectif d'analyser les expériences desdites AVEC sur le renforcement du pouvoir socioéconomique des membres. Après analyse, l'étude a révélé ce qui suit:

- Les membres s'accordent à dire que les crédits obtenus dans les AVEC leur permettent d'augmenter leurs revenus et facilitent la création des AGR individuelles et/ou en groupe.
- Les résultats de la recherche mettent aussi en évidence le fait que les AVEC facilitent le renforcement du pouvoir économique et social et l'amélioration des cadres de vie des membres dans leur ménage et leur communauté.

- L'étude sur les Associations Villageoises d'Epargnes et Crédits initiées par le PPSSP montre la place de ces associations dans le développement local des communautés et des membres.

Outre les liens socioculturels, d'entraide, de solidarité et de la cohésion qui se créent à travers ces organisations villageoises, les AVEC peuvent être de plus en plus recommandées par l'ONG PPSSP pour favoriser le développement au niveau local.

REFERENCES

[1] Abramson Social H.J. Compass, (1979). «Migrants n° 1, pp. and 5-29 cultural diversity: on ethnicity and religion in society».
[2] Akoto, E. (1990), Christianisme et inégalités en matière de mortalité des enfants en Afrique noire. In: Population, 45e année, n°6, 1990. pp. 969-992.
[3] Banque Mondiale, (2005), Rapport sur le développement dans le monde.
[4] DSCRP RDC, (2025), Rapport national: Analyse participative de la pauvreté en RDC, 120 pages.
[5] Evina, A. (2005) « infécondité et sous fécondité: évaluation et recherche des facteurs. Le cas du Cameroun » les cahiers de l'IFORD N°1. 281 pages.
[6] Godquin, Marie, (2019). « Microcrédit », *Encyclopædia Universalis*.
[7] Guerin, I. (2002). Fait partie d'un numéro thématique: Microfinance: petites sommes, grands effets ?; Revue Tiers Monde. 172 pp. 867-877.
[8] Jodelet, D. (1997), *Les représentations sociales* (5e édition) France, Presse universitaire de France.
[9] Jodelet, D. (1997). Représentation sociale: Phénomènes, concept et théorie, in psychologie sociale, sous la direction de S. Moscovici, Paris: PUF.
[10] Kaire, et al. (2022) Les effets des microcrédits sur le renforcement du pouvoir socioéconomique des femmes membres des Associations villageoises d'épargne et de crédit (AVEC) de la Commune de Sahm notaire.
[11] Kotler, P. et Dubois, B. (2023), *Marketing et management,* 11e édition, Pearson éducation, 2003.
[12] Kouassi *et al.* (2024), « Organisations villageoises et développement local: cas des AVEC de la sous-préfecture de Sikensi«, Revue Internationale Dônni, Numéro spécial 2, Janvier, p. 58-64.
[13] KOUASSI N'Guessan Serge (2019), « Contre-performance des sociétés coopératives de café-cacao et développement local en côte d'ivoire: cas du canton Touka dans la sous-préfecture d'Oumé » Revue ivoirienne de gouvernance et d'études stratégiques (RIGES), Numéro 8 (2) Pp 76-93.
[14] Le Petit Larousse illustré 2009. Larousse 21, Rue du Mont parnasse 75283 Paris Cedex 06. www.édition.larousse.fr.
[15] Liboy, M.G. (1997), La création, le développement et la gestion des coopératives d'épargne et de crédit en milieu rural comme instrument du décollage économique: cas du Zaïre, la maitrise en gestion et développement des coopératives, Sherbrooke, avril 1997. 139 pages.
[16] Lioto, N. (2021). Microfinance et lutte contre la pauvrette en République Démocratique du Congo: une analyse critique. Université Protestante au Congo, Kinshasa, 202,74 pages.
[17] Morgan, F. C, (2017), Les Associations Villageoises d'Epargne Crédit: une approche adaptée aux ménages les plus pauvres ? Caractéristiques des membres et impact sur l'économie des ménages: Etudes de cas, Janvier 2027. 36 pages.
[18] MEIGNIEZ, M. (2020). « L'engagement associatif entre pluralité des logiques d'aide et reconnaissance d'une politique d'action sociale«, Sciences de la société, 105 [En ligne], https://doi.org/10.4000/sds.11229.
[19] Nkoum, B. A. (2016). *Initiation à la recherche: une nécessité professionnelle* (5ème édition). Yaoundé: Presse de l'UCAC.
[20] OMD, Rapport 2015.
[21] Ouédraogo, A. (2016), Microfinance en Afrique de l'Ouest: histoire, défis et limites.
[22] Rapport de la Banque Centrale (2015), République Démocratique du Congo.
[23] Rapport de la Banque mondial, 2015.

International Journal of Innovation and Applied Studies
ISSN 2028-9324 Vol. 43 No. 4 Oct. 2024, pp. 998-1012
© 2024 Innovative Space of Scientific Research Journals
http://www.ijias.issr-journals.org/

Analyse des interactions entre les caractéristiques agro-pédo-géologiques et la gestion durable des ressources pastorales du bassin versant du Zou à l'exutoire de Domé au Bénin

[Analysis of the interactions between agro-pedo-geological characteristics and sustainable management of pastoral resources in the Zou watershed at the outlet of Domé in Benin]

ADETONA Luc[1-2], AGOÏNON Norbert[1], VODOUNOU Jean Bosco Kpatindé[1], and GNELE José Edgard[1]

[1]Département de Géographie et Aménagement du Territoire, Université de Parakou, BP 123, Parakou, Benin

[2]Ecole Doctorale des Sciences Agronomiques et de l'Eau (EDSAE), Université de Parakou, BP 123, Parakou, Benin

Copyright © 2024 ISSR Journals. This is an open access article distributed under the ***Creative Commons Attribution License***, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

ABSTRACT: The Zou watershed is a significant hydrographic unit located in a region with complex interactions between agro-pedo-geological components and pastoral resources. This study aims to analyze the agro-pedo-geological characteristics and sustainable management of pastoral resources in the Zou watershed at the outlet of Domé in Benin. The data used to describe these characteristics and their spatial distribution comprise climatological, planimetric, pedological, and geological data. The results reveal that the watershed is influenced by a Sudanian climate in the north and a subequatorial climate in the south, with an average annual precipitation of 1116 mm over the period 1991-2020. The classification of vegetation cover shows dominance of savanna (66.31%), plantations (15.61%), and fields and fallows (9.61%), with implications for forage availability and biodiversity. The soils in the watershed are diverse, with a predominance of tropical ferruginous soils, influencing water retention and vegetation production. The geology of the watershed indicates the presence of ancient Precambrian rocks such as granite, gneiss, granito-gneiss, embréchites, and quartzites. These findings underscore the importance of sustainable management of natural resources to ensure long-term availability of water and forage in the region.

KEYWORDS: Agro-pedo-geology, Sustainable management, Pastoral resources, Zou watershed, Domé.

RESUME: Le bassin versant du Zou est une unité hydrographique importante située dans une région aux interactions complexes entre les composantes agro-pédo-géologiques et les ressources pastorales. Cette étude vise à analyser les caractéristiques agro-pédo-géologiques et la gestion durable des ressources pastorales dans le bassin versant du Zou, à l'exutoire de Domé, au Bénin. Les données utilisées pour décrire les caractéristiques et leur distribution spatiale sont composées des données climatologiques, planimétriques, pédologiques et géologiques. Les résultats révèlent que le bassin est sous l'influence d'un climat soudanien au nord et subéquatorial au sud, avec une moyenne pluviométrique annuelle de 1116 mm sur la période 1991-2020. La classification de la couverture végétale montre une dominance de la savane (66,31%), des plantations (15,61%) et des champs et jachères (9,61%), avec des conséquences sur la disponibilité en fourrage et la biodiversité. Les sols du bassin sont divers, avec une prédominance des sols ferrugineux tropicaux, influençant la rétention d'eau et la production végétale. La géologie du bassin montre la présence de roches anciennes du précambrien, telles que les granites, les gneiss, les granito-gneiss, les embréchites et les quartzites. Ces résultats soulignent l'importance de la gestion durable des ressources naturelles pour assurer la disponibilité à long terme en eau et en fourrage dans la région.

MOTS-CLEFS: Agro-pédo-géologie, Gestion durable, Ressources pastorales, Bassin versant du Zou, Domé.**INTRODUCTION**

Les bassins versants sont des zones drainées par un système de cours d'eau et de rivières qui convergent vers une sortie particulière [1]. Ils constituent des unités essentielles pour l'étude et la gestion des ressources en eau, car ils déterminent la manière dont l'eau circule à travers le paysage, influençant la disponibilité des ressources pastorales. En effet, les caractéristiques biophysiques et les activités anthropiques sont des éléments clés qui influencent sur le fonctionnement hydrologique des bassins versants [2]. Elles impactent le processus de ruissellement en surface et conditionnent l'évapotranspiration ainsi que le bilan hydrique du bassin [3].

Le bassin versant du Zou, situé à l'exutoire de Domé au Bénin, présente un écosystème unique caractérisé par des interactions complexes entre ses composantes agro-pédo-géologiques et les ressources pastorales. Cependant, ce bassin est soumis à un processus de dégradation avancée, notamment par une avancée des zones de savane et de cultures en jachère [4]. Selon la référence [5], toute altération des conditions et de la configuration de la couverture végétale influence les ressources en eau de l'environnement. Devant ce contexte, depuis 1960, les initiatives de développement rural menées dans le département du Zou, au Bénin, visent à rétablir l'équilibre agro-écologique et à renforcer la productivité des sols [6].

Cependant, la gestion durable de cet écosystème est devenue un défi majeur en raison des pressions croissantes exercées par les activités agricoles et pastorales, ainsi que des effets du changement climatique. Comprendre les interactions entre les caractéristiques agro-pédo-géologiques du bassin versant et la gestion des ressources pastorales est donc essentiel pour promouvoir la durabilité environnementale et socio-économique dans la région.

Dans cette perspective, cette étude vise à analyser les caractéristiques agro-pédo-géologiques et la gestion durable des ressources pastorales du bassin versant du Zou à l'exutoire de Domé au Bénin.

Le bassin versant du Zou à l'exutoire de Domé est l'un des sous-bassins de l'ensemble hydrographique Ouémé-Yéwa [7] et est situé entre 1° 37'23" et 2° 27'30" de longitude Est, et entre 6°54'48" et 8° 34' 23" de latitude Nord (Figure 1).

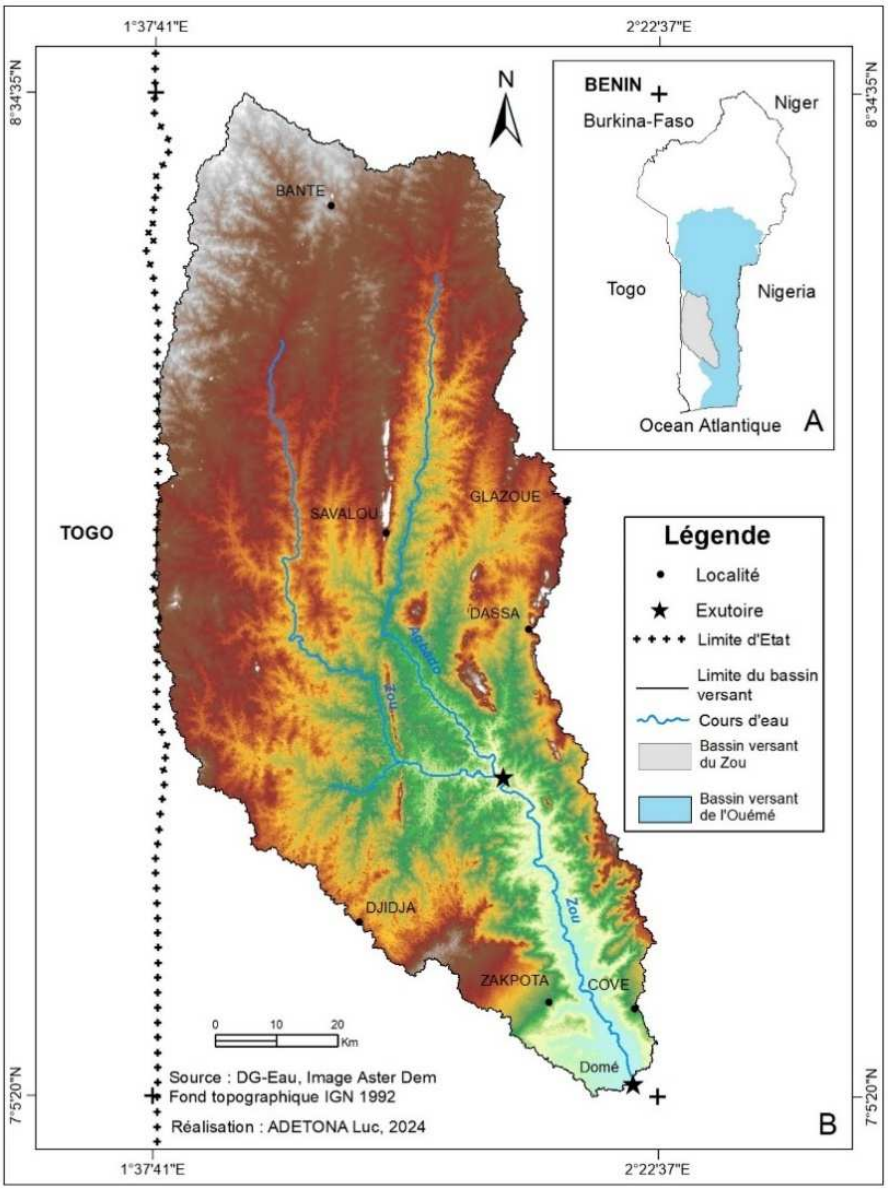


Fig. 1. Situation géographique du bassin versant du Zou à l'exutoire de Domé

2 DONNEES ET METHODES

Les données utilisées sont essentiellement celles climatologiques, pédologiques et géologiques.

- Les données climatiques relatives à la pluviométrie de 30 stations sont issues de la base de la Direction Nationale de la Météorologie (DNM) de l'Agence Nationale pour la Sécurité de la Navigation Aérienne en Afrique et à Madagascar (ASECNA) de Cotonou sur la période de 1991 à 2020, ainsi que de données téléchargées depuis le site de la NASA: https://power.larc.nasa.gov/data-access-viewer/.
- Les données planimétriques constituées de l'image satellitaire Landsat OLI 2020 avec une résolution spatiale de 30 mètres, ont été acquises par téléchargement sur le site http://earthexplore.usgs.gov/. La méthode utilisée pour classer les images est l'approche supervisée, mise en œuvre à travers l'algorithme du maximum de vraisemblance [8]. Une fois l'interprétation et la classification des images réalisées dans le logiciel ENVI 5.1, les fichiers raster résultants ont été converties en données vectorielles.
- Les données et informations sur les types de sols sont extraites de la feuille de Savè NC-31-II-Ed.1955-NC-31-III-Ed.1969 au 1/200000 [9] et leurs caractéristiques physiques et chimiques ont été obtenues sur le site de la FAO *http://www.fao.org/soils-portal,* qui est une base harmonisée des données des sols du monde [10].
- Les données géologiques ont été extraites de la base de OBRGM & DGM à partir des cartes géologiques au 1/200000.

L'ensemble de ces données a permis de décrire les caractéristiques agro-pédo-géologiques du bassin versant, tout en mettant en évidence leur distribution spatiale ainsi que leur dominance dans le bassin. Le logiciel ArcGIS 10.2 est l'outil utilisé pour la spatialisation des données.

3 RESULTATS ET DISCUSSION

3.1 CARACTERISTIQUES AGRO-PEDO-GEOLOGIQUES DU BASSIN VERSANT DU ZOU A L'EXUTOIRE DE DOME

Les caractéristiques agro-pédo-géologiques ont été examinées pour comprendre les différentes composantes qui influencent la gestion des ressources naturelles du BVZD.

3.1.1 RYTHMES CLIMATIQUES DU BASSIN VERSANT DU ZOU A L'EXUTOIRE DE DOME

Le bassin versant du Zou est sous l'influence du climat de type soudanien dans sa partie nord et du climat subéquatorial dans sa partie sud. La moyenne pluviométrique annuelle est de 1314 mm sur la période 1991-2020. Cette précipitation varie dans l'espace et provient principalement de la côte guinéenne [11]. Elle s'accroît généralement du nord-est vers le sud-ouest du bassin et varie de 1200 mm à 14OO mm. Le bassin est caractérisé par un régime bimodal (Figure 2) et est composé de 8 mois plus arrosés qui représentent près de 94,77 % des précipitations, avec un pic en juillet (208,35 mm) et en septembre (220,27 mm) (Figure 3). Les Figures 2 et 3 présentent respectivement le régime pluviométrique moyen et le diagramme climatique du bassin du Zou à la station synoptique de Bohicon.

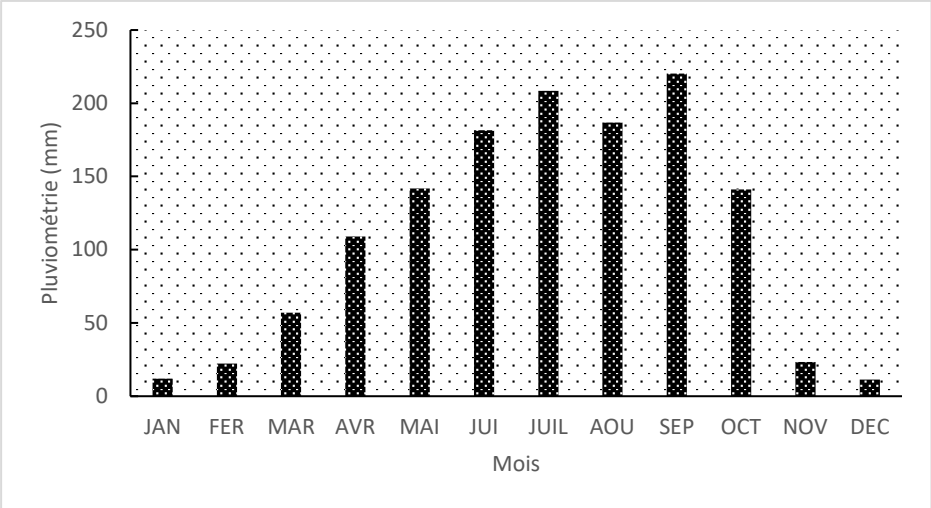
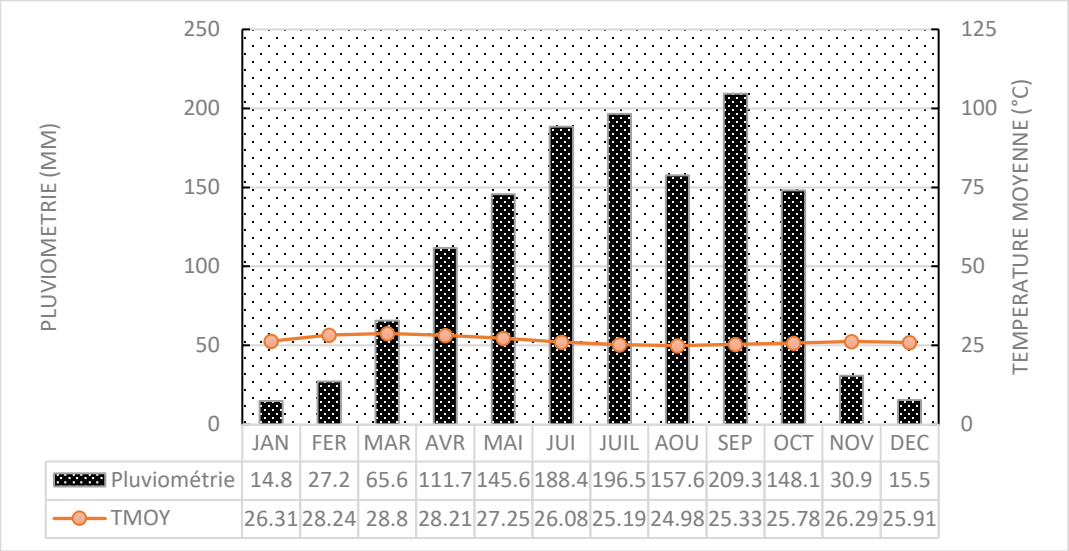


Fig. 2. Régime pluviométrique moyen du bassin versant du Zou à l'exutoire de Domé de la station de Bohicon (1991-2020)

Source: Données Météo Bénin, 2020



	JAN	FER	MAR	AVR	MAI	JUI	JUIL	AOU	SEP	OCT	NOV	DEC
Pluviométrie	14.8	27.2	65.6	111.7	145.6	188.4	196.5	157.6	209.3	148.1	30.9	15.5
TMOY	26.31	28.24	28.8	28.21	27.25	26.08	25.19	24.98	25.33	25.78	26.29	25.91

Fig. 3. Diagramme ombro-climatique du bassin versant du Zou à l'exutoire de Domé (1991-2020)

Source: Données Météo Bénin, 2020

On distingue une grande saison pluvieuse qui comprend trois (03) mois humides, de mai à juillet (531,75 mm), avec deux (02) mois intermédiaires, de mars à avril, et la grande saison sèche qui dure quatre (04) mois, de novembre à février, marquée par quelques averses (68,75 mm). La grande et la petite saison pluvieuse sont séparées par un mois (août) qualifié de petite saison sèche, mais il est tout de même bien arrosé (186,75 mm). En effet, les précipitations varient d'un mois à l'autre dans le bassin versant entre 1991 et 2020 (Figure 4).

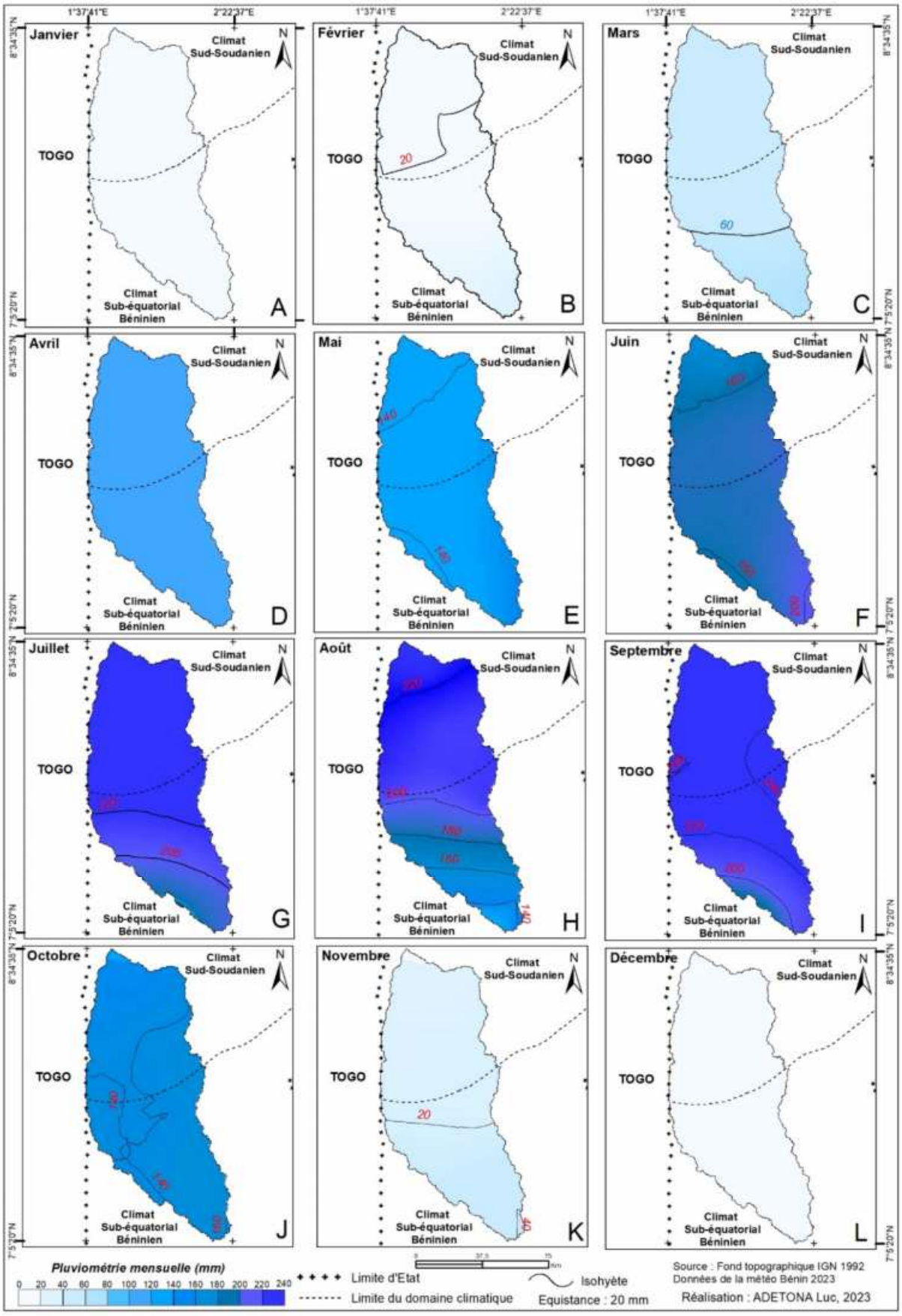


Fig. 4. Répartition spatiale des précipitations moyennes mensuelles du bassin versant du Zou à l'exutoire de Domé (1991-2020)

De novembre à mars, la pluviométrie est insignifiante, avec des valeurs inférieures à 60 mm dans l'ensemble du bassin. Elle atteint 80 mm durant le mois de mars dans la partie sud-ouest, marquant ainsi le début des précipitations dans cette région du bassin. Cette pluviométrie évolue progressivement et atteint son maximum en juin (200 mm) dans la partie sud du bassin, et 180 mm dans la partie nord du bassin. En août la pluviométrie baisse ± 160 mm dans la partie sud qui constitut l'installation de la petite saison sèche. Par contre, la partie nord est bien arrosée durant le mois d'août (±200 mm). Durant les mois de la saison sèche, on note que la partie sud présente plus d'humidité que la partie nord avec la possibilité des averses qui peuvent atteindre ±40 mm.

Les caractéristiques climatiques du bassin du Zou offrent de très bonnes conditions pour l'activité pastorale, car il présente une longue période humide, contrairement à la zone climatique à régime unimodal du nord du Bénin.

3.1.2 COUVERTURE VEGETALE DU BASSIN VERSANT DU ZOU A L'EXUTOIRE DE DOME

L'examen de la matrice de l'indice Kappa et de la précision globale, évalués à 82,27% et 87,77% respectivement, indique une classification de bonne qualité. L'analyse physionomique et statistique révèle que la savane (66,31%), les plantations (15,08%) et les champs et jachères (9,61%) dominent le paysage du bassin (Tableau 1).

Tableau 1. Unité d'occupation du sol du bassin versant du Zou à l'exutoire de Domé en 2020

Unité d'occupation du sol	Superficie	
	Km	%
Forêt galerie	83,47	1,02
Forêt claire et savane boisée	480,42	5,89
Savane arborée et arbustive	5407,77	66,31
Plantation	1230,08	15,08
Forêt et savane marécageuse	114,17	1,40
Champs et jachères	783,38	9,61
Plan d'eau	7,88	0,10
Agglomération	47,75	0,59
Total général	8154,92	100,00

Source: Image landsat OLI 2020

La Figure 5 présente la carte d'occupation du sol du BVZD en 2020.

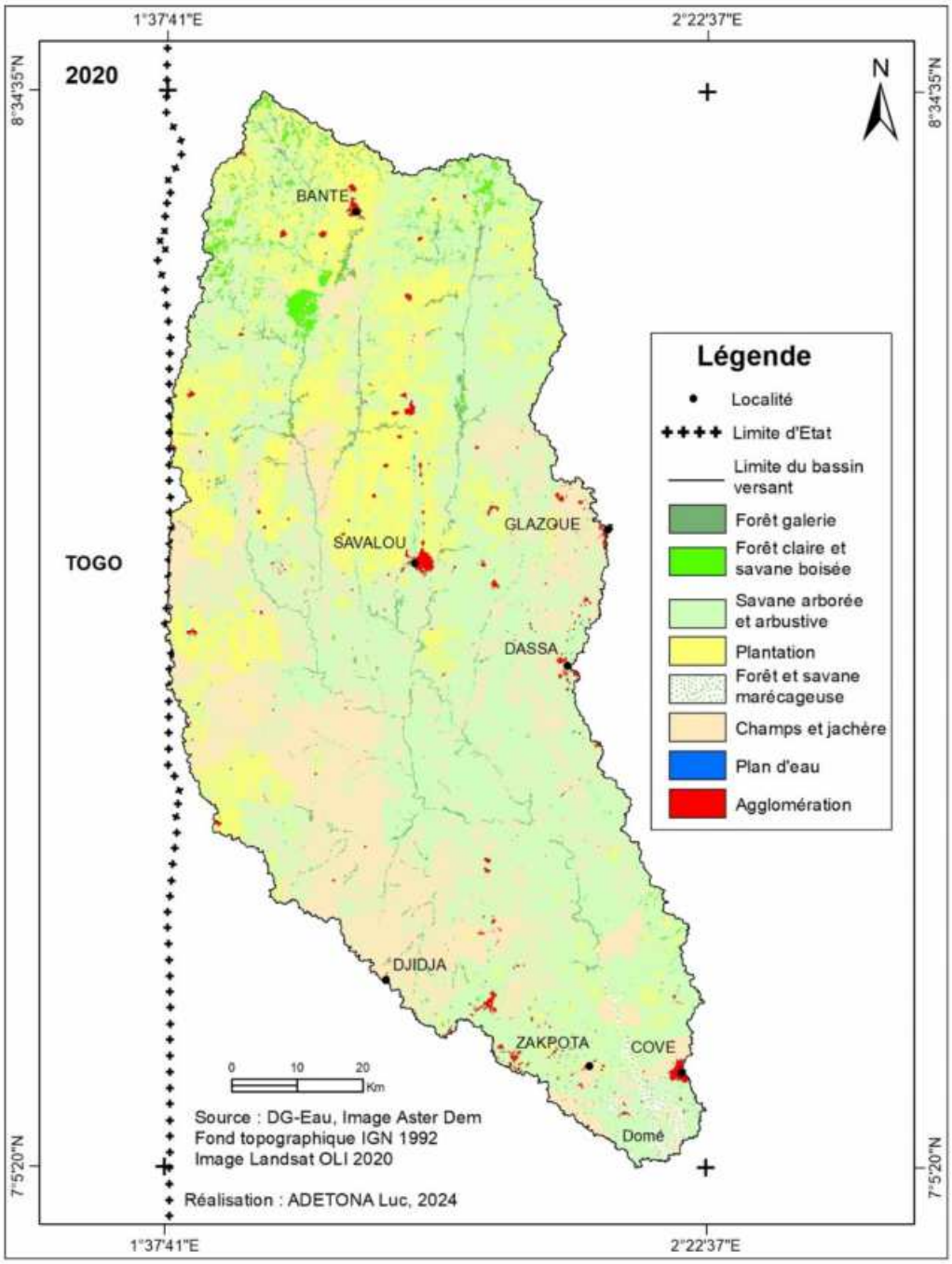


Fig. 5. Occupation du sol du bassin versant du Zou à l'exutoire de Domé en 2020

Le paysage du bassin est constitué de plusieurs formations végétales, composées par endroits de galeries forestières, de forêts denses, de forêts claires, de savanes boisées, de savanes arbustives et de savanes arbustives. Selon les travaux de [12] et de [13], cinq formations végétales assez nettement différenciées sont recensées dans le bassin. Il s'agit des champs de cultures annuelles ou pérennes, des jachères arbustives couvertes d'une végétation irrégulière, de la savane arbustive et arborée avec une densité d'arbustes assez élevée, de la savane arborée composée d'une strate arborée avec des secteurs arbustifs, et des forêts galeries, assez fermées, avec un tapis herbacé inexistant et de grands arbres. La couverture végétale constituée de ces formations naturelles est responsable de la production de biomasse végétale. Cette biomasse sert de source de nourriture pour les animaux (bovins). La Figure 6 présente la savane marécageuse et l'aire de pâturage de Tchetti dans la commune de Savalou.

Fig. 6. Formations Végétales et Aires de Pâturage dans le Bassin Versant du Zou

Localisation: 350321 longitude Est et 865293 latitude Nord (basfond Adédé, village de Tchétti dans la commune de Savalou)
Prise de vue: Luc ADETONA, 03/11/2023

Il est important de noter que la dégradation de la couverture végétale entraîne une diminution de la disponibilité en fourrage, ce qui a des conséquences néfastes sur la biodiversité, l'élevage et l'équilibre écologique global. C'est pourquoi [5] affirme que toute modification des états et de la structure de la couverture végétale a des répercussions sur les ressources en eau et, par conséquent, sur la disponibilité fourragère du milieu. Une gestion durable des ressources naturelles et la conservation de la couverture végétale sont donc essentielles pour garantir la disponibilité de fourrage et d'eau à long terme.

3.1.3 FORMATIONS PEDO-GEOLOGIQUES DU BASSIN VERSANT DU ZOU A L'EXUTOIRE DE DOME

Les sols sont essentiels pour le cycle de l'eau et l'hydrologie globale, car ils agissent comme des réservoirs et des filtres d'eau capables de retenir une quantité variable d'eau [14], dont une partie est restituée pour le développement des espèces végétales dans les parcours de transhumance. Ils permettent de maintenir l'humidité dans les zones agricoles et pastorales pendant les périodes de sécheresse. Cependant, la capacité de rétention de l'eau par les sols et leur transmission aux espèces fourragères sont surtout liées à leur composition granulométrique [15]. Ainsi, les sols argileux, composés de matériaux fins, n'arrivent pas à transmettre l'eau retenue aux plantes. Dans les sols à matériaux sableux, l'eau est faiblement retenue et sa mobilité est généralement trop faible pour assurer une réserve hydrique durable pour les espèces fourragères. Le bassin versant présente des sols très variés, répartis en fonction des conditions topographiques et édaphiques du milieu. On distingue cinq (5) grandes classes de sols: les sols ferrugineux, les sols hydromorphes, les sols minéraux bruts, les sols ferralitiques et les sols bruns eutrophé hydromorphes occupant respectivement 80,84 %, 16,25 %, 1,35 %, 0,99 % et 0,56 % de l'espace du bassin (Figure 7).

En effet, dans les zones de basse altitude et les dépressions, se forment des sols hydromorphes en raison des excès d'eau temporaires ou permanents. Sur les versants moins pentus (inférieurs à 5 %), se développent des sols profonds sans gravillons ni cuirasse. Enfin, sur les versants très pentus (supérieurs à 5 %) et les sommets, se développent des sols minéraux sur des substrats de roches affleurantes, peu profonds et gravillonnaires [13].

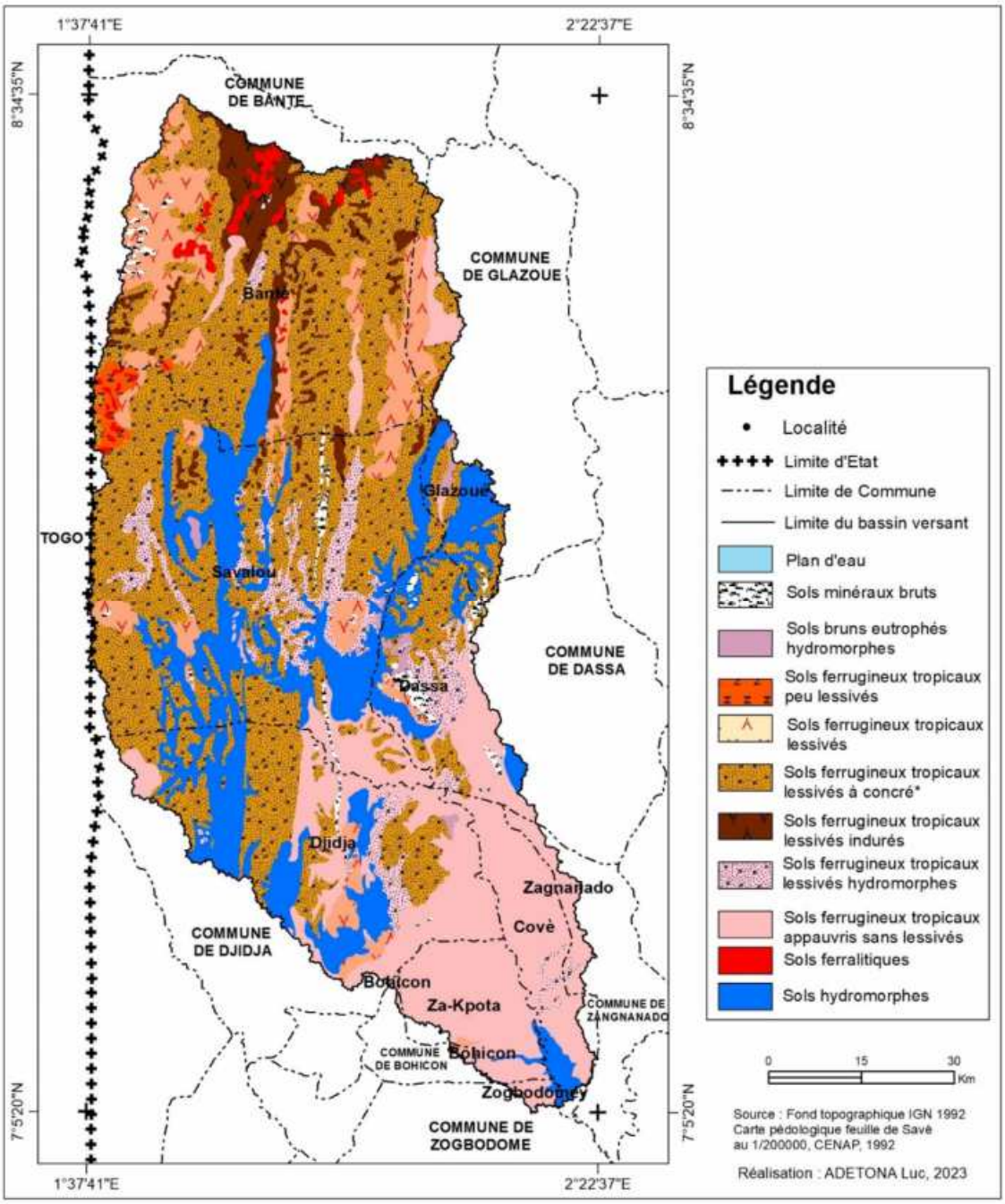


Fig. 7. Formation pédologique du bassin versant du Zou à l'exutoire de Domé

On note que le bassin versant est caractérisé par la prédominance des sols ferrugineux tropicaux, qui sont peu profonds, avec une faible capacité de rétention en eau et de nombreux éléments grossiers [16]. Cela a été confirmé par les travaux de [12], qui ont trouvé que le centre du Bénin est dominé par les sols ferrugineux tropicaux, situés essentiellement dans la partie centrale, et par les sols minéraux bruts et d'érosion en bordure des collines. La figure 8 présente les caractéristiques chimiques du bassin versant à l'exutoire de Domé.

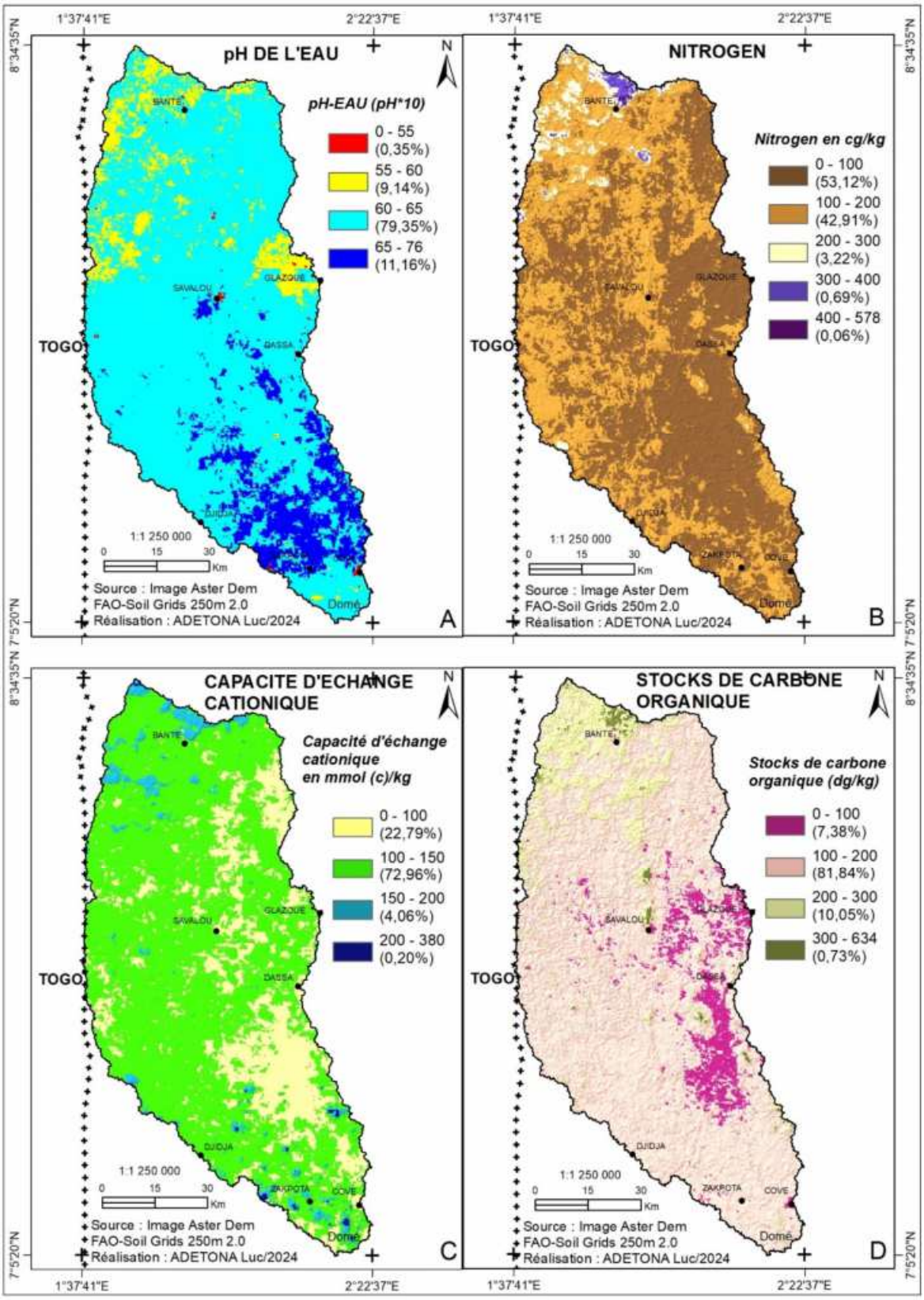


Fig. 8. Caractéristiques chimiques des sols du bassin versant du Zou à l'exutoire de Domé

L'analyse de la figure 8 révèle que 79,35 % des sols du bassin sont légèrement acides, avec un pH compris entre 6 et 6,5, tandis que 11,16 % des sols sont neutres, principalement dans la partie Sud du bassin. La teneur en azote varie de 0 à 100 et de 100 à 200 cg/kg pour la plupart des sols, occupant respectivement 53,12 % et 42,91 % de la superficie totale du bassin. Les sols du bassin montrent une forte capacité de rétention des éléments nutritifs, avec 72,96 % de la superficie occupée par des sols ayant une capacité de rétention

variant entre 100 et 150 mmol (c/kg) et un stock de carbone organique variant entre 100 et 200 dg/kg. La Figure 9 présente les caractéristiques physiques du bassin versant à l'exutoire de Domé.

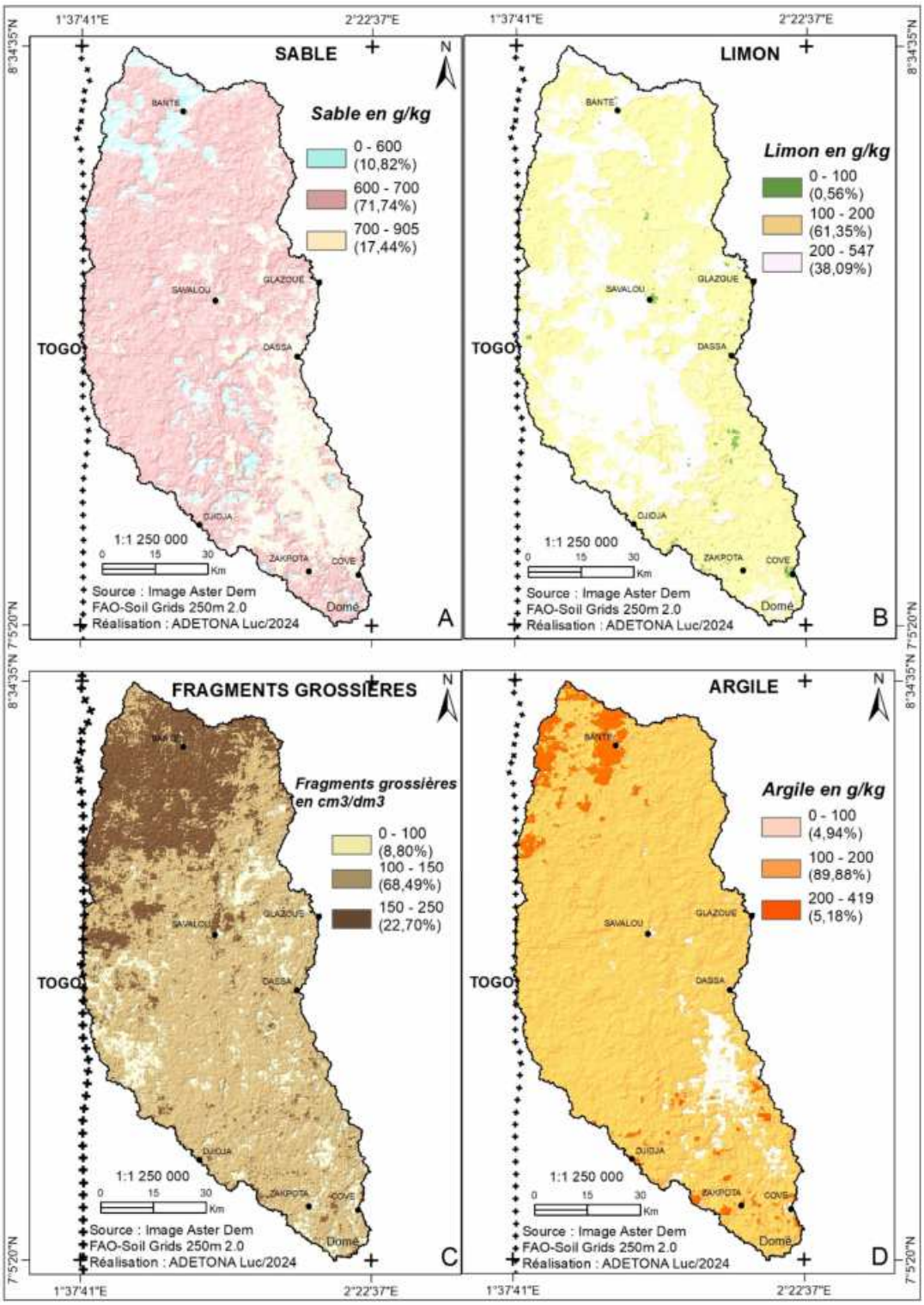


Fig. 9. Caractéristiques physiques des sols du bassin versant du Zou à l'exutoire de Domé

De l'analyse de la Figure 9, on note que 71,74 % des sols du bassin sont riches en sable, avec une présence de fragments grossiers dans sa partie nord (150 à 150 cm3/dm3) et de fragments moins grossiers dans la partie Sud. Cela s'explique par la présence de collines dans la partie nord, tandis que le Sud du bassin constitue une zone basse et subit donc le phénomène de sédimentation. L'argile et le limon sont répartis de manière équitable sur l'ensemble du bassin.

Au regard de ces caractéristiques, l'espace du bassin est globalement favorable aux graminées pérennes autant qu'aux annuelles, ainsi qu'aux ligneux fourragers tels que Afzelia africana, Pterocarpus erinaceus, Khaya senegalensis et Daniellia oliveri [17].

Le bassin versant du Zou s'étend sur une surface modelée par des roches très anciennes datant du précambrien (le socle granito-gneissique) appelé Dahoméen (figure 8), constitué de roches grenues plus ou moins métamorphisées, que l'on peut regrouper en cinq types principaux: les granites, les gneiss, les granito-gneiss, les embréchites et les quartzites.

- Les granites: abondants surtout à l'est de la zone. Ce sont en général des roches sans litage ni orientation, nettement grenues, riches en quartz, à feldspaths calco-alcalins, à biotite et muscovite. D'autres types de granites se rencontrent au sud de la zone, depuis Ouédémé jusqu'au nord de Aklampa; ces granites, intrusifs dans les séries précambriennes, sont microgrenus, pauvres en quartz et très riches en feldspaths alcalins, ce qui leur confère des caractéristiques de roches basiques.
- Les gneiss: abondants, surtout aux abords de la vallée de l'Ouémé et à l'extrême ouest de la région. Ce sont des roches à litage régulier et fin renfermant essentiellement des biotites et des quartz, parfois des amphiboles.
- Les granito-gneiss: ce sont des roches dont la composition est sensiblement identique à celle des granites, mais la structure porphyroïde est fréquente et des zones rubanées apparaissent dans la masse. Les granito-gneiss se rencontrent dans les zones d'embréchites au voisinage des batholites de granite.
- Les embréchites: ce sont les roches les plus répandues, occupant la majeure partie de la portion centre et ouest de la région. Elles sont grenues, à faciès rubané ou orienté, avec de gros cristaux feldspathiques œillés. Elles émergent parfois en inselbergs très élevés (collines de Banté, Monts Kouffé, Mont Kagoulé). Leur composition est variable, allant des embréchites à biotite et muscovite aux embréchites à biotite et amphiboles. En général, la proportion de minéraux ferromagnésiens est élevée dans ces roches.
- Les quartzites: ce sont des roches essentiellement quartzeuses avec une faible proportion de muscovite. Elles émergent dans le paysage en chaînons à bords abrupts (Mont de Koda et de Agbassa) [9], [18].

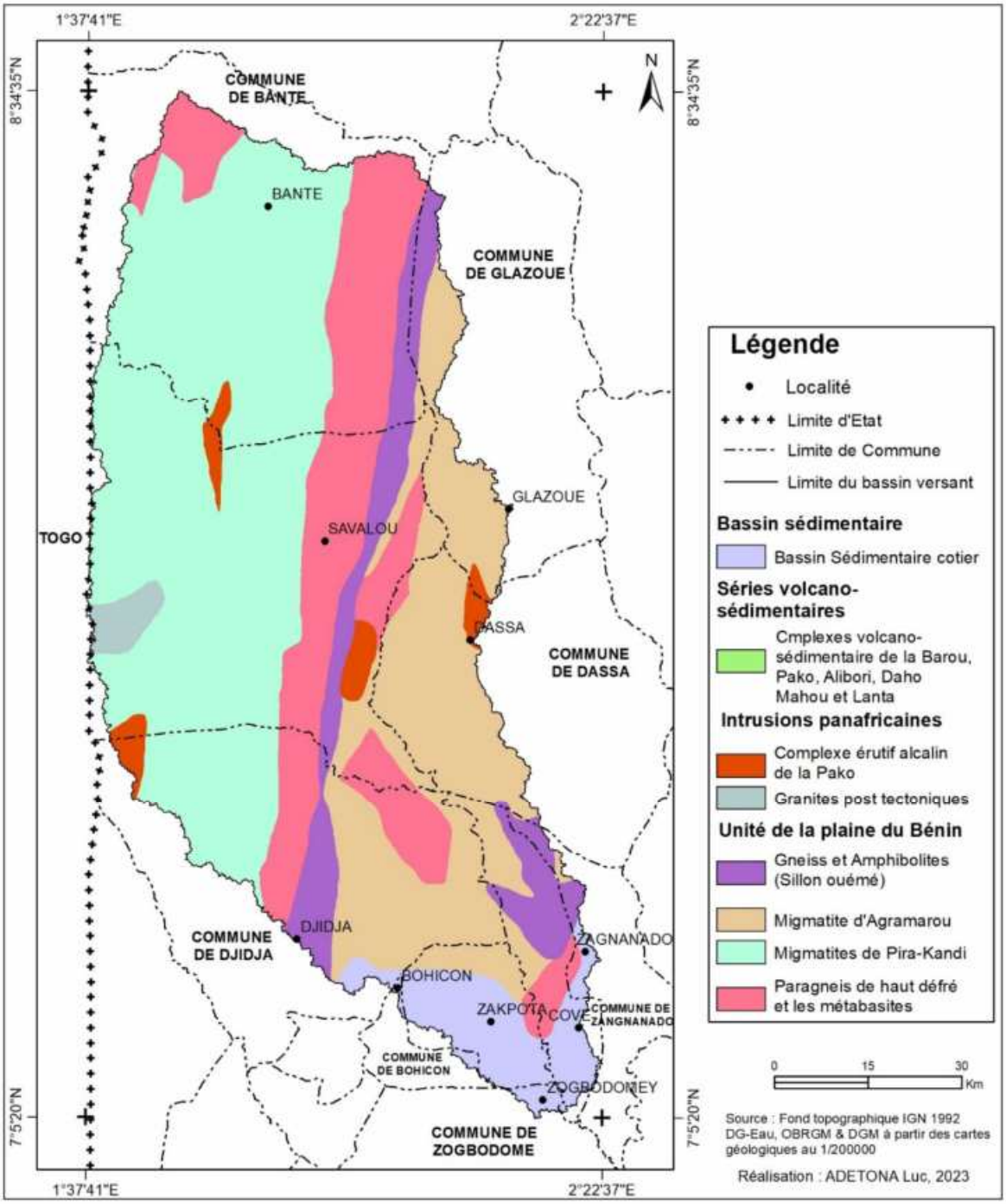


Fig. 10. Formation géologique du bassin versant du Zou à l'exutoire de Domé

4 CONCLUSION

L'étude du bassin versant du Zou à l'exutoire de Domé au Bénin met en lumière l'importance cruciale de comprendre les interactions complexes entre les caractéristiques agro-pédo-géologiques et la gestion des ressources pastorales. Les résultats détaillent les conditions climatiques, la couverture végétale, les sols et la géologie du bassin, soulignant les défis et les opportunités pour une gestion durable de ces ressources. Face à la dégradation avancée de la région, il est impératif de mettre en place des stratégies de conservation de la couverture végétale, de restauration des sols et de gestion rationnelle de l'eau. Une approche intégrée prenant en compte les besoins des communautés locales, les pratiques agricoles et pastorales traditionnelles, ainsi que les impacts du changement climatique, est nécessaire pour promouvoir la durabilité environnementale et socio-économique dans le bassin versant du Zou.

5 LIMITE ET AVANTAGE DE L'ÉTUDE

L'étude présente une approche intégrée et multidisciplinaire pour analyser les caractéristiques agro-pédo-géologiques et la gestion des ressources pastorales dans le bassin versant du Zou au Bénin. Cependant, elle est limitée par la disponibilité restreinte de données temporelles et l'absence de données socio-économiques, telles que les pratiques agricoles et pastorales, ainsi que les pressions démographiques, qui pourraient influencer la gestion des ressources naturelles.

Malgré ces limitations, l'étude tire parti de techniques avancées telles que la télédétection et les SIG pour fournir une représentation spatialement précise du bassin versant, ce qui en fait une ressource précieuse pour la gestion des ressources naturelles dans la région, en identifiant les zones critiques et en proposant des orientations pour une gestion durable de l'eau et des pâturages.

REFERENCES

[1] Amoussou, E., Variabilité pluviométrique et dynamique hydro-sédimentaire du bassin versant du complexe fluvio-lagunaire Mono-Ahémé-Couffo (Afrique de l'ouest). Histoire. Université de Bourgogne, Français. 2010.

[2] https://theses.hal.science/tel-00493898v2.

[3] Z. Mardy, S. Weissenberger et J-Ph. Waaub, Caractérisation du bassin versant de la rivière Mulet (Roche-à-Bateau, Haïti) à l'aide d'outils de géomatique, *Géocarrefour,* 97/3 | 2023, mis en ligne le 03 janvier 2024, consulté le 18 avril 2024.

[4] DOI: https://doi.org/10.4000/geocarrefour.22751.

[5] A.A.G. Atchade, E. R. Dossou-Yovo, D.J. Kodja, E.W. Vissin, M. Boukari, Dynamique de l'occupation des terres et ressource en eau du bassin versant de la rivière du zou à l'exutoire de Domé au Bénin, *XXVIIIe Colloque de l'Association Internationale de Climatologie,* Liège 2015, p. 301-306. 2015.

[6] G. C. Wokou, Rythme démographique et climatique dans le bassin versant du Zou: quelles implications environnementales ? *Rev. Ivoir. Sci. Technol*., 32, pp. 371-390, 2018.

[7] http://www.revist.ci.

[8] Vissin E., Impact de la variabilité climatique et de la dynamique des états de surface sur les écoulements du bassin béninois du fleuve Niger. Hydrologie. Université de Bourgogne, Français. 2007.

[9] https://theses.hal.science/tel-00456097.

[10] C. R. Houedjissin et M. Boko, Diagnostic des systèmes pédologiques et agraires dans la commune d'Agbangnizoun au Sud-Bénin: approche systémique de restauration de l'équilibre agro-écologique, *Bulletin de la Recherche Agronomique du Bénin,* Numéro 65, p. 44-51, 2009.

[11] Azonsi F., Tossa A., Kpomasse M., Lanhoussi F., Zannou A. et Gohoungossou A., Atlas hydrographique du Bénin: Un Système d'Information sur l'hydrographie, Direction Generale de l'Eau - Cotonou, Bénin, 22 p. 2008.

[12] Adetona L., Agoïnon N., Orou Kpera B., Vodounou J. B. K. et Gnélé J. E., Evolution spatiale de la forêt classée des Monts-Kouffe dans la commune de Bassila, Annales de l'Université de Parakou-série lettres, Arts et sciences Humaines, *Numéro Spécial 6 ème CSI-UP,* p. 87-102. 2022.

[13] Dubroeucq D., Carte pédologique de reconnaissance de la République Populaire du Bénin à 1/200.000 feuille de Savè, Notice explicative N° 66 (3), ORSTOM, 53 p. 1977.

[14] Adetona, L., Vodounou K. J.B. et Imourou O.B.F., Modélisation des systèmes de production agricole dans le Bassin-Versant de l'Okpara: Secteur Tchaourou-Okpa (Bénin-Nigéria), RUFORUM Working Document Series (ISSN 1607-9345), No. 19 (1). p. 258-269. 2021.

[15] http://repository.ruforum.org

[16] J. Hounkpe et B. Diekkrüger, Challenges in calibrating hydrological models to simultaneously evaluate water resources and flood hazard: a case study of Zou basin, Benin, *Episodes, Vol*. 41, No. 2, p. 106-114. 2018.

[17] http://dx.doi.org/10.18814/epiiugs/2018/018010.

[18] Igue A.M., Adjanohoun A., Saidou A., Ezui G., Attiogbe P., Kpagbin G., Gotoechan-Hodonou H., Youl S., Pare T., Balogoun I., Ouedraogo J., Dossa E., Mando A. et Sogbedji J., Application et adaptation de l'approche intégrée DSSAT-SIG à la formulation des doses d'engrais pour la culture du maïs au Sud et au Centre du Bénin. Bulletin de la Recherche Agronomique du Bénin (BRAB). Numéro spécial Fertilité du maïs, pp. 24-33. 2013.

[19] http://www.slire.net

[20] L. O. Sintondji, E. K. Agbossou et Degnissode B., Dynamique de dégradation des forêts galeries et comblement du cours d'eau Agbado dans le département des Collines au Bénin, *Int. J. Biol. Chem. Sci*. 7 (4). pp.1555-1567. 2013.

[21] DOI: http://dx.doi.org/10.4314/ijbcs.v7i4.12.

[22] Tafasca S., Evaluation de l'impact des propriétés du sol sur l'hydrologie simulée dans le modèle ORCHIDEE, Thèse de doctorat, Sorbonne Université, Ecole Doctorale 398: Géosciences, Ressources Naturelles et Environnement UMR METIS 7619. 175 p. 2020.

[23] A. Cornei, Observations sur la capacité de rétention, ses relations avec les valeurs de potentiel et la texture des sols sableux du Nord Sénégal. Cah. O.R.S.T.O.M., sér. Biol., n°42, p. 53-59. 1980.

[24] Z. Bassole, I. P. Yanogo et F. T. Idani, Caractérisation des sols ferrugineux tropicaux lessivés et des sols bruns eutrophes tropicaux pour l'utilisation agricole dans le bas-fond de Goundi-Djoro (Burkina Faso), Int. J. Biol. Chem. Sci. 17 (1), p. 247-266. 2023.
[25] DOI: https://dx.doi.org/10.4314/ijbcs.v17i1.18.
[26] Saliou A. R. A., MODELISATION PREDICTIVE ET CARTOGRAPHIE DE LA DYNAMIQUE DES PARCOURS DE TRANSHUMANCE DANS LE CONTEXTE DE VARIABILITES CLIMATIQUES DANS LE MOYEN-BENIN, Thèse de Doctorat Unique de l'Université d'Abomey-Calavi, Bénin, 306 p. 2015.
[27] Agoïnon N., Etude morphodynamique du bassin versant du Zou à l'exutoire de Domé (République du Bénin), Thèse de Doctorat Unique de l'Université d'Abomey-Calavi, Bénin, 240 p. 2012.

International Journal of Innovation and Applied Studies
ISSN 2028-9324 Vol. 43 No. 4 Oct. 2024, pp. 1013-1022
© 2024 Innovative Space of Scientific Research Journals
http://www.ijias.issr-journals.org/

Optimizing and modeling the Moroccan bonus-malus system using perfect simulation

Bounnite Mohamed Yasser

Centre d'Etudes et de Recherches en Management du Capital Humain (CERMACH), SUP'RH SCHOOL OF MANAGEMENT and Artificial Intelligence, Casablanca, Morocco

Copyright © 2024 ISSR Journals. This is an open access article distributed under the ***Creative Commons Attribution License***, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

ABSTRACT: The effectiveness of bonus-malus systems is a critical consideration for automobile insurance companies as these systems directly impact their performance. This article investigates the influence of modifications in transition rules between tariff classes and the increase in their number on the efficiency of bonus-malus systems. Stochastic measures, using Markov chain theory and perfect simulation, are employed for this purpose. The Moroccan bonus-malus system is analyzed as a case study, and a new version of the system is proposed for comparison. This analysis provides insights into how insurance companies can optimize their bonus-malus systems while adapting to financial innovations.

KEYWORDS: insurance, financial efficiency, Markov chain, exact simulation, steady-state regime.

1 INTRODUCTION

Automobile insurance is a sector where premium pricing is critical for insurance companies. These premiums are determined based on the risk level posed by each driver, which is measured through the frequency and severity of claims. Insurers must set premiums that accurately reflect the associated risk to maintain financial stability and competitiveness in the market. In this context, bonus-malus systems (BMS) play a vital role in adjusting premiums according to the claims history of policyholders. The pricing process generally involves two steps: first, an a priori assessment sets a base premium based on measurable risk factors such as age, vehicle type, engine displacement, location of residence, and engine power. Second, an a posteriori assessment considers the policyholder's claims history to adjust the premium either upwards or downwards. The BMS is employed during this second step, assigning policyholders to different tariff classes, each associated with a specific bonus-malus coefficient that acts as a premium adjustment factor ([1], [2], [3], [4], [5], [6], [7]).

The effectiveness of a BMS is crucial for insurers, as it not only determines their ability to adjust premiums fairly and stably but also impacts policyholders' behavior. A poorly designed system can lead to adverse effects such as the "bonus hunger" phenomenon, where policyholders are incentivized not to report claims to avoid a premium increase ([3]). Consequently, evaluating and improving BMS is a significant challenge for the automobile insurance industry.

In this article, we model the Moroccan bonus-malus system using Markov chains. Additionally, we propose an alternative model that increases the number of tariff classes to assess the impact of this modification on the system's efficiency. To achieve this, we employ the D-CFTP (Dual Coupling from The Past) algorithm ([8]), an exact simulation method that allows us to simulate the stationary distribution of the system without being hindered by the size of the state space or the system's rigidity.

The structure of this article is as follows: Section 2 presents the actuarial concepts of automobile insurance, the bonus-malus system, and its modeling using Markov chains. Section 3 is dedicated to the presentation of perfect simulation and the algorithm used to determine the stationary distribution of the BMS. Section 4 describes the modeling and functioning of the current Moroccan BMS, along with a proposal for a new system. Finally, Section 5 presents the results of numerical simulations, the calculation of financial stability indicators, and a comparison between the two systems, followed by conclusions.

Corresponding Author: Bounnite Mohamed Yasser

2 BONUS-MALUS SYSTEM

The bonus-malus system (BMS) is an insurance pricing mechanism that adjusts a policyholder's premium based on their historical claim frequency. This system incentivizes safe driving by rewarding drivers who have not filed claims with reduced premiums, while penalizing those responsible for accidents through increased contributions at each annual renewal.

A typical BMS is characterized by:

- A set of N reduction-increase coefficients: $\zeta = (\zeta_0, \zeta_1, \dots, \zeta_{N-1})$
- A corresponding set of tariff classes: $\backslash\{\mathcal{C}_0, \mathcal{C}_1, \dots, \mathcal{C}_(N-1)\}$.
- Transition rules defining movements between tariff classes based on reported claim counts.

The system inherently possesses the Markov property, wherein the future state (tariff class) depends solely on the present state and the current claim frequency, independent of past states.

For analytical convenience, we index the tariff classes by their respective indices i, where $0 \leq i \leq N-1$.

Let $\Gamma^{(r)} = \left(\Gamma^{(r)}(i,j)\right)_{0\leq i,j\leq N-1}$ denote the transition rule matrix corresponding to $r \in N$ reported claims, where $\Gamma^{(r)}(i,j)\ is$ equal to 1 if a policyholder transitions from class $\mathcal{C}_i$ to $\mathcal{C}_j$ after reporting r claims, and 0 otherwise.

Each matrix $\Gamma^{(r)}$is a binary matrix with exactly one entry equal to 1 in each row.

Consider a probability space $(\Omega, \mathcal{F}, P)$ and a sequence of independent and identically distributed (i.i.d.) random variables $\backslash\{Y_n\}_{n\geq 1})$ representing the number of claims reported annually, each following the distribution of a random variable Y with:

$$P(Y = r) = q_r, \quad r \in N$$

We define the stochastic process $\backslash\{X_n\}_{n\geq 0})$ to model the evolution of a policyholder through the tariff classes over time, governed by the recursive relation:

$$X_n = \phi(X_{n-1}, Y_n)$$

Where the update function ϕ: $\{0, \dots, N-1\} \times N \to \{0, \dots, N-1\}$ is defined by:

$$\phi(i,r) = j \quad \text{if and only if} \quad \Gamma^{(r)}(i,j) = 1$$

This construction ensures that the process $\backslash\{X_n\}_{n\geq 0})$ forms a homogeneous Markov chain with state space $E = \{0,1, \dots, N-1\}$ and transition kernel $K = \left(K(i,j)\right)_{0\leq i,j\leq N-1}$given by:

$$K(i,j) = P(\, X_{n+1} = j \mid X_n = i\,) = \sum_{r=0}^{\infty} q_r \Gamma^{(r)}(i,j)$$

In practical applications, the number of reported claims Y is often modeled using a Poisson distribution with parameter $\lambda > 0$, representing the average annual claim frequency (see [9] and [10]). Thus,

$$q_r = \frac{\lambda^r e^{-\lambda}}{r!}, \quad r \in N$$

and consequently,

$$K(i,j) = \sum_{r=0}^{\infty} \frac{\lambda^r e^{-\lambda}}{r!} \Gamma^{(r)}(i,j)$$

The Markov chain $\backslash\{X_n\}_{n\geq 0})$ is assumed to be irreducible and aperiodic, implying that all tariff classes communicate with each other, and the chain possesses a unique stationary distribution $\pi = (\pi_0, \pi_1, \dots, \pi_{N-1})$. This stationary distribution

provides critical insights into the equilibrium characteristics and robustness of the insurance portfolio, as well as the segmentation of policyholders across different tariff classes.

A BMS can be considered financially stable if the bonuses awarded do not lead to premium insufficiency for the insurer over time. From the policyholder's perspective, stability entails a well-designed and equitable system that maintains trust and adherence. Financial stability can be quantified using the stationary distribution π and the reduction-increase coefficients ζ. Following [11], we introduce several key performance indicators:

Let π be the stationary distribution associated with the Markov chain $\{X_n\}_{n\geq 0}$) in a BMS. We define:

- Stationary Premium Percentage:

$$\zeta' = \sum_{m=0}^{N-1} \pi(m)\zeta_m$$

This measures the average premium level in the stationary state relative to the base premium.

- Relative Stationary Average Level (RSAL):

RSAL = $\frac{\zeta' - \zeta_0}{\zeta_{N-1} - \zeta_0}$.

RSAL provides a normalized indicator of the average policyholder's position within the tariff scale in the stationary regime.

- Expected Stationary Class:

$$\gamma = \sum_{m=0}^{N-1} m\,\pi(m)$$

This represents the expected tariff class of a randomly selected policyholder in the stationary state.

3 PERFECT SIMULATION

Simulating the stationary distribution of Markov chains is a fundamental task with numerous methodologies, including direct computation, iterative procedures, and approximation techniques. Among the prominent methods are the Gibbs sampler and the Metropolis-Hastings algorithm, both belonging to the class of Markov Chain Monte Carlo (MCMC) methods, which facilitate sampling from complex multidimensional distributions ([12], [13], [14]).

However, traditional simulation methods often encounter challenges related to spatial and temporal complexities, especially when dealing with large state spaces or models exhibiting rare events (stiffness). These issues can lead to prohibitively long burn-in periods required for the chain to approximate its stationary distribution effectively.

To address these challenges, $perfect\ simulation$ ($also\ known\ as\ exact\ simulation$) procedures have been developed, providing exact samples from the stationary distribution without the need for estimating convergence times. One such renowned method is the $Coupling\ from\ the\ Past$ (CFTP) algorithm introduced by Propp and Wilson ([15]). The CFTP algorithm constructs samples by running the Markov chain backward in time until all possible initial states coalesce into a single state at the present time, ensuring that the resulting sample is exactly from the stationary distribution.

3.1 MARKOV CHAIN REPRESENTATION

Let us formalize the CFTP approach for our BMS context. Consider a deterministic $updatefunction\ \psi: E \times (0,1) \to E$ such that for a uniformly distributed random variable $V \sim \mathcal{U}(0,1)$,

$$P[\psi(i,V) = j] = K(i,j), \quad \forall i,j \in E$$

The Markov chain $\{X_n\}_{n\in Z}$) can then be constructed via:

$$X_{n+1} = \psi(X_n, V_n)$$

Where $\{V_n\}_{n\in Z})$ is a sequence of i.i.d. uniform random variables over $(0,1)$.

Define the mapping $\Psi_s^t : E \times (0,1)^{t-s} \to E$ recursively for s $\leq t$ by:

$$\Psi_s^s(i,\cdot) = i, \quad \Psi_s^t(i,v) = \psi(\Psi_s^{t-1}(i, v_{1:t-1}), v_t)$$

Where $v = (v_s, v_{s+1}, \dots, v_t)$. The goal is to find a time $\mathcal{T} < 0$ such that:

$$\exists i_0 \in E \text{ such that } \Psi_{\mathcal{T}}^0(i, V_T^0) = i_0, \forall i \in E, \text{ where } V_T^0 = (V_{\mathcal{T}}, V_{\mathcal{T}+1}, \dots, V_{-1}, V_0)$$

3.2 STANDARD CFTP ALGORITHM

The standard CFTP algorithm proceeds as follows:

Initialize $\mathcal{T} \leftarrow -1$ *and generate* $V_{-1} \sim \mathcal{U}(0,1)$.
Set $V_T^0 = (V_{-1})$.
Repeat
Update $\mathcal{T} \leftarrow 2\mathcal{T}$.
Generate $V_{\mathcal{T}}, V_{\mathcal{T}+1}, \dots, V_{\mathcal{T}/2-1} \sim \mathcal{U}(0,1)$ *independently.*
Prepend these values to V_T^0 *to form the new sequence.*
For each $i \in E$, *compute* $\Psi_{\mathcal{T}}^0(i, V_T^0)$.
Until *There exists* $i_0 \in E$ *such that* $\Psi_{\mathcal{T}}^0(i, V_T^0) = i_0$ *all* $i \in E$.
Return i_0 *as a perfect sample from the stationary distribution* π.

This algorithm systematically extends the simulation backward in time by doubling the interval until coalescence occurs, ensuring an exact sample from the stationary distribution.

3.3 EXACT BMS VIA DUAL CFTP

To optimize computational efficiency and storage requirements, especially pertinent for large-scale systems like BMS, we employ a variant known as the $Dual\ CFTP$ (D-CFTP) algorithm. This approach searches for ancestral states of tariff classes incrementally, moving backward in time one step at a time, and utilizes a single random variable at each iteration without necessitating storage of the entire history.

Definition (Ancestral Tariff Class). Given a tariff class $j \in E$ and a time $\mathcal{T} < 0$, an $ancestor$ of j at time $\mathcal{T}$, denoted by

$i \in E$, satisfies:

$$j = \psi(i, V_{\mathcal{T}})$$

Where $V_{\mathcal{T}} \sim \mathcal{U}(0,1)$.

Let $\mathcal{A}_j^{\mathcal{T}}$ denote the set of all ancestors of class j at time $\mathcal{T}$. The following lemma elucidates properties of these ancestral sets.

Lemma. For all $\mathcal{T} < 0$\$ and distinct $j, k \in E$\$, the ancestral sets satisfy:

$$\bigcup_{l\in E} \mathcal{A}_l^{\mathcal{T}} = E$$

Proof lemma. By construction, for each $i \in E$, there exists some $j \in E$ such that $i \in \mathcal{A}_j^{\mathcal{T}}$, ensuring the union covers the entire state space.

Using the recursive structure of the update function, we can express the ancestral sets as:

$$\mathcal{A}_j^{\mathcal{T}} = \{i \in E \mid \psi(i, V_{\mathcal{T}}) \in \mathcal{A}_j^{\mathcal{T}+1}\}$$

3.4 EXACT BMS ALGORITHM

The Exact BMS algorithm employing D-CFTP is delineated as follows:

Initialization:
Generate $V_0 \sim \mathcal{U}(0,1)$.
For each $i \in E$ ***do***
Compute $X_0(i) = \psi(i, V_0)$.
Set $\mathcal{A}_i^0 = \{i\}$.
End for.
Set $\mathcal{T} \leftarrow 0$.
Repeat
Update $\mathcal{T} \leftarrow \mathcal{T} - 1$.
Generate $V_{\mathcal{T}} \sim \mathcal{U}(0,1)$ *independently,*
for *each* $j \in E$ ***do***
Compute $\mathcal{A}_j^{\mathcal{T}} = \{i \in E \mid \psi(i, V_{\mathcal{T}}) \in \mathcal{A}_j^{\mathcal{T}+1}\}$,
end for.
Until *there exists* $i_c \in E$ *such that* $\mathcal{A}_{i_c}^{\mathcal{T}} = E$
Return *the coalescence time* $\mathcal{T}_c = \mathcal{T}$ *and the sample* $X_0(i_c)$ *from* π.

This algorithm efficiently identifies a time $\mathcal{T}_c$ in the past where all possible trajectories coalesce, yielding an exact sample from the stationary distribution without extensive storage or computational overhead.

3.5 CONVERGENCE AND COMPUTATIONAL CONSIDERATIONS

The efficiency of both CFTP and D-CFTP algorithms hinges on the rate of coalescence, which is influenced by the structure of the transition kernel K and the size of the state space E. For well-behaved systems with rapid mixing properties, these algorithms provide practical means for exact sampling. However, for systems with slow mixing or large state spaces, further optimizations or approximations may be necessary to ensure computational feasibility.

In the context of BMS, where the state space can be substantial depending on the granularity of tariff classes, the D-CFTP algorithm presents a favorable balance between accuracy and efficiency, enabling actuaries and researchers to perform precise risk assessments and premium calculations based on exact stationary distributions.

4 THE MOROCCAN BONUS-MALUS SYSTEM

4.1 THE CURRENT MOROCCAN BMS

The bonus-malus system (BMS) in Morocco was introduced in 2006 ([16]). This system, governed by regulations, specifies that the "Reduction-Increase Coefficient" (RIC) adjusts the insurance premium through a coefficient mechanism, as described below.

A 10% premium reduction is granted if the insured has not been involved in any accidents resulting in, or likely to result in, total or partial liability during the 24 months prior to the subscription or renewal of the contract.

Conversely, if the driver has been involved in one or more accidents with potential liability within the 12 months preceding the subscription or renewal, their insurance premium increases by 20% for each material accident and by 30% for each bodily injury accident. However, the premium increase is capped at 250% of the base premium.

Insurers, therefore, utilize the BMS to adjust premiums based on the frequency and type of claims. Accidents are classified into two categories: bodily accidents, which involve personal injury, and material accidents, which involve damage to vehicles. To model the Moroccan automobile insurance pricing system, we define our state space E, where states correspond to tariff classes associated with the RIC. To simplify notation, the coefficient 0 represents the premium level 90, corresponding to the maximum bonus, referred to as the super bonus. State1, representing the premium level is the initial state for all new insureds, and the corresponding premium is termed the base premium. We further simplify the notation by multiplying the values of the RIC by 100. The evolution of the bonus-malus coefficient is random, contingent on the occurrence or absence of an accident. After two consecutive claim-free years, the policyholder benefits from a 10% premium reduction. In practice, this reduction is applied by maintaining the tariff coefficient at 100 for two years, before reducing it to 90 in the third year. This clause requires

two "claim-free" years, associating the coefficient 100 with two distinct states: $100-1$ and $100-2$. Additionally, the premium increases following the occurrence of material and/or bodily claims, capped at 0 known as the malus franchise.

The state space E is further detailed in **Table 1,** with states corresponding to various combinations of material and bodily maluses. These combinations yield the different tariff classes within the system.

Table 1. State space description of the current Moroccan bonus-malus system

Description of Tariff Classes	States	Tariff Classes
Super bonus	0	90
Basic premium	1, 2	[100-1, 100-2]
Material-only malus	3 to 9	[120, 240]
Bodily-only malus	10 to 14	[130, 250]
Combination of bodily and material malus	15 to 28	[150, 250]

In the following sections, we analyze the current Moroccan BMS and its effectiveness, as well as propose an alternative system derived from the existing framework.

4.2 THE PROPOSED MOROCCAN BMS

The proposed model follows the same transition rules between tariff classes but increases the malus franchise from 250% to 400%. Additionally, the malus class is divided into two categories: one for accidents causing major material damage and another for those causing minor material damage. The insurance premium increases by 20% for major material damage and by 15% for minor material damage. The severity of material damage is assessed by the insurer to determine the appropriate category.

The expanded state space of the new BMS is detailed in **Table 2**. The new system offers a finer differentiation between claims, which aims to more accurately reflect the risk associated with different types of accidents.

Table 2. State space description of the proposed Moroccan bonus-malus system

Description of Tariff Classes	States	Tariff Classes
Super bonus	0	90
Basic premium	1, 2	[100-1, 100-2]
Malus for major material claims	3 to 17	[120, 240]
Malus for minor material claims	18 to 37	[115, 400]
Combination of minor and major malus	38 to 172	[130, 250]
Malus for bodily claims	173 to 182	[150, 250]
Combination of minor claims malus and bodily claims malus	183 to 272	[150, 250]
Combination of major material and bodily claims malus	273 to337	[150, 250]
Combination of major malus, minor malus, and bodily malus	338 to 697	[150, 250]

5 NUMERICAL SIMULATION AND DISCUSSION

To illustrate the effectiveness of the exact Bonus-Malus System (BMS) simulation, we present results for both the current and proposed Moroccan BMS. The simulation setup aligns with the methodology established by [8], focusing on the stationary distribution of policyholders, average premiums relative to claim frequency, and the evolution of premiums over time.

The stationary distribution of policyholders across different states provides critical insights into the long-term behavior of the BMS. Fig.1 compares the stationary distributions for both the current and proposed systems.

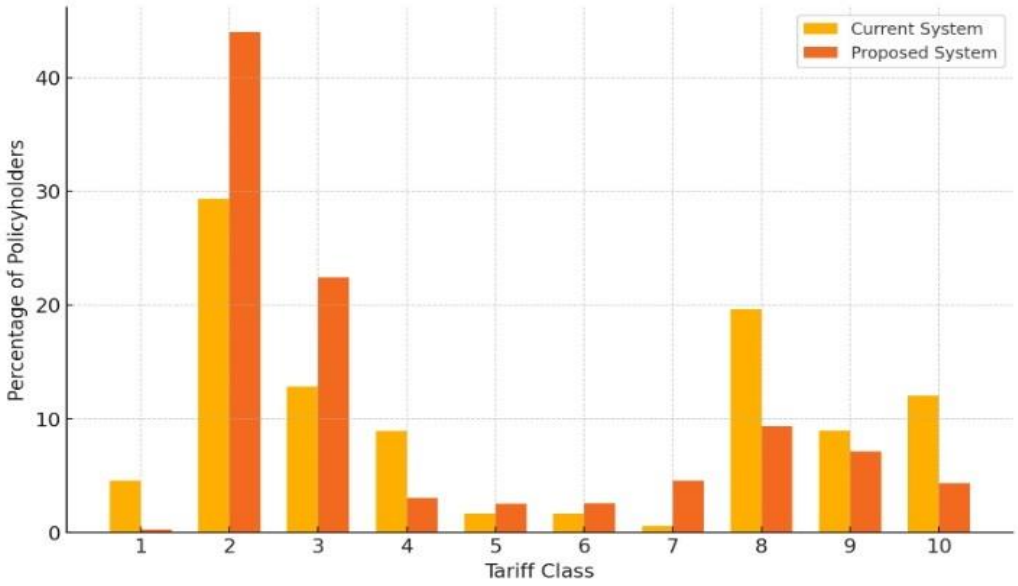


Fig. 1. Stationary distribution of policyholders in the current and proposed systems

As shown in Fig. 1, both the current and proposed systems exhibit a significant concentration of policyholders in tariff class 2. However, the proposed system shows a more distributed spread across other tariff classes, particularly in classes 3, 8, and 9, indicating a broader risk distribution. The current system, on the other hand, is more concentrated in tariff class 2, with lesser distributions in the higher tariff classes. This suggests that the proposed system promotes a more balanced and diversified risk distribution, enhancing the overall efficiency and fairness of the BMS. The reduction in concentration within a single class under the proposed system suggests improved equity and a more stable insurance environment.

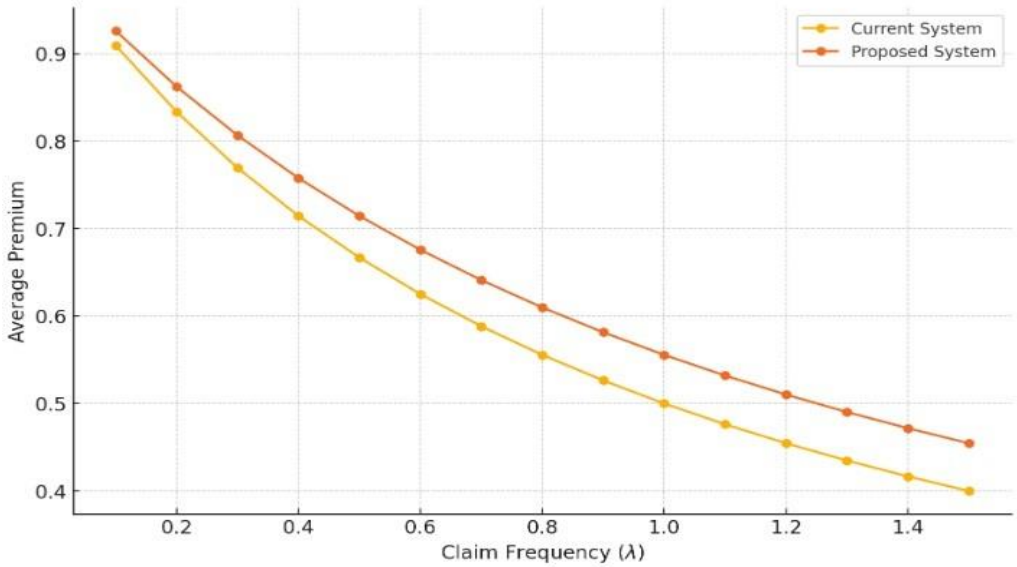


Fig. 2. Average premiums versus claim frequency in the current and proposed systems

As depicted in Fig. 2, the average premium decreases with increasing claim frequency in both systems. However, the proposed system demonstrates a more gradual decline in average premiums compared to the current system. This discrepancy is particularly pronounced for low to moderate claim frequencies ($\lambda \leq 1$). Under the proposed system, policyholders pay slightly higher premiums for similar levels of claims, indicating a more substantial penalty for claims, designed to promote safer driving

behaviors. This approach is likely to lead to better long-term risk management by providing stronger financial incentives for drivers to avoid accidents.

The evolution of premiums for a typical policyholder over time is shown in Fig.3.

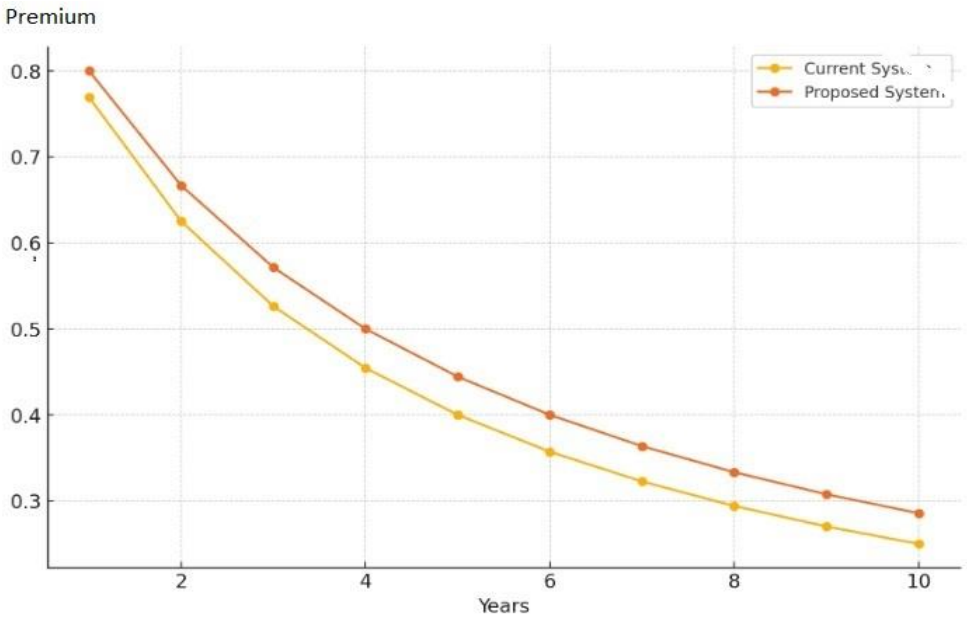


Fig. 3. Evolution of premiums for a typical policyholder in the current and proposed systems

As shown in Fig. 3, the evolution of premiums over time demonstrates notable differences between the current and proposed systems. Under the current system, premiums exhibit a sharper initial decline, stabilizing at lower levels by the 10th year. Conversely, the proposed system, while still exhibiting a downward trend, maintains higher premium levels throughout the period. This suggests that the proposed system is more conservative in reducing premiums, possibly to ensure sustained risk mitigation and to discourage complacency among policyholders. The higher premium retention over time under the proposed system may also reflect a strategy to build a more resilient financial buffer, thus enhancing the overall stability and robustness of the insurance scheme.

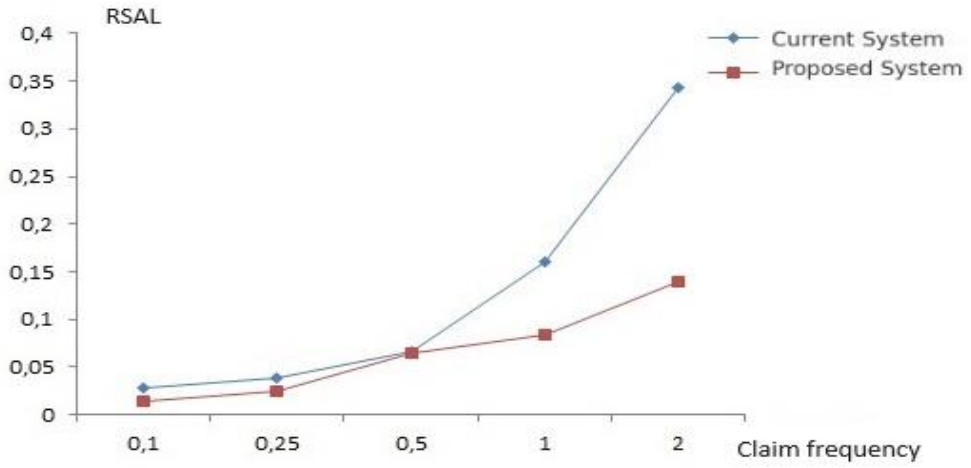


Fig. 4. System stability in the current and proposed systems.}

The comparison between the current bonus-malus system and the proposed alternative, as illustrated in Fig.4, offers significant insights into how each system influences the distribution of premiums among policyholders, with a particular focus on financial stability. The Relative Stationary Average Level (RSAL) serves as a critical indicator in this assessment, reflecting the average position of a policyholder within the tariff scale under a stationary regime. A higher RSAL suggests that policyholders, on average, are placed in higher malus classes, which could lead to increased premiums for the insurer. By analyzing the two systems, it becomes evident how claim frequency impacts the distribution of policyholders across various premium classes, a factor essential to evaluating the long-term financial stability of the rating system.

In the current system, represented by the blue curve, there is a rapid increase in RSAL as claim frequency rises. This sharp increase indicates a more severe penalization for frequent claims, which results in policyholders quickly moving into higher malus classes. From an actuarial perspective, this approach could strengthen the insurer's financial stability by reducing the risk of underpricing for high-risk policyholders. However, such severity may come at the expense of customer satisfaction and retention, potentially challenging the system's long-term sustainability. In contrast, the proposed system, depicted by the red curve, shows a more gradual increase in RSAL. This suggests a more balanced approach, with less harsh penalties for frequent claims. Such a system could enhance the perceived fairness among policyholders while still providing reasonable financial stability for the insurer. By moderating the penalties for higher claim frequencies, the proposed system could foster a sense of equity, positively influencing customer retention and trust in the bonus-malus system.

Considering these observations, while the current system may offer robustness in risk management and revenue preservation for the insurer, it might require adjustments to improve its acceptance among policyholders. The proposed system, with its tempered penalties, aligns more closely with principles of fairness and long-term viability, striking a balance between the insurer's need for effective risk management and the policyholders' desire for a fairer and more equitable rating system.

6 CONCLUSION

In conclusion, this article presented a modeling of the bonus-malus system using Markov chain, as well as the exact simulation of its stationary distribution through the D-CFTP algorithm. The relevance of the proposed simulation is evident for large-scale bonus-malus systems and systems that may have rarely used tariff classes. By modeling the current Moroccan bonus-malus system and simulating its stationary distribution, we were able to analyze its stability and demonstrate the crucial importance of choosing an appropriate update function to ensure its convergence to its stationary regime. This financial analysis allowed us to propose a variant of the bonus-malus system model, which adapts the premium according to the number of accidents and can be used to encourage safe driving. This study highlights the interest of modeling and simulating bonus-malus systems, as well as the possibilities for improving these systems through the use of more sophisticated models.

REFERENCES

[1] D. C. M. Dickson, M. R. Hardy, and H. R. Waters, Actuarial Mathematics for Life Contingent Risks, New York: Cambridge University Press, 2009.

[2] K. Loimaranta, «Some Asymptotic Properties of Bonus-Malus Systems,» ASTIN Bulletin, vol. 6, pp. 233–245, 1972.

[3] J. Lemaire, «Bonus-Malus System,» in Encyclopedia of Actuarial Science, New York: Wiley, pp. 184-191, 2004.

[4] J. Lemaire and H. Zi, «A Comparative Analysis of 30 Bonus-Malus Systems,» ASTIN Bulletin, vol. 24, no. 2, pp. 287-309, 1994.

[5] S. Pitrebois, M. Denuit, and J. F. Walhin, «Bonus-Malus Scales in Segmented Tariffs: Gilde and Sundt's Work Revisited,» Discussion Paper, 407, Institut de Statistique, Université Catholique de Louvain, 2003.

[6] R. Kaas, M. Goovaerts, J. Dhaene, and M. Denuit, Modern Actuarial Risk Theory, Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 2008.

[7] J. Lemaire, Bonus-Malus Systems in Automobile Insurance, Boston: Kluwer Academic, 1995.

[8] A. Nasroallah and M. Y. Bounnite, «A Kind of Dual Form for Coupling from the Past Algorithm, to Sample from Markov Chain Steady-State Probability,» Monte Carlo Methods and Applications, vol. 25, no. 4, pp. 317-327, 2019.

[9] M. Y. Bounnite and A. Nasroallah, «Graphic and Numerical Evolution of a Bonus-Malus System via Markov Chain Models,» Asia-Pacific Journal of Risk and Insurance, vol. 14, no. 1, pp. 20180041, 2020.

[10] J. Lemaire, «Bonus-Malus System,» in Encyclopedia of Actuarial Science, New York: Wiley, pp. 184-191, 2004.

[11] J. Lemaire, «Bonus-Malus Systems,» North American Actuarial Journal, vol. 2, no. 1, pp. 26-38, 1998.

[12] Y. Cai, «A Non-Monotone CFTP Perfect Simulation Method,» Statist. Sinica, vol. 15, no. 4, pp. 927-943, 2005.

[13] S. B. Connor and W. S. Kendall, «Perfect Simulation for a Class of Positive Recurrent Markov Chains,» Ann. Appl. Probab., vol. 17, no. 3, pp. 781–808, 2007.

[14] D. J. Murdoch and P. J. Green, «Exact Sampling from a Continuous State Space,» Scand. J. Statist., vol. 25, no. 3, pp. 483-502, 1998.
[15] J. G. Propp and D. B. Wilson, «Exact Sampling with Coupled Markov Chains and Applications to Statistical Mechanics,» Random Structures Algorithms, vol. 9, no. 1–2, pp. 223–252, 1996.
[16] Arrêté du ministre des Finances et de la privatisation N° 1053-06 du 28 rabii II 1427 (26 mai 2006). Bulletin Officiel.

International Journal of Innovation and Applied Studies
ISSN 2028-9324 Vol. 43 No. 4 Oct. 2024, pp. 1023-1035
© 2024 Innovative Space of Scientific Research Journals
http://www.ijias.issr-journals.org/

Binary Classification Model of Adult Patients Deserting the Orthopedic Traumatology Department of a Reference Hospital: A Machine Learning Approach to Strengthen Traditional Medicine

Keffa Denis Diomande, Seydou Sangare, Behou Gérard N'Guessan, and Tiémoman Kone

Virtual University of Côte d'Ivoire (VUCI), Abidjan, Côte d'Ivoire

Copyright © 2024 ISSR Journals. This is an open access article distributed under the ***Creative Commons Attribution License***, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

ABSTRACT: The phenomenon of leaving against medical advice remains a significant issue in public reference institutions in Côte d'Ivoire. Thus, one out of twelve adult patients hospitalized in the Orthopedics – Traumatology department of the Treichville University Hospital often interrupts their treatment in favor of traditional Bone-Setters or other destinations. However, despite recent advances in machine learning, it is still challenging to predict what type of destination these absconding patients will choose. Therefore, this article first aims to sequentially establish two datasets based on medical records: one original and the other after feature selection. Then, based on these datasets, this research involved four supervised machine learning models (Logistic Regression (LR), Decision Tree (DT), Random Forest (RF), and Gradient Boosting (GB)). The results obtained from performance metrics during testing, after five cross-validations, show that Random Forest is the most robust model for both datasets. Finally, a second analysis indicates that the Random Forest built on the original dataset remains the best model overall, with an AUC-ROC of 96%, an accuracy of 86%, a precision of 84%, a recall of 100%, and an F1-Score of 91%. These results suggest that this model offers hope for early and accurate prediction of the destination the absconding patient will opt for, thus positively impacting their care.

KEYWORDS: Cross validation, datasets, destinations, Discharge Against Medical Advice, Orthopedics – Traumatology, supervised machine learning.

1 INTRODUCTION

Unintentional injuries remain a significant issue in sub-Saharan African countries. In 2023 alone, according to the report from the national commission for the suspension and withdrawal of driving licenses, road traffic accidents (RTA) resulted in over 1,000 deaths on Ivorian roads [1]. This, despite all the efforts made in recent years by the authorities responsible for this sector. Consequently, when severe trauma cases arise, patients are taken to dedicated public hospitals. Unfortunately, once admitted, some patients consciously and emphatically decide to interrupt the treatments suggested to them and leave these public hospitals in favor of Traditional Bone-Setters (TBS) or other destinations [2].They act disregarding all explanations provided by the attending physician regarding their condition, completely unaware of the complications and potential risks associated with their decision.And this despite the serious consequences for their health and daily life, such as limb shortening, amputations, and often death [3, 4]. As reported by [5] and [3], the fundamental reasons quoted by these patients include, among others, the high cost of treatment, religious or ethnic beliefs, pressure from friends and family members, trust in the effectiveness of traditional treatment, fear of plaster casts or surgical intervention, and finally, the slowness in patient care. Thus, as a public health issue, this phenomenon of Discharge Against Medical Advice (DAMA), which affects nearly all state healthcare facilities to varying degrees, represents a significant problem for any formal healthcare system worldwide, particularly in Africa [2]. This scourge, which spares no area of medicine, is also observed in the orthopedic-traumatology department of the Treichville University Hospital Center (T-UHC). For this reason, it has long been the focus of particular attention in the field of traumatology in sub-Saharan countries, as reflected in several related studies. Unfortunately, it is evident that most research focusing on DAMA in West Africa primarily highlights the frequency and identification of factors promoting this desertion, followed by potential complications arising from the health of patients who desert in favor of TBS, and finally some suggested solutions that remain, till now, ineffective [5].

Corresponding Author: Keffa Denis Diomande

However, in order to stand out from their peers in Black Africa and especially with the aim of optimizing the diagnosis of a patient in a multidisciplinary situation, [6] developed a data model based on machine learning, without taking into account the issue of hospital stay for patients suffering from physical trauma. Fortunately, a promising development has come from researchers in the Maghreb. In this regard, [7], in their master's thesis, established a machine learning model for the exclusive prediction of hospital stay duration. This model will help practitioners better optimize the allocation of hospital resources while significantly reducing medical care costs. However, this model is not applicable to all pathologies, since the length of stay can vary from one illness to another. To address this gap, [8] focused their study on predicting the duration of long-term stays for geriatric patients suffering from upper femoral fractures. In order to achieve their stated objective, the study concluded with the identification of key risk factors (delayed surgery, type of surgery, and sex), after several cross-validations, adopting support vector machine and logistic regression models as those with better predictive performance.

Moreover, the review of related studies conducted within the framework of this research did not lead to the implementation of a machine learning model capable of appropriately predicting the destination of patients addict of Discharge Against Medical Advice (DAMA) from orthopaedic-traumatology services [9], which could explain the persistence of the problem. Although this situation leads to unfortunate consequences, it must be acknowledged that these traditional fracture treatment centers play an important role in managing certain injuries, which explains the enthusiasm of local populations for this practice in both rural and urban areas [2, 10]. Given what has been said previously, shouldn't we admit that this trend, which has received increasing attention over the last few decades, requires better regulation? In other words, wouldn't it be necessary to change the paradigm regarding the scourge of DAMA in order to create a consensus among all stakeholders in the field for better patient management when certain cases arise? Thus, this study which is a continuation of previous works on DAMA, primarily aimed at establishing a database resulting from a retrospective survey of DAMA patients in the orthopedics–traumatology department of the Treichville University Hospital Center (T-UHC) between 2015 and 2022. The next step involves implementing binary classification models based on machine learning (ML) algorithms capable of predicting the most likely destination of these patients, on one hand, based on a patient's profile and, on the other hand, the underlying reason for their discharge. Finally, performance evaluation criteria are applied to each of these algorithms to identify the one with the best predictive score, notably the random forest when handling the original database. Consequently, the main strength of this work is that it will enable traumatologists to early and accurately identify deserting patients in order to quickly redirect them to traditional healers based on their injuries. All of this aims to ensure effective care. This will lead to optimal management of hospital resources, foster cooperation between the two modes of medicine, and enhance the practice of traditional healers in orthopedics.

2 MATERIELS AND METHODS

2.1 DATA COLLECTION

This dataset was created to determine the factors influencing hospital abandonment among adult patients in the orthopedic-trauma department of CHU-T. Data were collected successively from two sources over five phases between July 2023 and January 2024. The first source is based on Physical Medical Records (PMR) of 402 patients out of the 4902 registered and subject to a DAMA. This represents a departure rate of 8.2% during the period from January 2015 to December 2022 [2]. The first step was to sort all the 402 medical records that had the notes "discharge" or "escaped" from the other remaining physical records. Then, for reasons of efficiency and especially accessibility to the archive room, we proceeded to individually scan the said records using a mobile phone via the CamScanner application. Finally, the collected data (age, sex, profession, place of residence, the facility that referred the patient, circumstances of the injury, location of the lesion, type of injuries, number of days of hospitalization, relationship with the person who influenced the DAMA, phone number of the patient or his relatives) mentioned in these files are recorded in the database once at home. It is obvious that at this point, the dataset contains some missing fields. Hence, there is a necessity to resort to the second source. This one involves conducting Individual Telephone Exchanges (ITE) with the 201 patients and/or their relatives who were willing to cooperate for the success of the study. The purpose of these ITEs is to gather additional information about the DAMAs patient: level of education, religion, reasons for leaving, and destination. The latter can be categorized as follows: to traditional healers, to other public hospitals, to private clinics, to modern hospitals outside the country, and finally to the patients' homes with his relatives as caregivers.

2.2 FROM RAW DATA TO TRANSFORMED AND NORMALIZED DATA

On the evening of January 20, 2024, a first set of baseline raw data was obtained. Unfortunately, this dataset is unbalanced and seriously lacks coherence. Therefore, it is unsuitable for analysis and exploitation by ML algorithms. To address the elements that could hinder the performance of future models, we applied the main data preprocessing steps, namely data transformation and feature value normalization. The latter specifically aims to ensure that certain features of the variables do not overwhelmingly dominate the others, as illustrated in Fig.1 [11], [12.]

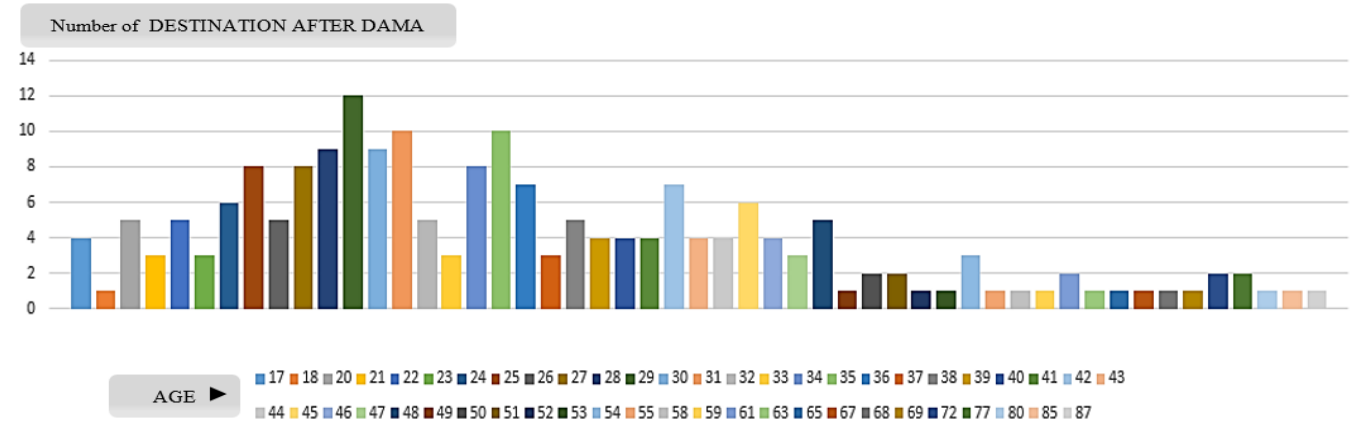


Fig. 1. Fragment representing the dominant and unbalanced character of certain ages based on destinations

2. In order to better address the imbalance issue that existed among certain features, we utilized various normalization criteria. Following this process, the selected data bank after labeling is represented in Table 1. This new dataset having taken into account issues of multiple fractures and traumas unit now having 269 patient observations compared to initially 201.

Table 1. Fragment of the characteristics of some DAMA patients after normalization: dataset original

age	gender	level_of_ instruction	religion	profession	proximity	circumstance	site_of_ lesion	classification_of_ lesion	length_ of hospitalization	influencing_ person_exit	factors_ motivating_ the_dama	destination_ after_dama
adult	M	primary	christian	agent	distant	wa	leg	CF	one day	parent	better care	0
adult	M	secondary	muslim	infom	distant	rta	foot	OF	one day	parent	costtt	1
young	M	secondary	christian	infom	close	rta	thigh	CF	two days	parent	costtt	1
young	F	primary	muslim	infom	close	rta	leg	OF	four days	parent	fgcast	1
young	F	secondary	muslim	infom	distant	rta	arm	OF	two days	parent	fgcast	1
young	F	primary	muslim	infom	vclose	rta	thigh	CF	two days	parent	costtt	1
adult	M	secondary	christian	agent	distant	rta	thigh	CF	three days	parent	costtt	1
young	M	secondary	christian	infom	close	rta	leg	OF	one day	parent	costtt	1
young	M	secondary	christian	infom	close	rta	arm	CF	one day	parent	costtt	1
young	M	primary	muslim	framew	close	rta	leg	OTHER	one day	parent	costtt	1

M : male ; F : femal ; infom : informal ; framew: framework ; vclose : very close ; vdistant: very distant ; wa : workplace accident ; rta : road traffic accident ; da : domestic accident ; CF : Closed Fracture ; OF : Open Fracture ; costtt : cost of treatment ; slownessc : slow response in care ; 1 : Traditional bone-setters ; 0 : other destinations

2.3 CHOICE OF RELEVANT VARIABLES

On the evening of January 20, 2024, a first set of baseline raw data was obtained. Unfortunately, this dataset is unbalanced and seriously lacks coherence. Therefore, it is unsuitable for analysis and exploitation by ML algorithms. To address the elements that could hinder the performance of future models, we applied the main data preprocessing steps, namely data transformation and feature value normalization. Statistical analysis of potential characteristics. For that purpose, statisticians have a range of tests at their disposal, including the Chi-square test, which is applicable to categorical variables and is often performed alongside Cramer's V [8], [13]. The Chi-square is one of the best feature selection techniques that helps establish the correlation between variables. It remains a well-executed method for feature selection in statistical data sets [14].Based on this assertion, we employed the Chi-square test to check the null hypothesis (H0) of our model, which posits the existence of independence between the dependent variable, namely the destination, and each of the other explanatory variables. Thus, the results of this analysis are illustrated in Table 2.

Table 2. Results of chi-square test measures and cramer's V for the selection of variable

Tests	Âge	Gender	Level	Religion	Profession	Proximity	Circumstance	Site	Nature	Length hospi	Infl Per	Factors
Actual Chi-square value	8.76	0.01	16.39	5.05	26.97	15.05	10.70	4.74	9.12	3.70	2.32	102.90
Critical Chi-square value	7.81	3.84	7.81	5.99	11.07	7.81	7.81	14.06	7.81	11.07	5.99	12.59
The null hypothesis H_0 is rejected	Yes	No	Yes	No	Yes	Yes	Yes	No	Yes	No	No	Yes
Cramer'V coefficient	0.180	-	0.246	-	0.316	0.23	0.201	-	0.184	-	-	0.61

Consequently, the comparison of the actual Chi-square test values and the critical Chi-square values for each predictor, followed by the calculation of Cramer's coefficient in case of dependency, leads us to judiciously select the following variables as relevant: the age of the patient at the time of DAMA, their level of education, their profession, the proximity of their residence to the healthcare facility where they are hospitalized, the type of injury they are diagnosed with, and the main reason for their DAMA. Moreover, we can claim to construct a solid binary classification model that meets professional standards based on the characteristics of the patients who abandon treatment. Based on the previous tasks, we can assume that the issue of imbalance among certain characteristics is generally resolved. For example, Fig. 2 perfectly illustrates the proportion of age groups according to the destination of the patients who abandon treatment.

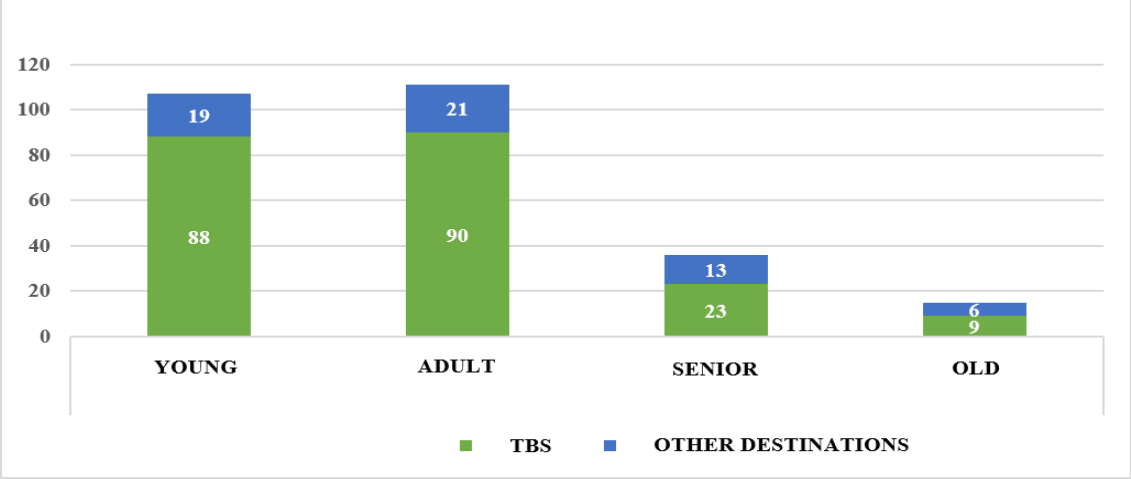


Fig. 2. Distribution of DAMA patients by age group according to destination

2.4 MACHINE LEARNING

The activity that involves describing the relationship between the prediction of the appropriate point of care and the profile of a patient who abandons the trauma services of a public reference healthcare facility is a binary classification problem. To adequately address this concern, we relied on four binary classification algorithms frequently used in the health sector and supported by a large number of researchers [15].

- The selection of these algorithms is based on the constraints and attributes of the assigned task. Among these attributes, we can mention, on one hand, the accuracy and interpretability of the results, and on the other hand, the scalability of the model. That is, its ability to adapt to new patient data while still providing good scores. Based on this, we chose the following algorithms.
- Logistic regression (LR): LR is commonly used in binary classification situations (1 for success and 0 for failure) and is particularly useful in cases where the relationship between the output variables and the input variables is linear. It provides the probability that an observation belongs to a particular category. Its effectiveness stems from its ability to use logistic functions to estimate the probability based on input features in contexts where the datasets are small to medium-sized [16].
- Decision Trees (DT): Decision trees remain one of the most robust tools for the classification and regression of nonlinear and outlier data. They are flexible to interpret. However, over fitting remains their weak point. In their operation, they split the dataset into two subsets based on the characteristics [17].

- Random Forest (RF): The Random Forest is characterized as an algorithm that combines multiple decision trees. Each tree is built on a randomly chosen representative fraction of the data. Furthermore, the predictions are aggregated to obtain a good final prediction. This model is very powerful and effective for regression and classification [18].
- Gradient Boosting (GB): GB are a family of supervised learning algorithms that build reliable prediction models step by step. G.B is commonly used for classification and regression tasks is technique that allows for the transformation of the most modest learners into robust learners. Hence the name 'Gradient Boosting. 'Thus, in this boosting environment, each new model is based on the errors of its predecessors that it has incorporated to refine its learning. It is particularly utilized for datasets that have a large amount of data. It is likely to produce better predictive performance [19].

2.5 FLOWCHART OF OUR MODELLING APPROACH

In this section, we have chosen to summarize our modeling process through Fig.3. Our modelling process deals with 7 steps. It begins with the compilation of our raw dataset obtained from field surveys and telephone interviews with the two hundred and one (201) cooperative patients for comparing the important characteristics of the best machine learning model in our study.

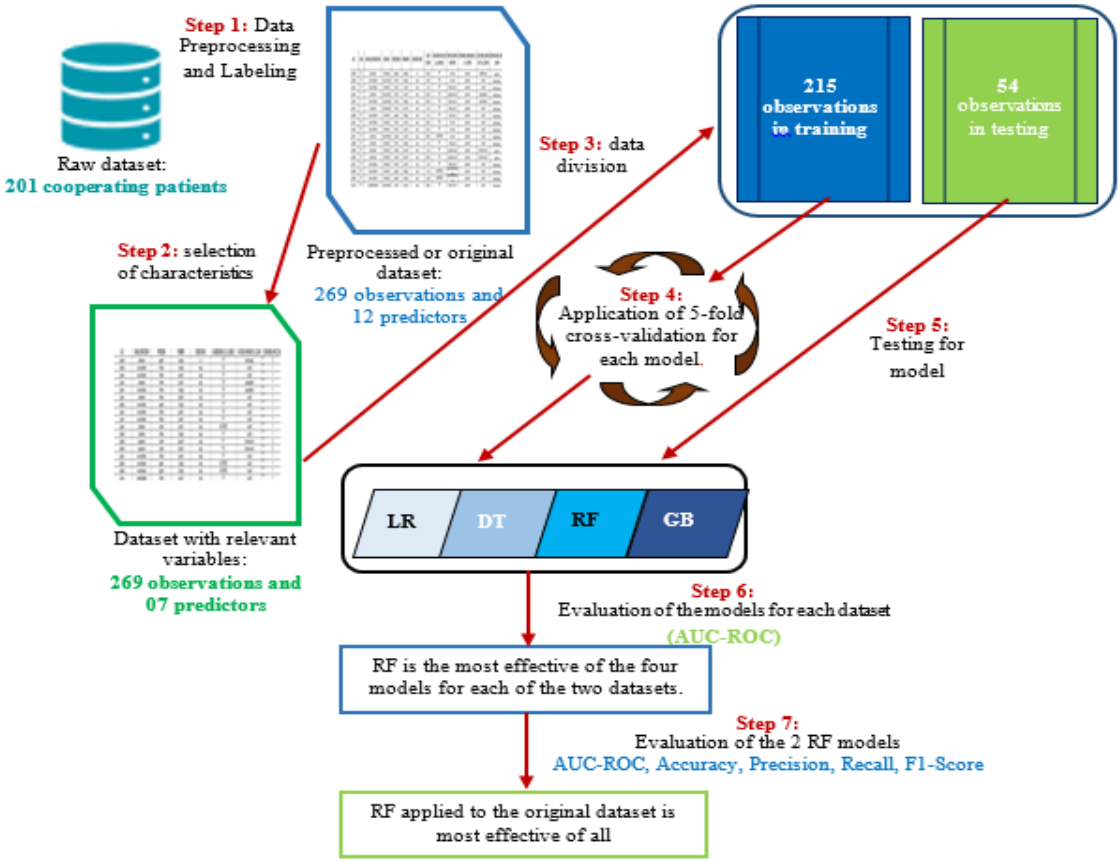


Fig. 3. Diagram of process of our research methodology

3 RESULTS AND DISCUSSION

We will present the results of predicting the destination of DAMA patients, as well as our discussion section according to the two types of datasets at our disposal. In this context, the results from the dataset containing only the relevant characteristics will be presented. It goes for the original datasets. However, before any analysis, the performance measures that will allow us to assess the predictive power of the models will be highlighted.

3.1 PERFORMANCES METRIC

3.1.1 CONFUSION MATRIX AND CALCULATION OF PERFORMANCE METRICS FOR OUR STUDY

The confusion matrix is a double-entry table which allows us to understand, on the one hand, the different errors made by each of the four algorithms chosen for prediction. Its usefulness lies in clearly indicating the performance of each classification model based on the 54 test data whose original valid values are known from the start [20]. In other words, in our situation, this makes it possible to measure the predictive power of the algorithms constructed in our research. It is in this context that we chose to highlight the confusion matrix of the learning models using the original dataset (shown in Fig.4).

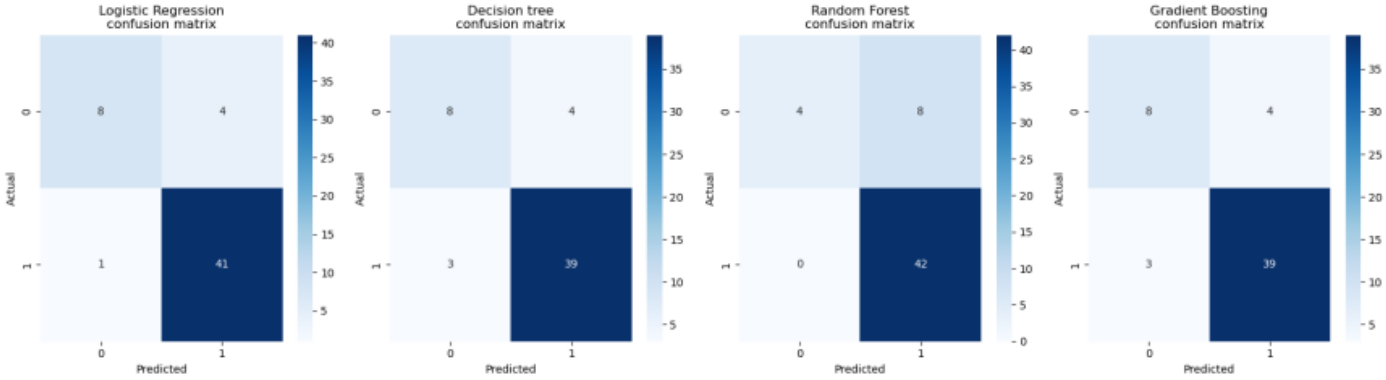


Fig. 4. Confusion matrix of all 04 techniques

3.1.2 CHOICE OF PERFORMANCE METRIC VALUES

The performance metrics employed to evaluate the degree of performance of the algorithms applied in our study are as follows: accuracy, precision, recall, F1 score, and area under the receiver operating characteristic curve (AUC-ROC) [21], [22], [23].

- Accuracy allows us to estimate the frequency of records that are well predicted.
- Precision measures the proportion of positive predictions that are deemed true.
- Recall is a metric used to determine the frequency of actual positive observations that are well predicted.
- The scalability of the model, or the area under the receiver operating characteristic curve, is an indicator that verifies whether the model remains performance as new data is gradually added to the dataset. In our context, this last metric represents the primary evaluation criterion for the performance of our model. Under the conditions mentioned above, the calculation method for each of our measures is described in Table 3 [24].

Table 3. The performance metrics

Accuracy = TP + TN / (TP +TN + FP + FN)
Precision = TP/ (TP + FP)
Recall = TP/ (TP + FN)
Specificity = TN/ (TN + FP)
F1-Score = 2 x (Precision x Recall)/ (Precision + Recall)
Area under the curve = (Recall + Specificity) / 2

TP: True Positive; FP: False Positive; TN: True Negative; FN: False Negative.

3.2 Evaluation Of The ML Model After 5 Cross-Validations

3.2.1 In The Original Data

3.2.1.1 Evaluation Of The Model

The information regarding the performance of the four (04) algorithms built from the original data is recorded in Table 4. At first glance, all performance indicators show that the four (04) models have very good results, with performance scores generally close to 80%. However, a detailed analysis of key metrics highlights that the Random Forest algorithm achieves the highest area under the curve (AUC-ROC = 0.96), indicating a margin of over 10% compared to the three other algorithms. This suggests that this Random Forest model is capable of adapting to 96% of new data while continuing to perform very well (see Fig. 5). This means that its scalability or overall behavior demonstrates very impressive performance. Furthermore, its accuracy is 86%, placing it in the second place for this metric. This indicates that 86% of the samples under its test are predicted correctly. Additionally, we can add an F-score of 9%, which corroborates an excellent balance between the precision and recall of this model.

Table 4. Performance of ML algorithms on the original data

Performance Measures	AUC-ROC	ACCURACY	PRECISION	RECALL	F1-SCORE
Logistic Regression	0.86	0.91	0.91	0.98	0.94
Decision Tree	0.80	0.87	0.91	0.93	0.92
Random Forest	0.96	0.86	0.84	1	0.91
Gradient Boosting	0.86	0.87	0.91	0.93	0.92

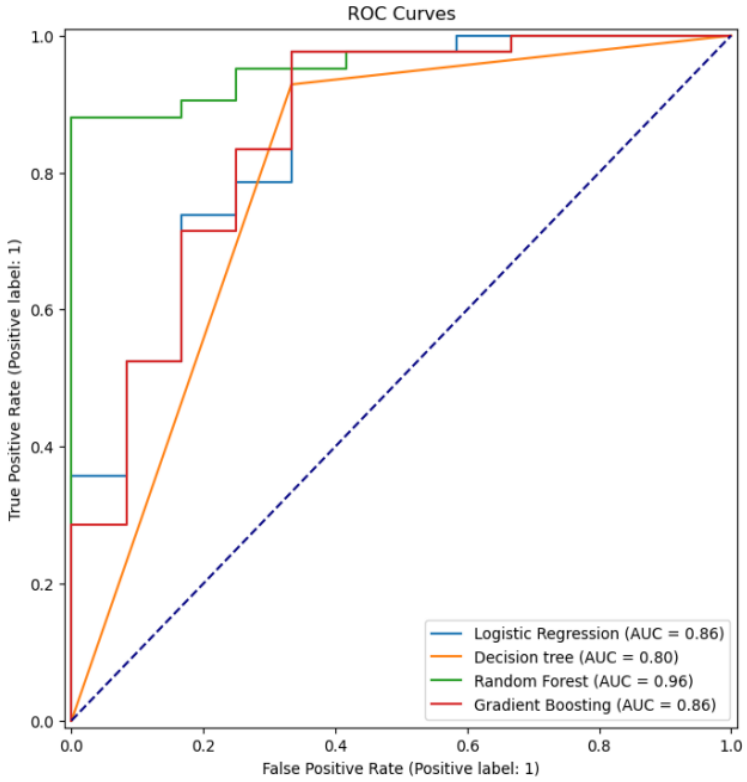


Fig. 5. Characteristic operating curve of the receiver for the algorithms applied with original data

To sum up, it follows that the Random Forest model remains, within the scope of our study, the one that presents the best performance and scalability indicators. Fig. 5 perfectly illustrates this achievement. Overall, our stance on the model's prowess is that the Random Forest is the best algorithm among the four (04) constructed.

3.2.1.2 IMPORTANCE OF MODEL CHARACTERISTICS

In terms of performance measures, the Random Forest algorithm maintains an outstanding overall performance. Furthermore, it is undeniable to recognize the characteristic importance of this model in order to determine its impact on the choice of destination of a patient fit to a DAMA among the patients in our study [8]. Fig.6 shows the weight of the characteristics in a gradual manner. Thus, it appears that according to our Random Forest model, the top five (05) characteristics are: the slowness of care in public facilities, the better care anticipated by the patient for his destination, the high cost of treatment, the patient with a higher level of education, and the fact that the patient is a worker in the informal sector.

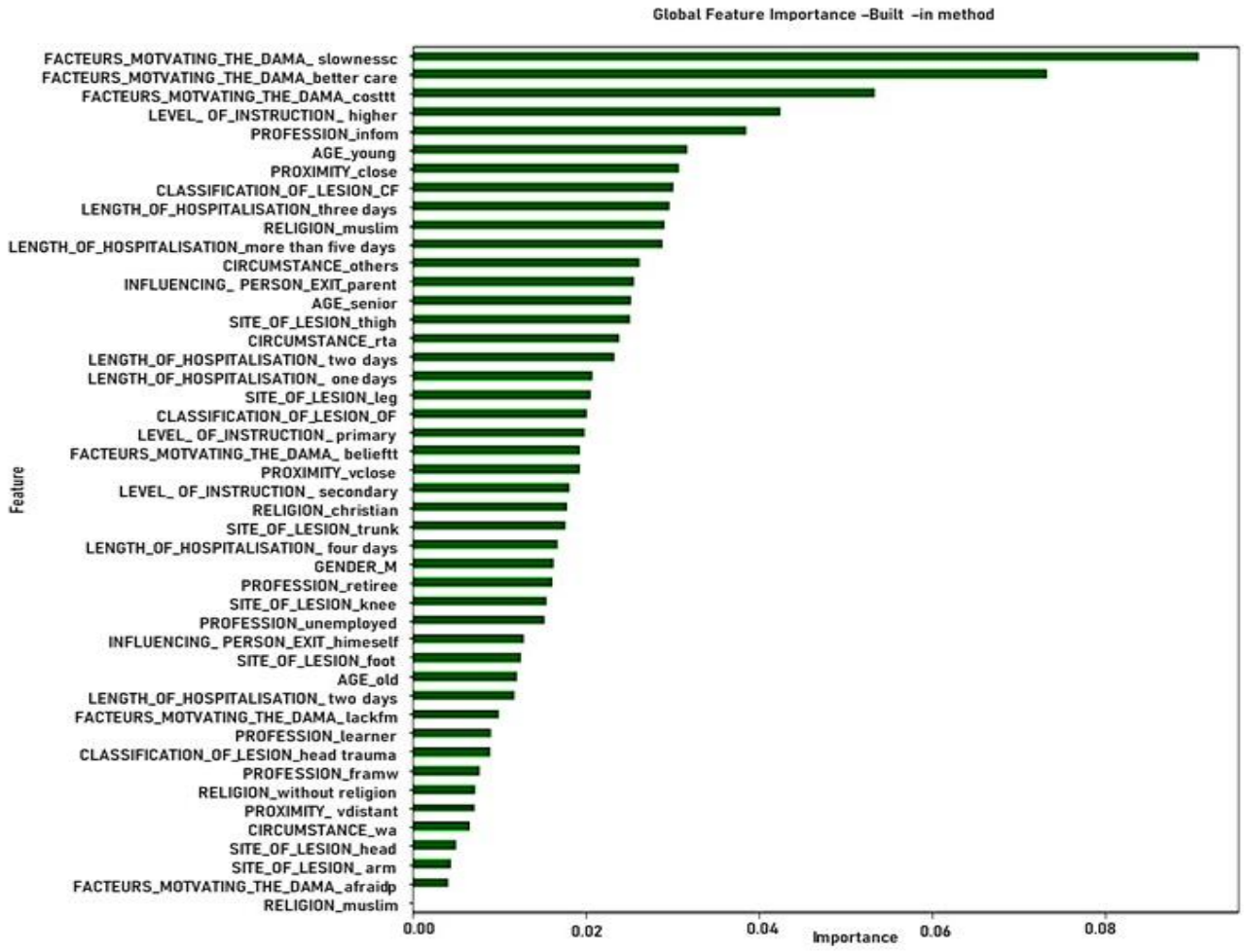


Fig. 6. Overall importance of the random forest model features in the original data

3.2.2 IN THE DATA WITH RELEVANT VARIABLES

3.2.2.1 THE MODEL EVALUATION

The information presented in Table 5 details the performance measures of the four (04) algorithms used in our patient tracking study following their DAMA. A thorough analysis of the key performance indicators shows that the random forest algorithm has the best overall performance compared to most other models, with the highest area under the curve (AUC-ROC = 0.92). This means that the constructed random forest algorithm indicates an excellent performance on the first dataset and tends to maintain this performance as the database expands. More, its accuracy of 85%, although behind other algorithms, shows that 85% of the observations submitted to it are predicted accurately. Furthermore, we can add its F-score of 91%, which combines recall and precision, reinforcing the perfect balance between these two essential metrics.

Table 5. Performance of ML algorithms on the data with relevant variables

Performance Measures	AUC-ROC	ACCURACY	PRECISION	RECALL	F1-SCORE
Logistic Regression	0.89	0.85	0.87	0.95	0.91
Decision Tree	0.79	0.91	0.91	1	0.94
Random Forest	0.92	0.85	0.84	1	0.91
Gradient Boosting	0.89	0.83	0.87	0.93	0.90

Based on the performance results obtained by the various algorithms and illustrated in Fig.7, we can conclude that the Random Forest model holds the top position in the classification activity of DAMA patients, with a 3% margin over the others.

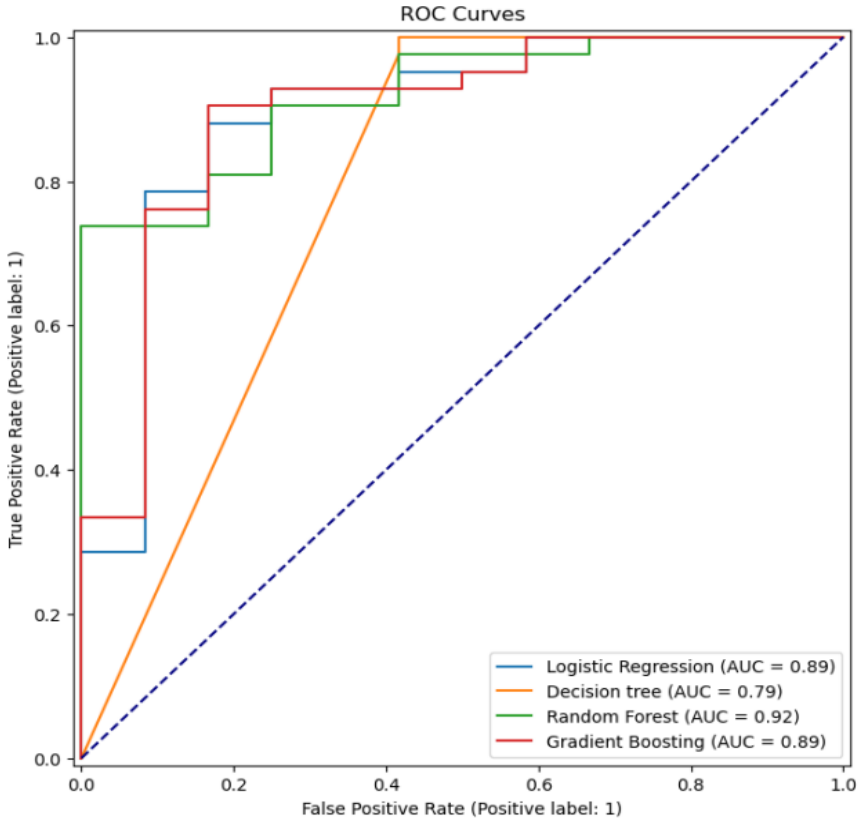


Fig. 7. Receiver operating characteristic curve for the algorithms applied with original data

3.2.2.2 IMPORTANCE OF MODEL CHARACTERISTICS

According to our later analyses, it is common knowledge that the Random Forest algorithm has the best performance record among the four (04) constructed for the binary classification task assigned to us. Therefore, it is important to highlight the list of significant features of the dataset that underpin this remarkable achievement. Thus, it emerges that the five (05) most useful features for our model in terms of patient dropout from DAMA are as follows: the slowness of care in public facilities, the hope for better care at the chosen destination, the treatment cost deemed unaffordable, the patient having a high educational level, and the fact that the patient works in the informal sector.

3.2.3 COMPARATIVE STUDY OF THE BEST PERFORMANCES

In this study, the area under the ROC curve obtained from the various learning algorithms after five (05) cross-validations constitutes our main performance metric. An examination of this measure for the original data and that of the relevant variables shows that the random forest remains the most robust model for these two datasets, with respective AUC-ROC rates of 96% and 92%. Table 6 reflects this strong position. Furthermore, it is noteworthy that the RF constructed on these two datasets maintains almost identical performance across all four (04) remaining metrics. Thus, they demonstrate a precision of 84%, a recall of 100%, an F-score of 91%, and an accuracy of around 86%. All these values confirm that the RF constructed from the original data remains the most performant model of all (See Fig.8).

Fig. 7. Comparative summary of the performance of the RF on the two datasets.

Table 6.

Performance Measures	AUC-ROC	ACCURACY	PRECISION	RECALL	F1-SCORE
RF in the original data	0.96	0.86	0.84	1	0.91
RF in the relevant data	0.92	0.85	0.84	1	0.91

On the other hand, the two random forest models developed on both sides produce the same five (05) primary determinants in terms of feature importance: the slow pace of care in public facilities, the expectation of better treatment for the chosen destination, the treatment costs deemed unaffordable, the patient having a higher level of education, and the fact that the patient works in the informal sector. A detailed analysis shows that the order is preserved for the three (03) primary characteristics.

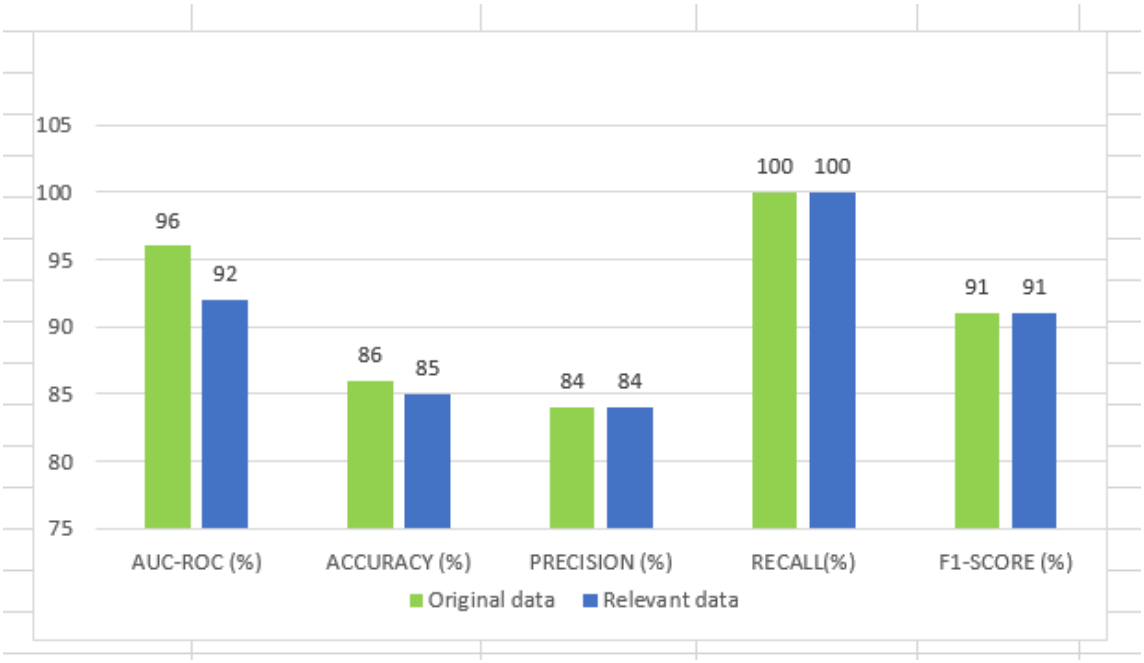


Fig. 8. Comparative histogram of random forest performance

4 STRENGTHS AND LIMITATIONS

This research conducted a new investigation in the orthopedic trauma department of T-UHC with the aim of developing and predicting the appropriate destination for a DAMA patient. Subsequently, two datasets were obtained, and four (04) models were developed. The performance analysis revealed that the random forest model produces results that surpass all other algorithms. Additionally, the frequency is impressive when the model is built from the original dataset. This endows the model with the capability to offer several advantages to trauma surgeons, traditional healers, and patients. For the former, it serves as a valuable decision-making support tool. Indeed, our model will enable them to detect early the destination of a DAMA patient. Thus, when our model predicts that a patient will abandon the trauma emergency department in favor of a traditional bone treatment center, the treating physician can, based on the algorithm for managing injuries proposed by traditional Bone-Setters [25], quickly discharge the patient so that he can be treated as soon as possible by a referred healer. This situation will potentially promote the patient's proper recovery and reduce future complications in his daily life while ensuring functional recovery of the injured limb (s). Furthermore, the traumatologist can work to keep the deserter patient by providing all necessary information about the inability of TBS to manage his condition when he insists on pursuing this dead-end path. In the second category, namely traditional healers, our model will enable them first to create a framework for cooperation [26], a climate of trust and tolerance towards their practices with traumatologists and other practitioners of modern medicine, who will no longer consider them as charlatans, but rather as partners who are eager to receive basic training from traumatologists. The immediate result of this cooperation is that public healthcare facilities will be decongested, allowing healthcare personnel to focus on genuinely critical cases. This will undoubtedly lead to better management of hospital resources (practitioners, hospitalization beds, operating rooms, implants, etc.). Furthermore, in centers dedicated to traditional bone treatment, we will see a reasonable influx of patients from public hospitals who have a probable diagnosis established for optimal care. This will allow this third

category to avoid taking enormous risks (such as falling during escape, often late at night, worsening injuries, or having radiological examinations confiscated by healthcare agents at the time of DAMA that expose their already fragile health before their exit. Moreover, TBS will also be able to quickly decline the care of certain patients whose clinical presentation exceeds their competencies, as recommended by [25] and [26].

5 CONCLUSION

Machine Learning algorithms are impressive techniques that have made their way into the field of medical sciences to make predictions about diseases or phenomena related to public health issues. In this way, we operate under the assumption that tracking the destination of adult patients hospitalized in the orthopedic trauma department who choose to leave against medical advice will become possible with an appropriate predictive model. Based on this premise, we conducted a field survey that allowed us to successively establish two sets of data from which we adopted four (04) commonly used exploratory data techniques in a binary classification study. Furthermore, five (05) cross-validations of each of these models were performed during the training phase, which gives the generated models robust estimation power. Subsequently, we compared the performance measures, the main one being the area under the receiver operating characteristic curve, which is used to verify a model's ability to maintain impressive performance as the dataset grows. After evaluating this metric concerning the overall performance of the models, we can assert that the random forest proves to be the most suitable algorithm for predicting the most appropriate destination for a deserter patient, considering his profile and the factors motivating his DAMA. In order to distinguish between the two datasets, a thorough comparative analysis of other performance measures (accuracy, precision, recall, and F1-score) of the two random forest models allowed us to conclude that the model derived from the original database ranks first by producing the highest scores. Based on the ranking of our experimental results, we believe that predicting the appropriate destination for a patient who decides to interrupt and abandon his treatment will be more effectively achieved with the normalized database, which includes predictors such as age, gender, education level, religion, profession, proximity of residence to the hospital, cause of trauma, location and nature of the injury, reason for departure, duration of hospitalization, and finally, the person who influenced their exit. In light of these results, it is evident that the random forest remains the most effective of the four (04) models across the two datasets. Moreover, its position is strengthened when developed using the original database. Thus, it has proven to be the most suitable learning algorithm for predicting the medical endpoint of a patient leaving against medical advice from the orthopedic trauma services of T-UHC, especially when constructed on the original dataset.

In perspective, this model based on automatic prediction techniques promises to bring a glimmer of hope in the management of patients suffering from physical trauma and those who abandon healthcare facilities. In reality, the main strength of this model is to enable traumatologists to detect early and optimally the destination of DAMA patients. Thus, depending on the type of injury, they will be able to quickly release the victim to receive better care from TBS. Furthermore, this model will allow for optimal management of hospital resources while creating cooperation between the two healthcare systems. Ultimately, this learning tool will significantly help promote the practice of TBS.

ACKNOWLEDGMENT

This work came to fruition thanks to the support of all the staff in the orthopedic-traumatology department of the Treichville University Hospital Center of Treichville, Côte d'Ivoire. First, I would like to thank Professor ANOUMOU N'Guessan Michel, Head of the Department, for his spontaneity and interest in this research project. Next, I would like to express my gratitude to the trauma surgeons SAINY Kouakou Stéphane Dorgelès, KAMATE Soumaï, and KONE Abass (Regional Hospital Center of Abengourou) for their availability, technical advice, support, and collaboration throughout this work. A special thank you to Ms. ANOMA Elizabeth (secretary) and Ms. ASSEMIEN Armelle (archivist) for their dedicated time, selflessness, and, above all, their patience during the entire period of field research. Finally, I would like to thank all the patients, their companions, and their family members who willingly agreed to cooperate during the information collection phase. To all of you, your unconditional support is invaluable.

REFERENCES

[1] L. Tiéssé, Annual report of the national commission for suspension and withdrawal of driving licenses, 2023. [Online] Available: https://www.transports.gouv.ci (July 20, 2024).

[2] K.D. Diomande, B.G. N'Guessan, S. Sangaré, and T. Koné, «Traditional medicinal practices of african bone-setters: Aspects of an ontology of the field, »*International Journal of Adavanced Research,* vol. 12, no. 5, pp. 773–786, 2024. [Online] Available: https://doi.org/10.21474/IJAR01/18784.

[3] A. A. N. Kouassi, K. L. Krah, L. B. Yao, and A. J. R. Akobé, «Complications following traditional treatment of limb fractures in Bouaké,» *Health Research in Africa,* vol. 2, no. 8, pp. 61-65, 2024. [Online] Available: https://doi.org/10.5281/hra.v2i8.5937.

[4] T. Camara, M.L. Bah, M. Sidibé, F.M. Sylla, and N.H. Madjirabe, «Complications of the Traditional Treatment of Limb Fractures: Frequency and Management in the Orthopedics-Traumatology Department of the CHU Ignace Deen,» *Journal of Orthopedics and Muscular System,* vol. 6, no.1, pp. 1019, 2024.

[5] L.B. Yao, A.J.R. Akobé, K.I. M'Bra, B.J.L.N. Sery, and K.J-E. Kouassi, «Reasons for Refusal and Abandonment of Care in the Surgical Emergency Department of the University Hospital Center of Bouaké, Côte d'Ivoire,» *Pan African Medical Journal,* vol. 38, no. 291, 2024.
[Online] Available: https://doi.org/10.11604/pamj.2021.38.291.22340.

[6] M.R. Nfongourain, T. M. Tekinzang, and D.C. Tayou, «The prediction of good physicians for prospective diagnosis using data mining.Elsevier,» *Informatics in Medicine Unlocked,* vol. 12, no. 2018, pp.120–127, 2015.
[Online] Available: https://doi.org/10.1016/j.imu.2018.07.005

[7] G. Dhouda, «AI for health: case study prediction of hospital length of stay. Master's Degree in Information Systems,» University Echahid Chikh Larbi Tébessi- Tébessa, 2023.

[8] C.W. Tian, X. X. Chen, L. Shi, H. Y. Zhu, and, G. C. Dai, «Applications of Machine Learning for Predicting Prolonged Length of Stay in Geriatric Patients with Hip Fractures,» *Global Orthopedics Review,* vol. 14, no. 10, pp. 741-754, 2023.
[Online] Available: https://doi.org/10.5312/wjo.v14.i10.741.

[9] O. Nabila, R. Maryem, M. Mounia, and E-A. Bouchra, «A Systematic Review on Artificial Intelligence in Orthopedic Surgery,» *Journal of Artificial Intelligence,* vol. 38, no 4, pp. 1143-1157, 2024.
[Online] Available: https://doi.org/10.18280/ria.380409.

[10] W.A.M. Abdou, B. Chaibou, D.M. Habibou, Z. A. Seyni, S. B. Seyni,« What is the proportion of discharges against medical advice related to traditional practices among patients admitted to the traumatic emergency department of a Sahelian hospital?,» *Journal of Orthopedic Surgery and Traumatology,* vol.106, no. 4, pp. 434-437, 2020.
[Online] Available: https://doi.org/10.1016/j.rcot.2020.03.014

[11] S.A. Alasadi, and W.S. Bhaya,«Review of data preprocessing techniques in data mining,»*Journal of Engineering and Applied Sciences,* vol. 12, no. 16, pp.4102-4107, 2017.

[12] D. Cianci, N. Hartemink, and A. Ibáñez-Justicia,«Modelling the potential spatial distribution of mosquito species using three different techniques,» *International Journal of Health Geographics,* vol. 14, no. 1, pp. 1-10, 2015.
[Online] Available: https://doi.org/10.1186/s12942-015-0001-0.

[13] A.K. Gárate-Escamila, A.H. El Hassani, and E. Andrès,« Classification models for heart disease prediction using feature selection and PCA,» *Informatics in Medicine Unlocked*,« vol. 19, no. 100330, 2020.
[Online] Available: https://doi.org/10.1016/j.imu.2020.100330.

[14] R. Shafique, F. Rustam, G.S. Choi, I.T. Diez, and A. Mahmood,« Breast cancer prediction using fine needle aspiration features and upsampling with supervised machine learning, » *Cancers (Basel),* vol. 15, no. 3, 2023.
[Online] Available: https://doi.org/10.3390/cancers15030681.

[15] M. Douider, I. Amrani, T. Balenghien, A. Bennouna, M. Abik,« A Procedure to Improve Binary Classification Models and Categorize Features: The Case of the Distribution of Three Mosquito Species in Morocco,» *Journal of Artificial Intelligence,* vol. 38, no. 4,2024.
[Online] Available: https://doi.org/10.18280/ria.380402.

[16] A. Bailly, C. Blanc, E. Francis, T. Guillotin, F. Jamal, B. Wakim, and P. Roy,« Effects size and interactions on the prediction performance of logistic regression and deep learning models,» *Biomedical Computer Methods Programs,* no.213, 2022.
[Online] Available: https://doi.org/10.1016/j.cmpb.2021.106504.

[17] V. G. Costa, and C.E. Pedreira, «Recent Advances in Decision Trees: An Updated Study,» Artificial Intelligence Review, vol. 56, no. 5, pp. 4765-4800, 2024. [Online] Available: https://doi.org/10.1007/s10462-022-10275-5.

[18] S. Zhigang, G. Wang, P. Li, H. Wang, « An Improved Random Forest Based on Classification Accuracy and Decision Tree Correlation Measure, » Expert systems with applications, vol. 237, no. PB, 2024.
[Online] Available: https://doi.org/10.1016/j.eswa.2023.121549.

[19] M.S. Al-Reshan, S. Amin, M.A. Zeb, A. Sulaiman, H. Alshahrani, and A.T Azar, «.Improvement of Breast Cancer Detection and Classification through Advanced Multi-Model Features and Ensemble Machine Learning Techniques,»*Life,* vol.13, no. 10, p. 2093, 2023. [Online] Available: https://doi.org/10.3390/life13102093.

[20] B. Barakat, S.E. H. Hassan, N. T-Duong, and W. Ramadan, «Improve Healthcare: Machine Learning for Diabetes Prediction and Retinopathy Risk Assessment,» *International Journal of Advanced Computer Science and Applications,* vol.15, No.7,2024.
[Online] Available: https://doi.org/10.14569/IJACSA.2024.0150703.

[21] K.J. Aykpa, P. Gouton, D. Mamadou, and A.B. Ballo, «Classification of cocoa beans through spectral measurement analysis using machine learning and genetic algorithms,» *Journal of Imaging,* vol.10, no. 1, pp. 19, 2024.
[Online] Available: https://doi.org/10.3390/jimaging10010019.

[22] C. Cheuque, M. Querales, R. Léon, R. Salas, and R. Torres, «An efficient multi-level convolutional neural network approach for white blood cells classification, »Diagnostics, vol. 12, no. 2, pp. 248, 2022.
[Online] Available: https://doi.org/10.3390/diagnostic12020248.

[23] S. Bechelli, J. Delhonnelle, «Machine learning and deep learning algorithms for image,» *Bioengineering,* vol.9, no. 3, pp. 97, 2023. [Online] Available: https://doi.org/10.3390/bio-ingénierie9030097.

[24] M. Rahman, K.H. Kobir, S. Akther, A.H. Kallol,«Ensemble machine learning for enhanced breast cancer prediction: a comparative study,» *International Journal of Advanced Computer Science and Applications,* vol. 15, no. 7,2024. [Online] Available: https://doi.org/10.14569/IJACSA.2024.0150792.

[25] A.B. Omololu, S.O, Ogunlade, V. Gopaldasani, « The practice of traditional crimping: training algorithm,» *Clinical Orthopedics and Related Research,* vol. 466, no. 10, pp. 2392-2398, 2008. [Online] Available: https://doi.org/10.1007/s11999-008- 0371-8.

[26] M.R. Askew, C. Hinchman, I.M. Ravel, P. Jenkins, A. Dada, M. Diallo, «The ongoing role of traditional healers in east and west africa: a consensus statement from experts, » *East and Central African Journal of Surgery,* vol. 28, no. 1, 2024. [Online] Available: https://ajol.info /10.4314/ecajs.v28i1.2.

International Journal of Innovation and Applied Studies
ISSN 2028-9324 Vol. 43 No. 4 Oct. 2024, pp. 1036-1048
© 2024 Innovative Space of Scientific Research Journals
http://www.ijias.issr-journals.org/

Composition biochimique et qualité sensorielle de la viande des poulets hybrides F1 (Holli x Fulani) en relation avec la durée de maturation et le système de production

[Biochemical composition and sensory quality of the meat of F1 crossbred chickens (Holli x Fulani) in relation with the production system and *post-mortem* aging time]

Tougan P. Ulbad[1-2], H. Bah[3], V. Kourouma[3], Domingo I. Anaïs[4], Osseyi G. Elolo[4], and Théwis André[2]

[1]Département de Nutrition et Sciences Agro-Alimentaires de la Faculté d'Agronomie, Université de Parakou, Benin

[2]Unité de Nutrition et d'Ingénierie des Productions Animales de Gembloux Agro-Bio Tech, Université de Liège, Passage des Déportés 2-5030 Gembloux, Belgium

[3]Institut Supérieur Agronomique et Vétérinaire Valery Giscard d'Estaing de Faranah (ISAV-VGE, F), BP: 131, Faranah, Guinea

[4]Centre d'Excellence Regional sur les Sciences Aviaires (CERSA-UL), Université de Lomé, Togo

Copyright © 2024 ISSR Journals. This is an open access article distributed under the ***Creative Commons Attribution License***, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

ABSTRACT: The family poultry production in Benin is based on a variety of local ecotypes including Holli and Fulani breeds. The aim of this study is to determine the effect of production system and *post-mortem* aging time on the meat of their crossbred F1 (Holli x Fulani). Therefore, 60 hybrid chicks were divided into 2 group and reared respectively under conventional modern housing system (Lot1) and under backyard free range system (Lot2). At the age of 24 weeks, 10 cockerels (male) of each lot of similar live weight were slaughtered according to the conventional for meat quality assessment at different post-mortem aging time.

It comes out from the study that the best carcass yields at 1 h and 24 h post-mortem were recorded in hybrid chickens raised under modern breeding systems (P<0.01). Technologically, it appears that the production system influenced only the pH recorded at 24h post-mortem (5.92 vs 5.88; P<0.05), luminance (57.98 vs 59.4; P<0.01), yellow index (3.46 vs 4.51; P<0.01); chromaticity (8.43 vs 9.09; P<0.01) and the water holding capacity of meat (28.47 vs 31.68; P<0.01). Significant variabilities of the technological quality of meat were also recorded according to muscle type. Nutritionally, the production system did not affect the meat's dry matter and ash contents. However, the lowest fat content (1.72% vs 2.3%) and highest fat protein content (20.96% vs 20.01%) were recorded in the traditional system meat samples (P<0.001). Sensorially, meat from chickens raised under the traditional production system with access to natural pasture and those that have undergone 24 hours of maturation recorded the highest scores for all sensory parameters.

KEYWORDS: Benin, production system, indigenous crossbred chicken, maturation, meat, quality.

RESUME: L'aviculture familiale au Bénin est basée sur une diversité d'écotypes locales dont l'écotype Holli et Fulani. Le but de cette étude est de déterminer l'effet du système de production et du temps de maturation post-mortem sur la qualité de la viande des croisés F1 (Holli x Fulani). Pour ce faire, 60 poussins hybrides ont été divisés en 2 groupes et élevés respectivement selon le système d'élevage moderne conventionnel (Lot1) et le système en plein air (Lot2). À l'âge de 24 semaines, 10 coqs de chaque lot ayant le meilleur poids vif ont été abattus pour l'évaluation de la qualité des viandes à différentes périodes de maturation post-mortem. Il ressort de l'étude que les meilleurs rendements de la carcasse à 1 h et à 24 h post-mortem ont été enregistrés chez les poulets hybrides élevés selon le système d'élevage moderne (P<0,01). Sur le plan technologique, il ressort que le système de production a influencé seulement le pH enregistré à 24h post-mortem (5,92 vs 5,88; P<0,05), la luminance

Corresponding Author: Tougan P. Ulbad

(57,98 vs 59,4; P<0,01), l'indice du jaune (3,46 vs 4,51; P<0,01); la chromacité (8,43 vs 9,09; P<0,01) et la capacité de rétention d'eau de la viande (28,47 vs 31,68; P<0,01). Des variabilités importantes de la qualité technologiques de la viande ont été aussi enregistrées selon le type de muscle. Sur le plan nutritionnel, le système de production n'a pas affecté significativement les teneurs en matières sèche et en cendres de la viande. Par contre, la plus faible teneur en matière grasse (1,72% vs 2,3%) et la plus forte teneur en protéine grasse (20,96% vs 20,01%) a été enregistrées au niveau des échantillons de viande du système traditionnel (P<0,001). Sur le plan sensoriel, la viande de poulets élevés selon le système de production traditionnelle avec accès au pâturage naturel et celles ayant subies 24 heures de maturation ont enregistré les meilleurs scores pour tous les paramètres sensoriels.

MOTS-CLEFS: Bénin, système de production, poulet Croisés F1 (Holli x Fulani), maturation, viande, qualité.

1 INTRODUCTION

La lutte contre l'insécurité alimentaire et la gestion des conséquences de la pandémie de la COVID-19 demeure un défi majeur pour les pays de l'Afrique subsaharienne dont le Bénin [1], [2]. La consommation mondiale annuelle de viande est en pleine progression et devrait atteindre 35,3 kg par habitant d'ici 2025, et nécéssite l'intensification de la production des espèces animales à cycle court comme la volaille [3]. La volaille, produit idéal pour la production d'aliments fonctionnels pour la consommation humaine, est actuellement au cœur de la recherche agricole et alimentaire [4]. Les poulets de races locales (*Gallus gallus domesticus*), la pintade (*Numida meleagris*) et le canard (*Cairina sp*.) constituent les principales ressources génétiques aviaires en Afrique de l'ouest [5].

Au Bénin, la production nationale en viande de volaille (18,94%) représente la deuxième source de produits carnés après la viande bovine [6]. L'essentiel de la production de viande de volaille provient de la population locale de volaille de l'espèce *Gallus gallus* composée d'une diversité d'écotypes: les écotypes Nord, Sud, Peulh, Sahouè et Holli [3], [5]. Ces ressources aviaires rustiques du Bénin sont élevées majoritairement selon un système de production en plein air avec accès à une végétation de pâturage et dans une moindre mesure selon un système de de production moderne en claustration sur litière. L'accès aux pâturages peut fournir de l'herbe fraîche ainsi que des insectes valorisables en termes de nutriments (protéines et matières grasses) et de substances telles que la chitine ou l'acide laurique qui stimulent l'immunité naturelle [7], [8]. La consommation de pâturage et la composition des espèces végétales peuvent influencer favorablement la qualité de la viande des poulets élevés en plein air en augmentant la teneur en antioxydants (vitamines et caroténoïdes) et en minéraux [9], [10].

Par ailleurs, les conditions de gestion pré-abattage des oiseaux, le temps de maturation *post-mortem,* la transformation et l'entreposage ont une influence sur les changements des précurseurs de saveur de la viande de poulet. Généralement, pendant la maturation post-mortem à 0-4 °C, la concentration de ces métabolites dans les muscles de poulets change de façon dynamique. Seule une maturation post-mortem suffisante garantit une conversion adaptée du muscle en viande savoureuse [11]. Plus la teneur en précurseurs de saveur produits pendant la maturation est élevée, meilleure est l'arôme du poulet cuit correspondant. Par conséquent, le contrôle du processus de maturation post-mortem est un moyen efficace d'améliorer la qualité sensorielle de la viande [12], [13].

De nombreux travaux ont été réalisés pour la caractérisation morphologique, zootechnique et génétique de la population locale de poulet du Bénin ainsi que sur la variabilité des caractéristiques de la carcasse et la qualité de la viande. Plusieurs facteurs affectant le rendement de la carcasse, la composition de la carcasse et la qualité de la viande ont été identifiés [13], [14], [15], [16]. Selon [14], [15], [16], [17], [20], [21], la génétique, la diète hydrique, le mode de production, l'alimentation, l'âge et le mode d'abattage, le poids vif, le sexe et la durée de maturation de la viande sont les principaux facteurs qui affectent des paramètres de qualité de la viande (rendement, couleur, tendreté, la perte de jus à la cuisson, la capacité de rétention d'eau et le pH).

La présente étude vise en général à déterminer l'effet du système de production et de la durée de la maturation post-mortem sur la qualité de la viande des poulets hybrides (Holli x Fulani).

De manière spécifique, il s'agit de:

- évaluer l'effet du système de production sur les paramètres technologiques de la viande de poulets Croisés F1 (Holli x Fulani);
- déterminer l'effet de la durée de maturation sur la cinétique des paramètres technologiques de la viande de poulets Croisés F1 (Holli x Fulani).

2 MATERIELS ET METHODES

2.1 CADRE DE L'ÉTUDE

L'étude a été réalisée dans le Département du Borgou à la ferme Mayamido de Parakou (figure 1) et à l'unité de Qualité et Sécurité des produits Agro-Alimentaires/URAEAQ de la Faculté d'Agronomie à l'Université de Parakou au Bénin.

La ville de Parakou, 1er arrondissement de la Commune de Parakou situé dans le Département du Borgou, est repérable selon les coordonnées géographiques 9°21' de latitude Nord et 2°37' de longitude Est, et s'étend sur une superficie de 441 km^2 avec une population de 255478 habitants. La densité de la population de Parakou est de 339,7 habitants/km^2.

Le Département du Borgou situé au Nord-Est du pays, est caractérisé par le climat tropical de type soudanien. Cette région est marquée par des températures comprises entre 16°C et 37°C et des précipitations annuelles de 900 mm à 1100 mm. L'humidité relative est en moyenne de 70%.

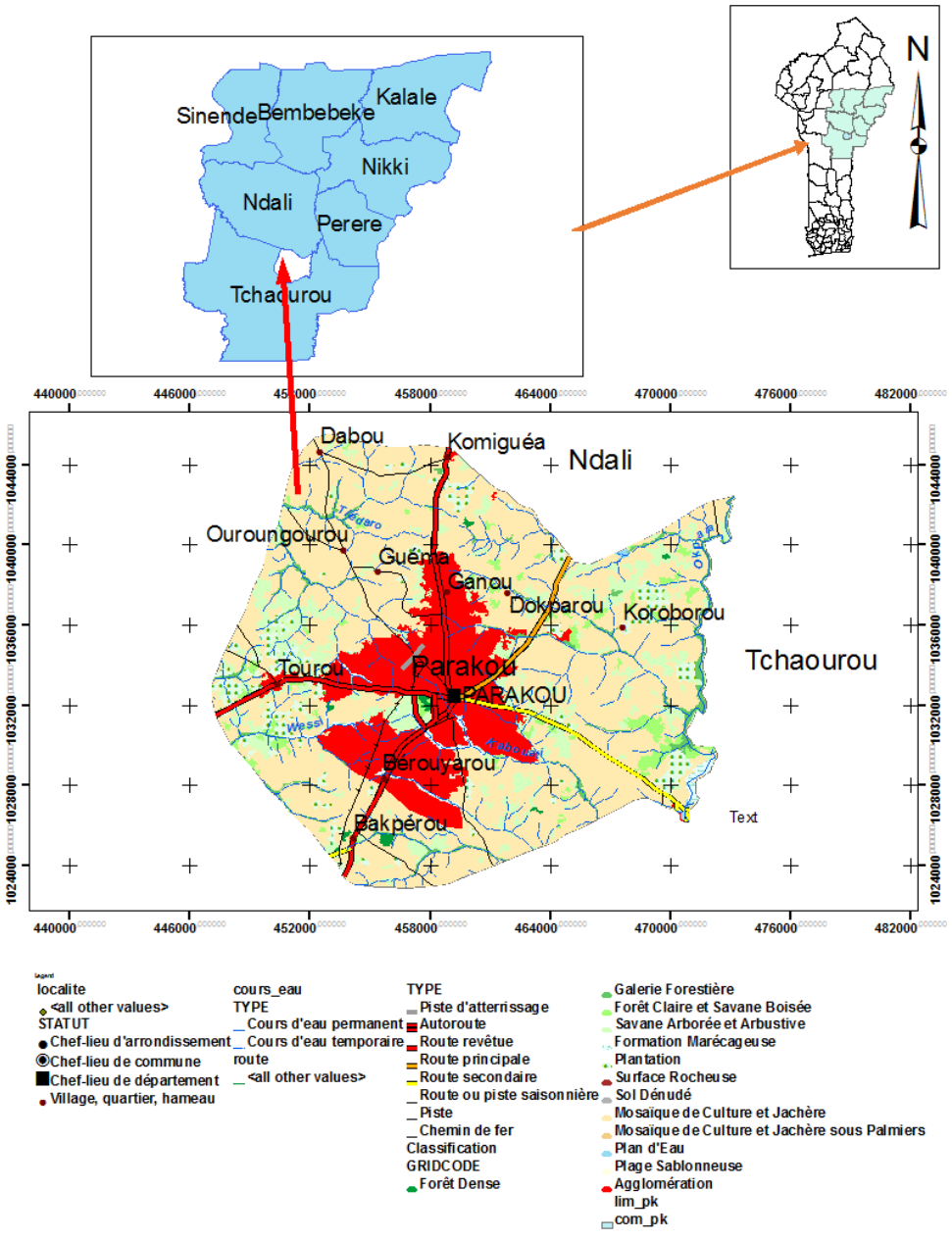


Fig. 1. Carte de la zone de l'étude

2.2 MÉTHODOLOGIE

2.2.1 ELEVAGE DES POULETS CROISES F1 (HOLLI X FULANI)

Le matériel animal utilisé dans la présente étude était constitué 60 poussins hybrides F1 (Holli x Fulani) ont été répartis en 2 groupes et élevés respectivement selon le système d'élevage moderne conventionnel (Lot1) et le système en plein air (Lot2). À l'âge de 24 semaines, 10 coqs de chaque lot ayant les meilleurs poids vifs ont été abattus pour l'évaluation de la qualité des viandes à différentes périodes de maturation post-mortem. Tous les animaux du lot 1 élevés en claustration ont été nourris avec les mêmes aliments. Une ration à base d'aliment de croissance de teneur en énergie métabolisable respective de 2900 et de 2750 kcal/EM /kg d'aliment et de teneur en protéine brute respective de 18,67% a été utilisé du 2^{ième} mois à l'entrée jusqu'à l'âge de 24 semaines. La formule alimentaire a été mises au point à partir du logiciel Excel en ajustant les apports aux besoins requis pour la période de croissance. Cette formule a été élaborée à partir des besoins théoriques répertoriés dans les tableaux alimentaires. Les animaux ont été nourris *ad libitum* tout au long de l'étude avec un accès au parcours extérieur. La composition bromatologique des rations alimentaires utilisées est consignée dans le tableau 1.

L'habitat utilisé pour abriter les poulets dans l'étude est composé d'un bâtiment d'élevage de 12 m^2 divisé en deux compartiments de 6m^2 à l'aide de grillages. Le toit des bâtiments est fait de feuilles de tôles ondulées en aluminium. Le sol est cimenté et les murs de 90 cm de hauteur, sont surmontés de grillage. La litière est constituée de copeaux de bois de 15 cm d'épaisseur. A l'entrée de chaque bâtiment, un pédiluve à base de solution de crésyl a été installé pour désinfecter les pieds à chaque entrée.

Pour les animaux du lot 2 élevés en liberté, aucune ration alimentaire n'a été distribuée lors de l'expérimentation. Les oiseaux sont livrés à eux-mêmes tel que pratiqué en aviculture traditionnel.

Tableau 1. Composition de la ration alimentaire utilisée

Ingrédients (%)	**Aliment de la phase de Croissance**
Maïs	59,08
Soja toasté	6,6
Tourteau de Soja	14,26
Tourteau de Coton	9
Farine de poisson	5
Lysine HCL	0,37
DL-méthionine	0,36
Huile de palme	1
Phosphate bi-calcique	0,07
Coquille d'huître	0,89
Sel (NaCl)	0,18
Pré-mix	2,94
Concentré Minéral Vitaminé (C.M.V.)	0,25
Composition nutritionnelle	
Énergie Métabolisable (kcal/kg)	2900
Lysine (%)	1,29
Méthionine (%)	0,64
Méthionine+ Cystine (%)	1,06
Calcium (%)	1,02
Phosphore disponible (%)	0,49
Sodium (%)	0,2
Matière Grasse (%)	6,56
Protéine Brut (%)	18,67
Cellulose brute	7,1

2.2.2 ABATTAGE ET DÉCOUPE

A 24 semaines, 10 coqs de chaque lot ayant les meilleurs poids vifs ont été abattus pour l'évaluation de la qualité des viandes à différentes périodes de maturation post-mortem. Tous les oiseaux ont été pesés et ont subi une diète hydrique de

24heures pré-abattage. Ils ont ensuite été étourdis avant l'abattage et saignés par section de la veine jugulaire et de l'artère carotide puis échaudés dans une eau chaude (50-60 °C), plumés manuellement, éviscérés et nettoyés selon la méthode décrite par [15].

Après abattage, les carcasses de chaque lot de l'étude ont été conservées au réfrigérateur à une température de 4 °C pendant la durée de l'expérimentation (24 h).

2.2.3 COLLECTE DES DONNÉES

2.2.3.1 EVALUATION DU RENDEMENT DE LA CARCASSE ET DE LA QUALITE TECHNOLOGIQUE DE LA VIANDE

Le poids vif à l'abattage, le poids de la carcasse chaude et celui de la carcasse froide ont été mesurés. Les rendements de la carcasse à 1 heure et à 24 heures post-mortem ont été calculés selon la formule [15]:

$$Rendement\ carcasse\ (\%) = \frac{Poids\ carcasse\ ressuyée}{Poids\ carcasse\ chaude} \times 100$$

Le muscle du bréchet a été utilisé pour les mesures du pH et de la capacité de rétention d'eau de la carcasse [15].

Les mesures de pH ont été réalisées par lot dans le muscle *Pectoralis major* du bréchet selon la méthode utilisée par [15] à 1 heure, 24 heures et 48 heures *post-mortem*.

La capacité de rétention d'eau de la viande a été déterminée par la somme de la perte d'eau au ressuyage et de la perte d'eau à la cuisson. Les pertes d'eau au ressuyage de la carcasse ont été obtenues par le rapport de la différence de masse de la viande avant et après ressuyage au réfrigérateur à 4 °C à 1 heure, 24 heures et 48 heures *post-mortem* et le poids initial de la carcasse [15].

$$Perte\ d'eau\ \text{à}\ l'écoulement\ (\%) = \frac{Perte\ de\ poids\ au\ ressuyage}{Poids\ initial\ de\ l'échantillon} \times 100$$

Les pertes d'eau à la cuisson du bréchet ressuyé ont été obtenues par le rapport de la différence de masse du morceau de viande avant et après cuisson au bain-marie à 95 °C et du poids du morceau de viande avant cuisson [18]. Les valeurs ont également été déterminées à 1 heure, 24 heures et 48 heures *post-mortem*.

$$Perte\ d'eau\ \text{à}\ la\ cuisson\ (\%) = \frac{Perte\ de\ poids\ \text{à}\ la\ cuisson}{Poids\ du\ bréchet\ ressuyé} \times 100$$

$$Capacité\ de\ rétention\ d'eau\ (\%) = Perte\ d'eau\ \text{à}\ l'écoulement + Perte\ d'eau\ \text{à}\ la\ cuisson$$

2.2.3.2 QUALITE NUTRITIONNELLE ET SENSORIELLE DE LA VIANDE

Les teneurs en eau et en matière sèche ont été déterminées par gravimétrie par séchage de 6 g de l'échantillon du muscle du bréchet à l'étuve à 105 °C pendant 6 heures selon la méthode décrite par [16] et conformément à la norme NF V 04-401 d'avril 2001. La Teneur en cendres totales a été déterminée selon la norme NF V 04-404 d'avril 2001 [16] par incinération de 6 g d'échantillon dans un four maintenu à une température de 550 °C pendant 24 h. La teneur en matière grasse a été déterminée par traitement de l'échantillon au HCl, filtration, extraction de la matière grasse et expression des résultats en g/100g de matières fraîches [16] conformément à la norme NF V 04-402 de janvier 1968 (ISO 1443: 1973). La teneur en protéine brute a été calculée à partir de la détermination de l'azote totale par la méthode de Kjeldahl (minéralisation, distillation, titrage) selon la norme ISO 59836-1: 2006 /AC: 2009 [14].

2.3 ANALYSES STATISTIQUES

Les données collectées ont été analysées avec le logiciel Statistical Analysis System (SAS 9.2). La procédure des Modèles Linéaires Généralisée (Proc GLM) a été utilisée pour l'analyse de variance. Le système de production et le temps de maturation ont été utilisés comme sources de variation. La significativité de chaque effet a été déterminée par le test de Fisher. Les moyennes seront comparées deux à deux par le test de t de student.

3 RESULTATS

3.1 EFFET DU SYSTEME DE PRODUCTION SUR LE RENDEMENT DE LA CARCASSE ET QUALITE TECHNOLOGIQUE DE LA VIANDE

Les tableau 2 et 3 présentent respectivement l'influence du système de production sur le rendement de la carcasse et la qualité technologique de la viande des coquelets Croisés F1 (Holli x Fulani) du Bénin selon le type de muscle. Il en ressort que le rendement de la carcasse 1 h après abattage et le rendement de la carcasse 24 h après abattage ont significativement varié (P<0,01) en fonction du système de production avec les valeurs les plus élevées enregistrées chez les poulets Croisés F1 (Holli x Fulani) élevés selon le système d'élevage moderne conventionnel (Lot1).

Sur le plan technologique, il ressort du tableau 3 que le système de production a influencé seulement le pH enregistré à 24h post-mortem (5,92 vs 5,88; P<0,05), la luminance (57,98 vs 59,4; P<0,01), l'indice du jaune (3,46 vs 4,51; P<0,01); la chromacité (8,43 vs 9,09; P<0,01) et la capacité de rétention d'eau de la viande (28,47 vs 31,68; P<0,01). Des variabilités importantes de la qualité technologiques de la viande ont été aussi enregistrées selon le type de muscle avec les plus faibles pH et CRE et la plus forte valeur de luminance enregistrée au niveau du bréchet (P<0,01; tableau 3).

Tableau 2. Effet du système de production sur le rendement de la carcasse

Variables	Système moderne	Système traditionnel	Test de Significativité
	Moyenne ± ES	Moyenne ± ES	
Poids vif	1280.1a ± 15.3	1160.4b ± 12.5	**
Poids Carcasse chaude	1006.7a ± 13.6	920.8b ± 15.3	**
Poids Carcasse froide	988.20a ± 15.29	900.1b ± 15.4	**
Rendement de la carcasse à 1 h post-mortem	78.64a ± 0.30	79.39a ± 0.31	**
Rendement de la carcasse à 24 h post-mortem	77.18a ± 0.2	77.59a ± 0.34	*

**: P<0,05; **: P<0,01.*

Tableau 3. Effet du système de production sur le rendement de la carcasse et qualité technologique de la viande

Variables	Muscle		Système de production		RSD	Effet type de Muscle	Effet du système de production
	Brechet	Cuisse	Traditionnel	Moderne			
pH1	5,77a	5,97b	5,87a	5,87a	0,23	**	NS
pH4	5,62a	5,82b	5,74a	5,71a	0,22	**	NS
pH8	5,7a	5,89b	5,79a	5,8a	0,22	**	NS
pH12	5,79a	5,93b	5,84a	5,88a	0,23	**	NS
pH24	5,74a	5,95b	5,92a	5,88a	0,22	**	*
L*	59,98a	48,09b	57,98a	59,4b	5,41	***	**
a*	3,68a	13,60b	7,21a	7,56a	1,62	***	NS
b*	3,24a	4,81b	3,46a	4,51b	2,05	**	**
Teinte	1,52a	3,34b	2,25a	2,1a	2,73	***	NS
Chromacité	5,43a	14,30b	8,43a	9,09b	2,14	***	**
CRE	27,61a	33,46b	28,47a	31,68b	4,2	**	**

*RSD: Erreur standard résiduelle; NS: P>0,05; *: P<0.05; **: P<0.01; ***: P<0.001. Les moyennes interclasses de la même ligne suivi de lettres différentes diffèrent significativement au seuil de 5%; pHi= pH au jour i.*

3.2 EFFET DU SYSTEME DE PRODUCTION SUR LA QUALITE NUTRITIONNELLE DE LA VIANDE

Sur le plan nutritionnel, le système de production n'a pas affecté significativement les teneurs en matières sèche et en minéraux totaux de la viande des poulets Croisés F1 (Holli x Fulani). Par contre, les teneurs en matières grasses et en protéine ont varié significativement selon le système de production avec la plus faible teneur en matière grasse (1,72% vs 2,3%) et la plus forte teneur en protéine grasse (20,96% vs 20,01%) enregistrées au niveau des échantillons de viande du système traditionnel (P<0,001).

Par ailleurs, un impact significatif de la région anatomique de la viande a été noté sur la qualité nutritionnelle des échantillons étudiés. En effet, la viande de la cuisse des poulets Croisés F1 (Holli x Fulani) a enregistré les teneurs en en matière sèche, en cendre totale, en matière grasse et en matière azotée totale respectives de 23,98%, 1,1%, 2,95% et 19,76% contre

les valeurs respectives de 23,76%, 0,96%, 0,95%et 21,23% pour le bréchet (P<0,05). La variabilité de la composition en macronutriments de la viande selon le système de production et le type de muscle est consignée dans le tableau 4.

Tableau 4. ***Effet du système de production sur la qualité nutritionnelle de la viande des Croisés Holli x Fulani***

Variables	Type de muscle		Système de production		RSD	Effet type de Muscle	Effet du système de production
	Brechet	Cuisse	Traditionnel	Moderne			
Teneur en Matière Sèche (g/100g MS)	23,76a	23,98b	23,95a	23,87a	0,86	**	NS
Teneur en cendre totale (g/100g MS)	0,96a	1,1b	0,99a	0,98a	0,15	*	NS
Teneur en Matière grasse (g/100g MS)	0,95a	2,95b	1,72a	2,3b	0,46	***	***
Teneur en protéine (g/100g MS)	21,23a	19,76b	20,96a	20,01b	0,8	***	***

*MS: Matière Sèche;. RSD: Erreur standard résiduelle; NS: P>0,05; *: P<0.05; **: P<0.01; ***: P<0.001. Les moyennes interclasses de la même ligne suivi de lettres différentes diffèrent significativement au seuil de 5%.*

3.3 VARIATION DE LA QUALITE SENSORIELLE DE LA VIANDE EN FONCTION DU SYSTEME DE PRODUCTION ET DE LA DUREE DE MATURATION

Les figures 2 et 3 présentent respectivement le profil sensoriel de la viande selon le système de production et la durée de maturation. Il en ressort que les viandes des poulets élevés selon le système de production traditionnelle avec accès au pâturage naturel ont enregistrées les meilleurs scores de flaveur, de tendreté, de jutosité, de couleur et de goût. De même, les viandes préparées après 24 heures de maturation ont reçu également les meilleurs scores pour tous les paramètres sensoriels évalués.

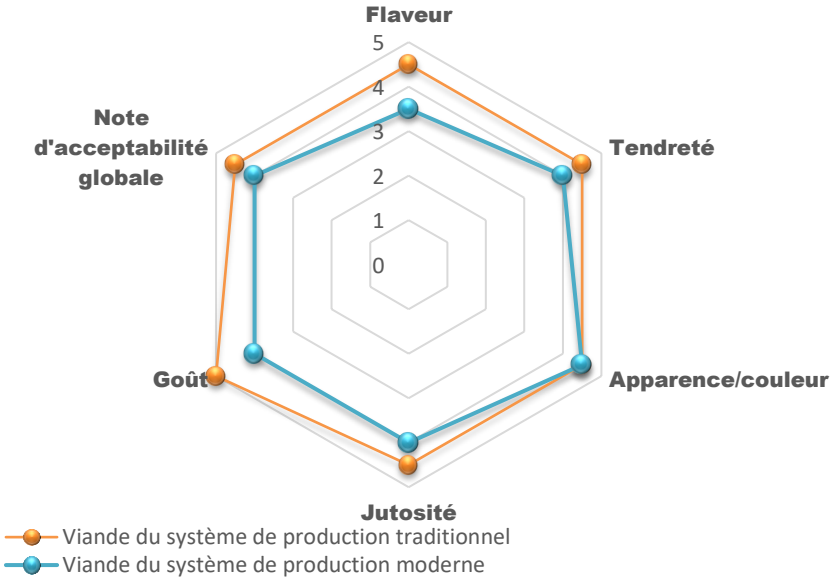


Fig. 2. ***Variation de la qualité sensorielle de la viande en fonction du système de production***

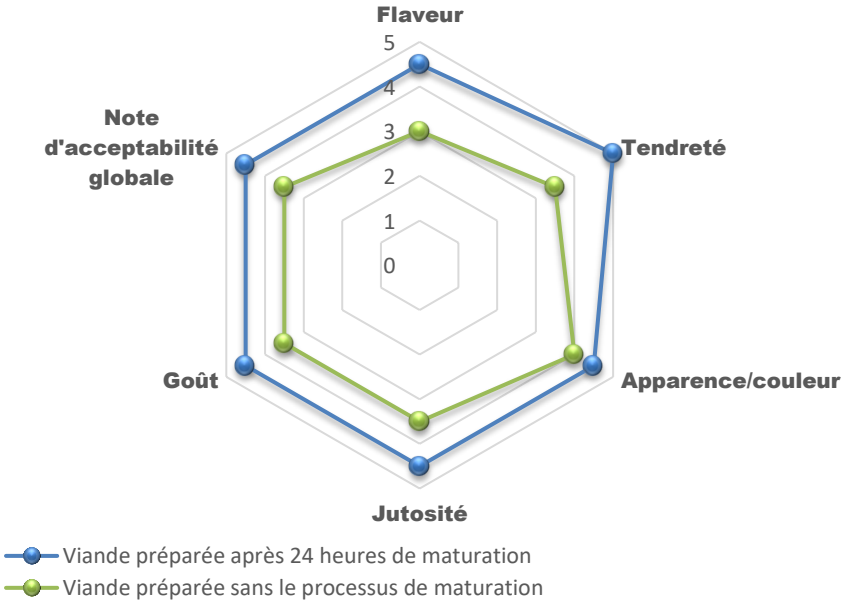


Fig. 3. Variation de la qualité sensorielle de la viande en fonction de la durée de maturation

3.4 Evolution De La Couleur (CIE L* A* B*), Du Ph Et De La Capacite De Retention D'eau En Fonction De La Duree De Maturation

Les figures 4,5 et 6 présentent l'évolution de la couleur (CIE L* a* b*), du pH et de la capacite de rétention d'eau de la viande selon la durée de maturation. Il en ressort que la durée de maturation a influencé significativement la luminance, l'indice du rouge et l'indice du jaune de la cuisse et du bréchet. Il en est de même pour la capacité de rétention d'eau de la cuisse et du bréchet. Dans l'ensemble, l'indice du blanc de la cuisse a augmenté d'une heure à 8 heures post-mortem alors que les indices du rouge et du jaune ont baissé pendant cette période de maturation. Cette tendance de la luminance de la cuisse a chuté de la 8ème heure à la 12ème heure avant d'évoluer en dent de scie avant d'atteindre sa valeur minimale à 24 heures post-mortem. Au niveau du bréchet, l'indice du blanc a baissé d'une heure à 8 heures post-mortem alors que l'indice du rouge a augmenté pendant cette période de maturation, l'indice du jaune est resté quasi constant. De 8 heures à 12 heures post mortem, la luminance a augmenté significativement avant d'évoluer en dent de scie jusqu'à à 24 heures post-mortem.

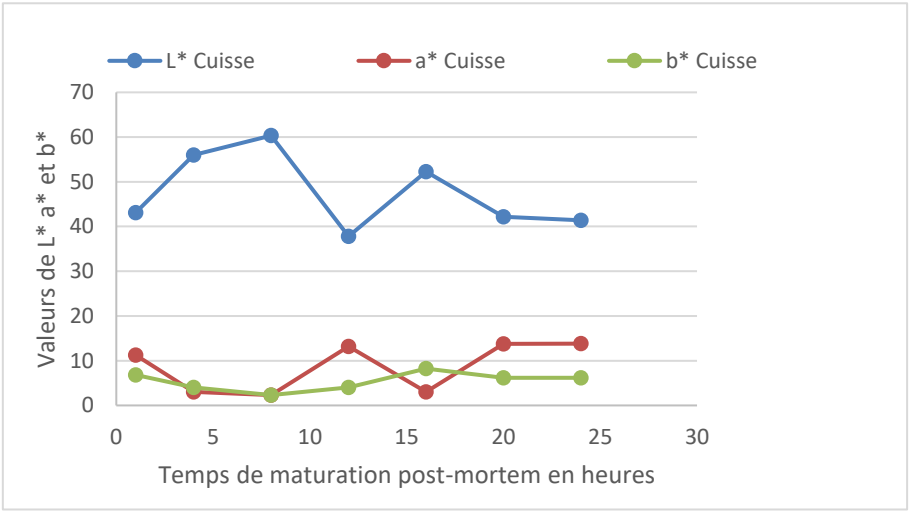


Fig. 4. Evolution de la couleur (CIE L a* b*), de la cuisse en fonction de la durée de maturation*

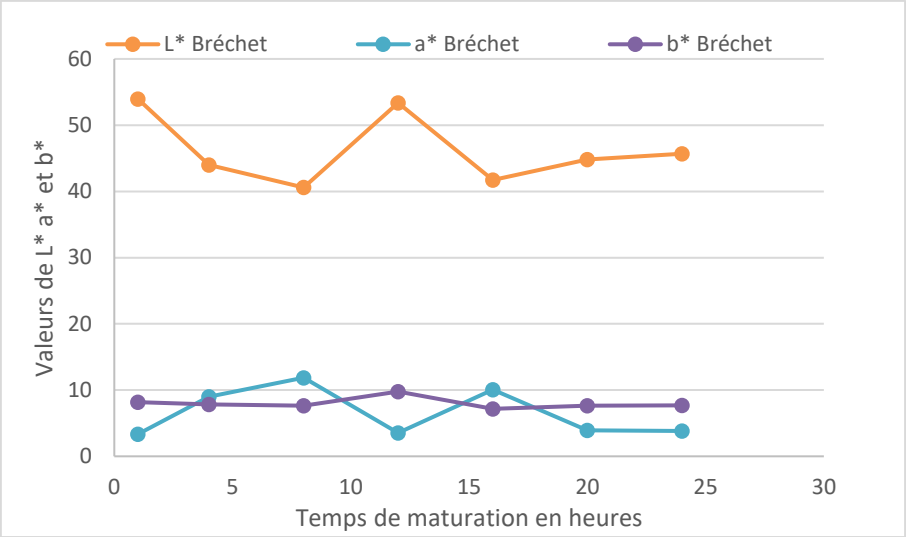


Fig. 5. Evolution de la couleur (CIE L a* b*) du bréchet en fonction de la durée de maturation*

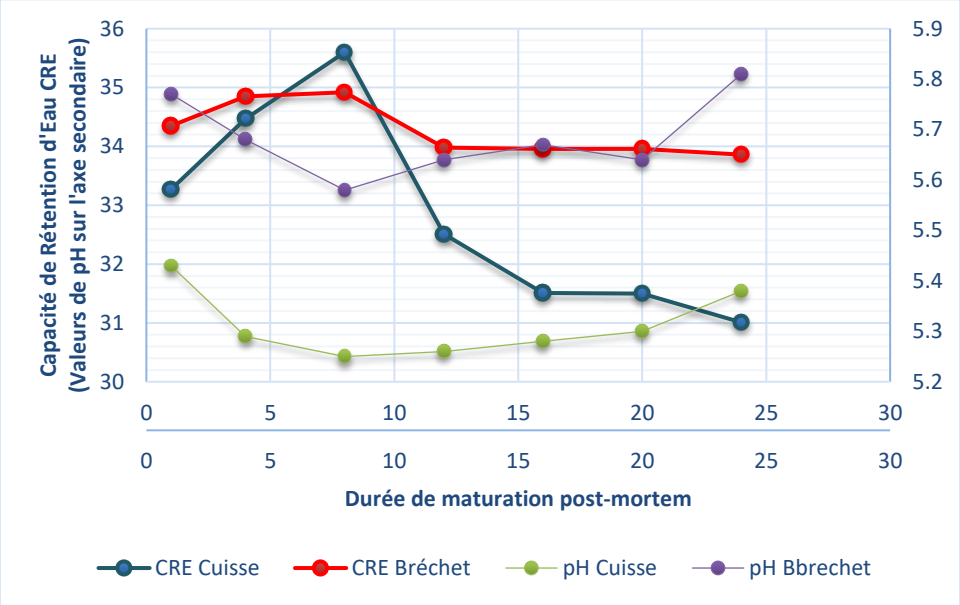


Fig. 6. Evolution de la capacité de rétention d'eau de la viande en fonction de la durée de maturation

4 DISCUSSION

4.1 INFLUENCE DU SYSTEME DE PRODUCTION SUR LE RENDEMENT DE LA CARCASSE, LA QUALITE TECHNOLOGIQUE ET NUTRITIONNELLE DE LA VIANDE

Il ressort de la présente étude que le rendement de la carcasse 1 h après abattage et le rendement de la carcasse 24 h après abattage des poulets Croisés F1 (Holli x Fulani) ont été significativement affectés par le système de production. Cette variabilité du rendement de la carcasse en fonction du système de production est largement documentée dans la littérature scientifique [14], [15], [16], [17], [20], [21]. Les variabilités des caractéristiques de la carcasse des poulets peuvent être dues à plusieurs facteurs comme le génotype, l'âge, le sexe, le système de production, l'alimentation, les restrictions hydrique et alimentaire, le transport, le mode d'abattage, la durée de maturation de la viande [15]. Des valeurs de rendements inférieurs ont été enregistrées par [5] pour le rendement de la carcasse à 1 h (78,29 %) et à 24 h post-mortem (76,61 %). Ces différences pourraient être dues aux poids des poulets utilisés dans l'étude. En effet, selon [22], les poulets qui ont un faible poids vif à l'abattage présentent une valeur relative plus élevée du rendement de la carcasse et du bréchet.

Sur le plan technologique, il ressort de l'étude que le système de production a influencé le pH enregistré à 24h post-mortem, la luminance, l'indice du jaune; la chromacité et la capacité de rétention d'eau de la viande. Des variabilités importantes de la qualité technologiques de la viande ont été aussi enregistrées selon le type de muscle avec les plus faibles pH et CRE et la plus forte valeur de luminance enregistrée au niveau du bréchet.

Des effets similaires du système de production et des facteurs *ante-mortem* sur les attributs de la qualité de la viande ont été rapportés par [14], [15], [18], [22], [23], [24], [25]. Selon [24], la qualité de la viande peut être décomposée en six dimensionnions (commerciale, organoleptique, nutritionnelle, technologique, sanitaire et d'image). Elle est conçue et peut se détériorer tout au long du processus de production, depuis la conception de l'animal jusqu'à la fourchette. Les valeurs de pH enregistré à 24h post-mortem, la luminance, l'indice du jaune; la chromacité et la capacité de rétention d'eau de la viande des poulets Croisés F1 (Holli x Fulani) obtenues dans la présente étude sont comparables aux valeurs mesurées et rapportées par [15], [18], [23], [24].

Les auteurs [26], ont évalué les caractéristiques de la carcasse et les attributs de qualité de la viande des poules pondeuses réformées élevées dans des systèmes conventionnels en cages sur batterie et le système d'élevage en plein air. Selon ces auteurs, les poules en cage avaient des carcasses chaudes et froides, des cuisses, des ailes et des pattes plus lourdes ($P< 0,05$). Les pourcentages de bréchet, de cuise-pilon et des pertes de jus à la cuisson de la cuisse et du bréchet étaient plus élevés ($P< 0,05$) pour les poules élevées en liberté que pour celles en cage. Les résultats de ces auteurs ont également montré que les poules élevées en plein air avaient des rendements en viande désossées et de poids de bréchet plus faibles ($P< 0,05$). De plus, les valeurs de l'indice du Rouge de la peau, de la cuisse et bu bréchet, de la teinte de la cuisse et bu bréchet, et de la texture instrumentale mesurée par la force de cisaillement (N), les teneurs en eau du bréchet et de la cuisse étaient plus élevés ($P< 0,05$) pour les poules élevées en plein air [26]. Par contre, selon ces auteurs, les poules élevées en cage avaient un les pertes de jus au ressuyage et les teneurs en minéraux totaux de la cuisse les plus élevé ($P< 0,05$). De pareils effets du système de production sur les propriétés de la qualité de la viande ont été aussi observés dans la présente étude.

Sur le plan nutritionnel, il ressort de l'étude que les caractéristiques nutritionnelles de la viande de poulet Croisés F1 (Holli x Fulani) du Bénin a varié significativement selon le système de production. Des effets similaires ont été rapportés dans la littérature scientifiques. Cette différence de caractéristiques de la carcasse et de la qualité de la viande selon le système de production peut être liée à la variabilité des apports alimentaires selon le mode d'élevage. Selon [19], le mode d'alimentation peut affecter ou modifier fortement les caractéristiques de la viande de poulet.

Des travaux antérieurs à la présente étude [16] ont rapporté que la viande de poulet d'écotype Holli du Bénin à une composition nutritionnelle de 23,38 % de matière sèche; 0,99 % de cendre totale; 1,99 % de matière grasse et 20,41 % de matière azotée totale. Celle des poulets Fulani contient 23,72% de matière sèche, 0,98% de minéraux totaux, 1.83% de matière grasse et 20,91% de protéine [16]. En dehors de la matière grasse qui est plus élevée dans la présente étude (2,87 % et 2,71 %), ces résultats sont similaires aux observations de cette étude. Des résultats similaires ont également été enregistrés par [27] dans le bréchet de poulet (teneur en eau 75,47%; teneur en protéine 22,04%; teneur en matière grasse 1,05% et teneur en cendre totale 1,07%). Ces importantes variabilités de la teneur en matière grasse de la viande pourraient être dues à des différences méthodologiques dans le prélèvement des échantillons. Certains auteurs analyse la composition en matière grasse dans la viande et d'autres l'analyse dans le muscle et la peau, ainsi la matière grasse sous-cutanée pourrait être ou non inclus dans l'évaluation et affecter le contenu en matière grasse de la viande. De plus, [17] ont rapporté des valeurs de 27,78% et 29,88% pour la matière sèche; 26,60% et 25,49% pour la teneur en protéine et 9,72% et 9,92% pour la matière grasse dans le bréchet des poulets de chair respectivement de souche Arbor acre et Marshal MY qui sont supérieures aux valeurs obtenues dans la présente étude.

4.2 VARIATION DE LA QUALITE TECHNOLOGIQUE DE LA VIANDE EN FONCTION DE LA DUREE DE MATURATION

Dans la présente étude, la durée de maturation a influencé significativement la luminance, l'indice du rouge et l'indice du jaune de la cuisse et du bréchet. Il en est de même pour la capacité de rétention d'eau de la cuisse et du bréchet. Des observations similaires ont été rapportées par [28], [29], [30], [31], [32] et [33]. Des études de [28], il apparait une diminution progressive du pH du bréchet au cours des quatre premières heures de maturation et une maturation supplémentaire jusqu'à 24h n'a pas apporté de changement significatif sur la valeur du pH. Toutefois, [29] ont relevé un effet significatif ($P<0,01$) de la durée de maturation de la viande sur le pH de la viande chez les bovins. Mais selon ces mêmes auteurs, ces variations du pH au cours de la maturation de la viande pourraient indiquer que la glycolyse post-mortem a pris un cours anormal dans leur étude. Les résultats de [20] ont également montré que le pH de la viande après découpe a été significativement affecté par l'âge à l'abattage et la durée de maturation de la viande ($p <0,05$). La valeur du pH du muscle du bréchet à 0 h de maturation (6,13) était similaire à celle après 4 h de maturation (6,16), mais moins élevé que la valeur du pH enregistré après 24 h de maturation de la viande (6,19). Les auteurs [34] et [35] ont observé que la perte d'eau à la cuisson du muscle du bréchet des

poulets de chair augmente avec l'évolution de la durée de maturation de la viande. [33], et [35] ont enregistré une augmentation du rendement de la carcasse et une réduction des pertes de jus à la cuisson de la viande lorsque la durée de maturation passe de 0 à 24 heures. En effet, le rétrécissement des fibres après cuisson fait pression sur l'eau libre située entre les fibres et force sa sortie par évaporation. Une influence de la maturation de la viande est l'augmentation de l'espace entre les fibres musculaires [30]. Ainsi, lorsque la durée de maturation de la viande est plus longue, la pression exercée sur l'eau libre est plus faible pendant la cuisson, entraînant une perte de poids plus faible. Par contre, selon certains auteurs [21] dans l'étude sur les effets de la souche sur les performances de croissance, et de l'âge à l'abattage et de la durée de maturation sur les paramètres de qualité de la viande des poulets de chair ont rapporté un effet non significatif (P>0,05) de la durée de maturation sur le pH de la viande des poulets de chairs de souches Lohman et Hubbard. Des résultats similaires ont également été rapportés par des auteurs qui n'ont observé aucune variation significative du pH de la viande en fonction de la durée de maturation pendant 14 jours [28] et pendant 21 jours [45] chez les bovins. Dans l'étude de [46] sur la maturation de la viande de porc, ont observé un effet non significatif de la durée de maturation sur le pH ultime de la viande comprise entre 5,67 et 5,69.

4.3 EFFET DU SYSTEME DE PRODUCTION ET DU TEMPS DE MATURATION SUR LA QUALITE SENSORIELLE DE LA VIANDE

Le temps de maturation *post-mortem* a une influence sur les changements des précurseurs de saveur de la viande de poulet. Généralement, pendant la maturation post-mortem à 0-4 °C, la concentration de ces métabolites dans les muscles de poulets change de façon dynamique. Seule une maturation post-mortem suffisante garantit une conversion adaptée du muscle en viande savoureuse [11]. Plus la teneur en précurseurs de saveur produits pendant la maturation est élevée, meilleure est l'arôme du poulet cuit correspondant. Par conséquent, le contrôle du processus de maturation post-mortem est un moyen efficace d'améliorer la qualité sensorielle de la viande [12], [13]. Les caractéristiques sensorielles des viandes de poulet dépendent des matières premières entrant dans la composition de l'aliment tels que l'huile, les farines de poisson [36]. La viande de poulets de chair nourris au sucre était plus tendre que la viande de leurs homologues de contrôle. L'étude de [37] sur la substitution du maïs par le sorgho dans l'alimentation des poulets de chair montre non seulement une corrélation négative significative entre la diminution du pH de la viande mais aboutir aussi à une viande plus pâle.

5 CONCLUSION

Le système de production, la durée de maturation et le type de muscle (région anatomique) ont une influence significative sur les caractéristiques des carcasses et la qualité de la viande des poulets hybrides issus de croisement entre les écotypes parentaux locaux Holli et Fulani. Le système de production en plein air avec accès au pâturage naturel a amélioré significativement les attributs de la viande. De même, les viandes soumises au processus de maturation pendant au moins 24 ont présenté les meilleurs scores sensoriels. Sur plan nutritionnel, la viande de la cuisse est plus riche en minéraux et en matière grasse alors que le bréchet est plus riche en protéine. Il serait également intéressant de déterminer la composition chimique proximale des prises alimentaires des poulet hybrides F1 (Holli x Fulani) du Bénin élevé avec accès au parcours naturel.

REMERCIEMENTS

Les auteurs remercient infiniment l'unité de recherche "Qualité et Sécurité des Produits Agro-alimentaire/LARAEQ/FA/ Université de Parakou.

REFERENCES

[1] FAO, FIDA, OMS, PAM, and UNICEF, «L'État de la sécurité alimentaire et de la nutrition dans le monde. Se prémunir contre les ralentissements et les fléchissements économiques», Rome, FAO. 253p, 2019.

[2] P. U. Tougan, E. Yayi-Ladekan, I. Imorou-Toko, C. Guidime, and A. Thewis, «Dietary behaviors, food accessibility, and handling practices during SARS-CoV-2 pandemic in Benin», *The North African Journal of Food and Nutrition Research. Special Issue* (2020); 04 (10): S08- S18, 2020. https://doi.org/10.5281/zenodo.4266796.

[3] OCDE and FAO, Perspectives agricoles de l'OCDE et de la FAO 2016-2025. Statistiques agricoles de l'OCDE (base de données), *http://dx.doi.org/10.1787/agr-data-fr,* 2016.

[4] FAO, «Revue du secteur avicole: Synthèse des rapports d'évaluation de la structure et de l'importance du secteur avicole commercial et familial en Afrique de l'Ouest». *Organisation des Nations Unies pour l'Alimentation et l'Agriculture; 68 pages.* 2014.

[5] P.U. Tougan, A. K. I. Youssao, M. Dahouda, C. F. A. Salifou, G. S. Ahounou, M. Kpodekon, G. A. Mensah, D. N. Kossou, C. Amenou, C. Kogbeto and A. Thewis, «Variability of carcass traits of local poultry populations of *Gallus gallus* specie of Benin by genetic type, breeding mode and slaughter age». *International Journal of Poultry Science 12 (8): 473-483,* 2013b.
[6] FAOSTAT/Benin, «Base de données statistiques», consultée à l'adresse, http://countrystat.org/ben ou http://www.fao.org/economic/ess/countrystat/en/, 2020.
[7] A. Dal Bosco, C. Mugnai, S. Mattioli, A. Rosati, S. Ruggeri, D. Ranucci and C. Castellini, «Transfer of bioactive compounds from pasture to meat in organic free-range chickens». Poult. Sci., 95 (2016), pp. 2464-2471, 2016.
[8] S. Imathiu, Benefits and food safety concerns associated with consumption of edible insects, NFS Journal, 18 (2020), pp. 1-11, 2020.
[9] Y. B. Kim, D. H. Kim, S. B. Jeong, J. W. Lee, T. H. Kim, H. G. Lee and K. W. Lee, Black soldier fly larvae oil as an alternative fat source in broiler nutrition. Poult. Sci., 99 (2020), pp. 3133-3143, 2020.
[10] E. N. Sossidou, A. Dal Bosco, C. Castelini and M. A. Grashorn, «Effects of pasture management on poultry welfare and meat quality in organic poultry production systems». Worlds Poult. Sci. J., 71 (2015), pp. 375-384, 2015.
[11] D. Wojtysiak, J. Calik and J. Krawczyk, «Postmortem degradation of desmin and dystrophin in breast muscles from capons and cockerels». Ann. Anim. Sci, 19 (2019), pp. 835-846, 10.2478/aoas-2019-0034, 2019.
[12] Y. Hasegawa, T. Hara and T. Kawasaki, «Effect of wooden breast on postmortem changes in chicken meat». Food Chem, 315 (2020), Article 126285, 10.1016/j.foodchem.2020.126285, 2020.
[13] H. Wang, Y. Qin and J. Li, «Edible quality of soft-boiled chicken processing with chilled carcass was better than that of hot-fresh carcass». Food Sci. Nutr., 7 (2019), pp. 797-804, 10.1002/fsn3.928, 2019.
[14] P. U.Tougan, M. Dahouda, C. F. A. Salifou, G. S. Ahounou, M. T. Kpodekon, G. A. Mensah, A. Thewis and I. A. K. Youssao, «Conversion of chicken muscle to meat and factors affecting chicken meat quality: a review». *International Journal of Agronomy and Agricultural Research Vol. 3, No. 8, p. 1-20,* 2013a.
[15] P. U. Tougan, M. Dahouda, G. S. Ahounou, C. F. A. Salifou, M. T. Kpodekon, G. A. Mensah, D. N. F. Kossou, C. Amenou, C. E. Kogbeto, A. Thewis and I. A. K. Youssao, «Effect of breeding mode, type of muscle and slaughter age on technological meat quality of local poultry population of *Gallus gallus* species of Benin». *International Journal of Biosciences 3 (6): 1-17,* 2013d.
[16] P. U. Tougan, M. Dahouda, C. F. A. Salifou, G. S. Ahounou, M. T. Kpodekon, G. A. Mensah, D. N. F. Kossou, C. Amenou, C. E. Kogbeto, G. Lognay, A. Thewis and I. A. K. Youssao, «Assessment of nutritional quality of meat of local poultry population of Gallus gallus specie of Benin». *Journal of Animal and Plant Science, Journal of Animal and Plant Science, 19 (2): 2908-2922,* 2013e.
[17] O. M. Sogunle, L. T. Egbeyale, O. A. Alajo, O. O. Adeleye, A. O. Fafiolu, O. B. Onunkwor, J. A. Adegbite and A. O. Fanimo, «Comparison of meat composition and sensory values of two different strains of broiler chickens». *Arch. Zootec. 59 (226): 311-314,* 2010.
[18] P. U. Tougan, A. G. Bonou, T. Gbaguidi, G. B. Koutinhouin, S. Ahounou, Ch. Salifou, M. S. Zannou, G. A. Mensah, Y. Beckers, N. Everaert, A. Théwis and A. K. I. Youssao, «Influence of Feed Withdrawal Length on Carcass Traits and Technological Quality of Indigenous Chicken Meat Reared Under Traditional System in Benin». *J. World Poult. Res. 6 (2): 48-58,* 2016. *Journal homepage: www.jwpr.science-line.com*
[19] S. Jaturasitha, T. Srikanchai, M. Kreuzer and M. Wicke, «Differences in carcass and meat characteristics between chicken indigenous to Northern Thailand (Blackboned and Thai native) and improved extensive breeds (Bresse and Rhode Island Red) ». *Poult. Sci. 87: 160-169,* 2008.
[20] Y. A. Abdullah, M. M. Muwalla, H. O. Maharmeh, S. K. Matarneh and M. A. Abu Ishmais, «Effects of Strain on Performance, and Age at Slaughter and Duration of Post-chilling Aging on Meat Quality Traits of Broiler. *Asian-Aust. J. Anim. Sci. 23 (12): 1645-1656,* 2010.
[21] A. Y. Abdullah and S. K. Matarneh, «Broiler performance and the effects of carcass weight, broiler sex, and postchill carcass aging duration on breast fillet quality characteristics». *Journal of Applied Poultry Research 19, 46–58,* 2010.
[22] F. Guerder, E. Parafita, M. Debut and S. Vialter, «Première approche de la caractérisation technologique de la viande de poule pour une valorisation innovante». *8es Journées de la Recherche Avicole. St. Malo, 25&26 Mars 2009. 507–511,* 2009.
[23] V. Gigaud, A. Geffrard, C. Berri, E. Le Bihan-Duval, A. Travel et T. Bordeau, Conditions environnementales ante-mortem (ramassage-transport-abattage) et qualité technologique des filets de poulet standard«. *7èmes Journées de la Recherche Avicole (Tours, France), 470-474,* 2007.
[24] E. Baéza, L. Guillier, M. Petracci, «Review: Production factors affecting poultry carcass and meat quality attributes». Animal, 2022, 16 (Suppl. 1), pp.100331, 2022.
[25] T. C. Sartori and N. N. Terra, «Influence of ageing time on yield and texture of marinated chicken breast cooked using a continuous process». *Braz. J. Food Technol, Campinas, v. 17, n. 1, p. 2-7,* 2014.

[26] F. Semwogerere, J. Neethling †, V. Muchenje *, L.C. Hoffman, 2018. Effects of production systems on the carcass and meat quality characteristics of spent laying hens. oultry Science, Volume 97, Issue 6, 1 June 2018, Pages 1990-1997.
[27] E. Sosin-Bzducha and M. Puchała, «Effect of breed and aging time on physicochemical and organoleptic quality of beef and its oxidative stability». *Arch. Anim. Breed., 60, 191–198,* 2017. *https://doi.org/10.5194/aab-60-191-2017.*
[28] J. Nied´zwied´z, H. Ostoja and M. Cierach, «Texture of longissimus thoracis et lumborum muscles from beef cattle crossbreeds subjected to wet aging». *Acta Agrophysica, 19, 631–640,* 2012.
[29] A. Vautier, «Valeurs nutritionnelles de la viande de porc: facteurs de variation». *Version 2. Paris. 40p. pp6, 12, 14,* 2005.
[30] C. Duchene and G. Gandemer, «Qualité nutritionnelle des viandes: Synthèse de travaux récents sur le bœuf, le veau, l'agneau et la viande chevaline». *Journées nationales des groupements techniques vétérinaires, Nantes; 12 pp,* 2016.
[31] A. M. Scatolini, P. A. Souza, H. B. A. Souza, M. M. Boiago, E. R. L. Pelicano and A. Oda, «Efeito do período de desossa e do tempo de armazenamento sob refrigeração na qualidade de carne de peito de frangos». *Revista Portuguesa de Ciências Veterinárias, Lisboa, v. 101, n. 559-560, p. 257- 262,* 2006.
[32] C. M. Komiyama, M. R. F. B. Martins, A. A. Mendes, C. Sanfelice, M. C. S. Cañizares, L. Rodrigues and G. I. L. Cañizares, «Avaliação da técnica de maturação sobre a qualidade da carne e estrutura da fibra muscular do peito de matrizes pesadas de descarte de frangos de corte». *Brazilian Journal of Food Technology, Campinas, v. 15, II SSA, p. 89-93,* 2009.
[33] A. Souza, L. Kodawara, E. Pelicano, A. Oba, F. Leonal, E. Norkus and T. Lima, «Effect of deboning time on the quality of broiler breast meat (pectoralis major) ». *Braz. J. Poult. Sci.7: 123-128,* 2005.
[34] Y. Liu, B. G. Lyon, W. R. Windham, C. E. Lyon and E. M. Savage, «Principal component analysis of physical, color, and sensory characteristics of chicken breast deboned at two, four, six and twenty four hours *postmortem*». *Poultry Science, Champaign, v. 83, n. 1, p. 101-108,* 2004. *http://dx.doi.org/10.1093/ ps/83.1.101.*
[35] J. K. Northcutt, «Preslaughter factors affecting poultry meat quality», in: SAMS, A.R. (Ed.) Poultry meat processing, pp. 5-18, 2001. (New York, CRC Press).
[36] B. Sauveur, «Les critères et facteurs de la qualité des poulets Label Rouge». INRA Prod. Anim., 10, 219-226. 1997.
[37] R. G. Garcia, A. A. Mendes, C. Costa, I. C. L. A. Paz, S. E. Takahashi, K. P. Pelícia, C. M. Komiyama and R. R. Quinteiro, «Desempenho e qualidade da carne de frangos de corte alimentados com diferentes níveis de sorgo em substituição ao milho». Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia 2005; 57 (5): 634-643, 2005.
[38] R. Marino, M. Albenzio, A. Della Malva, M. A. Caroprese, Santillo, A. Sevi, «Changes in meat quality traits and sarcoplasmic proteins during aging in three different cattle breeds». https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2014.05.024. 2014.
[39] S. Thielke, S. K. Lhafi and M. Kuhne, «Effects of aging prior to freezing on poultry meat tenderness. *Poult. Sci.84: 607-612,* 2005.

International Journal of Innovation and Applied Studies
ISSN 2028-9324 Vol. 43 No. 4 Oct. 2024, pp. 1049-1061
© 2024 Innovative Space of Scientific Research Journals
http://www.ijias.issr-journals.org/

Caractérisation de la déformation des grès de Niamey (Bordure Nord-Est de la dorsale de Man, Liptako nigérien, Région de Niamey)

[Characterization of Niamey sandstone deformation (Northeastern edge of the Man ridge, Niger Liptako province, Niamey region)]

Hassan Ibrahim Maharou, Laouali Ibrahim Sarki, Salissou Abdoul Ganiou Amadou, and Moussa Konaté

Université Abdou Moumouni de Niamey, Faculté de Sciences et Techniques, Département de Géologie, Laboratoire de Géologie: Equipe Bassins et Géoressources, BP 10662, Niamey, Niger

Copyright © 2024 ISSR Journals. This is an open access article distributed under the ***Creative Commons Attribution License***, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

ABSTRACT: The Niamey sandstones belong to a group of Neoproterozoic (Infracambrian) deposits of the Nigerian Liptako, sporadically outcropping along the eastern edge of the West African Craton and following the Niger River valley. They rest in major unconformity on the Paleoproterozoic (Birimian) basement of the Niger Liptako. Previous work on these deposits has been fragmentary, particularly as regards their structure, and the investigations carried out aim to make up for these shortcomings. The aim of this study is to determine the deformations that have affected the Niamey sandstones. To achieve these objectives, an integrative approach based essentially on analyses and measurements of deformation structures in the field and their projections in the Win-Tenseur program, in order to calculate stress tensors (σ1, σ2, σ3), was implemented. Structural analysis has identified an extensive pre-Pan-African D1 phase, trending NNW-SSE to NNE-SSW, concomitant with the opening of the Neoproterozoic Ocean, and two Pan-African compressive episodes, NNW-SSE to NW-SE trending D2a and ENE-WSW trending D2b.

KEYWORDS: Niamey Sandstone, Neoproterozoic, Pan-African deformation, Niamey region, Niger Liptako province.

RESUME: Les grès de Niamey sont rattachés à un ensemble de dépôts néoprotérozoïques (infracambriens) du Liptako nigérien, affleurant de façon sporadique, le long de la bordure orientale du Craton Ouest Africain et suivant la vallée du *Fleuve Niger*. Ils reposent en discordance majeure sur le socle paléoprotérozoïque (birimien) du Liptako nigérien. Les travaux antérieurs relatifs à ces dépôts étant fragmentaires, notamment en ce qui concerne la structurale, les investigations menées visent à pallier ces insuffisances. L'objectif de cette étude est de déterminer les déformations qui ont affecté les grès de Niamey. Pour atteindre ces objectifs, une approche intégrant essentiellement basée sur des analyses et des mesures des structures de déformation sur le terrain ainsi que leurs projections dans le programme Win-Tenseur, afin de calculer les tenseurs de contraintes (σ1, σ2, σ3), a été mise en œuvre. L'analyse structurale a permis de déterminer: une phase extensive D1 anté-panafricaine, de direction NNW-SSE à NNE-SSW, qui est concomitante de l'ouverture de l'Océan néoprotérozoïque et deux épisodes compressifs panafricains, D2a de direction NNW-SSE à NW-SE et D2b de direction ENE-WSW.

MOTS-CLEFS: Grès de Niamey, Néoprotérozoïques, Déformation panafricaine, Région de Niamey, Liptako nigérien.

1 INTRODUCTION

Les grès de Niamey, appellation de [26], représentent des vestiges de séries de couverture situés entre les grès de Firgoun et les grès de Kirtachi (**Figure 1**) appartenant respectivement aux bassins de Taoudenni et des Voltas [26]. Selon cet auteur, il y'aurait une liaison pendant l'Infracambrien (Néoprotérozoïque) entre ces deux bassins de l'Afrique de l'Ouest. Les grès de Niamey affleurent à Tondibia et à Karey Gourou (**Figure 2**). Il s'agit de dépôts néoprotérozoïques, principalement des grès quartzitiques fins à moyens [23], [25]. Ce sont des dépôts gréseux plus jeunes que le socle paléoprotérozoïque (birimien), sur lequel ils reposent en discordance majeure, et plus anciens que le Continental terminal 3, qui les recouvre par une discordance de ravinement [26], [23], [25]. Les déformations affectant les dépôts néoprotérozoïques sont bien connues dans le bassin de Taoudenni (régions de Béli et de Firgoun) où les déformations ont été assimilés aux événements panafricains [27], [5]. Contrairement à ces régions, les travaux antérieurs sur les grès de Niamey n'ont pas porté un véritable accent concernant la déformation qui les a affectés. En effet, les études antérieures se sont limitées à des descriptions sédimentologiques [26], [23], [25] et à l'analyse sommaire de la fracturation [36], [3]. Ainsi, cette étude se propose de déterminer les déformations qui ont affecté les dépôts néoprotérozoïques de la région de Niamey. Pour atteindre cet objectif, une approche intégrant des mesures structurales sur le terrain et les analyses des tenseurs de contraintes (σ1, σ2, σ3) dans le programme Win-Tenseur (version 5.8.9) de [13] a été mise en œuvre.

Corresponding Author: Hassan Ibrahim Maharou

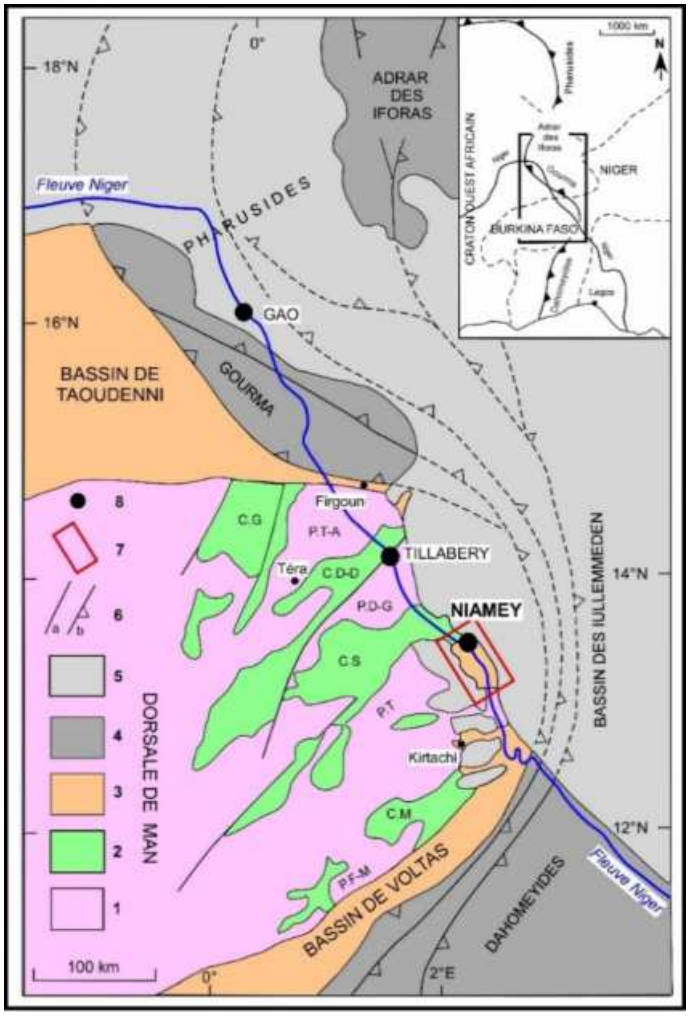


Fig. 1. Localisation de la région de Niamey dans le cadre structural du Liptako ([3] modifiée). (1) Massifs granito-gneissiques paléoprotérozoïques; (2) Ceintures schisteuses paléoprotérozoïques; (3) Formations néoprotérozoïques et paléozoïques des bassins de Taoudenni et de Voltas; (4) Formations impliquées dans l'orogénèse panafricaine (600 Ma); (5) Formations méso-cénozoïques à quaternaires du bassin des Iullemmeden; (6) Failles (a) et plans de charriage des nappes panafricaines (b); (7) Zone d'étude; (8) Villes. (C.G) Ceinture du Gorouol; (P.T-A) Pluton de Téra-Ayorou; (C.D-D) Ceinture de Diagorou-Darbani; (P.D-G) Pluton de Dargol-Gothèye; (C.S) Ceinture de la Sirba; (P.T) Pluton de Torodi; (C.M) Ceinture de Makalondi; (P.F-M) Pluton de Fayra-Mossipaga

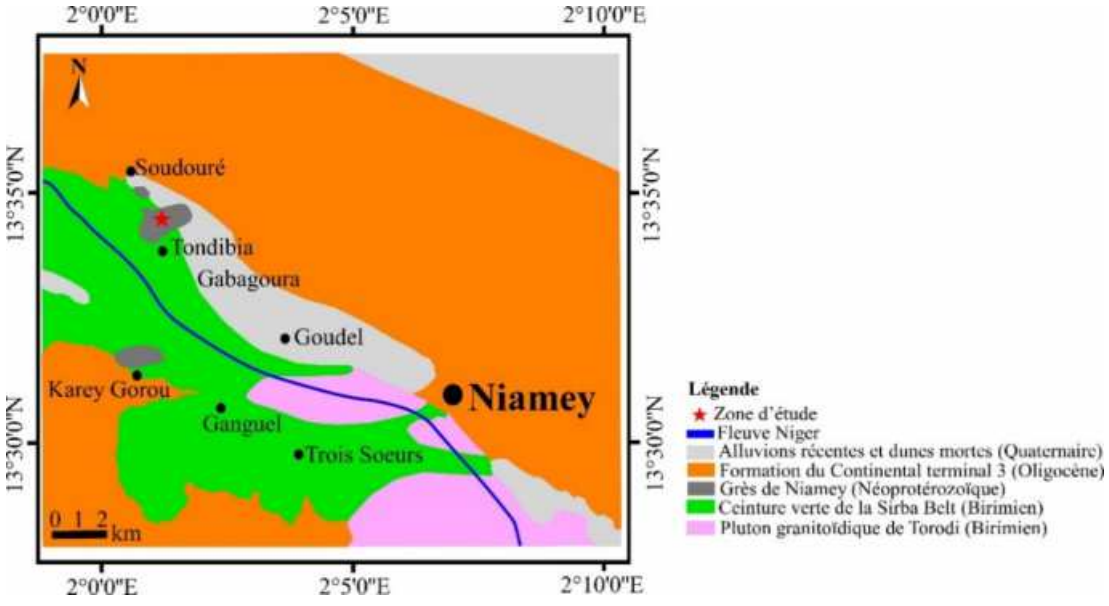


Fig. 2. Localisation des affleurements de Tondibia et de Karey Gorou dans la région de Niamey (extrait de la carte de [26])

2 CADRE GEOLOGIQUE

Du point de vue géologique, la région de Niamey appartient au Liptako nigérien qui correspond à la bordure nord-est de la dorsale de Man (domaine birimien de la dorsale de Man) [26], [11], [3], [28]. Le Liptako est limité: à l'Est par le bassin des Iullemmenden, au Nord par celui du Gourma et au Sud-Est par celui des Volta (**Figure 1**). Deux grands ensembles géologiques ont été distingués dans le Liptako nigérien: (1) le socle d'âge paléoprotérozoïque (birimien) (2300 à 2000 Ma [32]), affleurant sur les 2/3 de la région [26], [33], [31], [30], [34], [21], [17]; (2) une couverture sédimentaire qui regroupe des dépôts néoprotérozoïques (des grès de Niamey), oligocènes (du Continental terminal 3 (Ct^3)) et quaternaires [26], [3], [23], [25], [28], [5].

2.1 DEPOTS DU SOCLE PALEOPROTEROZOÏQUES

Le socle paléoprotérozoïque du Liptako nigérien est constitué par une alternance de ceintures de roches vertes et de plutons granitoïdiques (massifs granitiques) [26], [15], [6], [1], [32], [16], [21], [17] (**Figure 1**). Les ceintures de roches vertes sont constituées de métabasaltes, d'amphibolites, de roches grenues ultramafiques à mafiques, souvent transformées en talcschistes et chloritoschistes, de sédiments et de volcano-sédiments métamorphisés dans le faciès schistes verts à amphibolites [26], [6], [1], [32], [16], [17]. Les plutons granitoïdiques sont composés principalement de granites, de TTG (Tonalite, Trondhjémite, Granodiorite), de diorites et de diorites quartziques, de la monzonite et localement de la syénite [26], [1], [32], [31], [17].

2.2 DEPOTS NEOPROTEROZOÏQUES DES GRES DE NIAMEY

La colonne lithostratigraphique établie dans les grès de Niamey comprend trois lithofaciès qui sont, de la base au sommet: des grès quartzitiques à litages mamelonnés, des grès quartzitiques glauconieux et des diamictites présentant des galets à facettes [23], [25].

2.3 DEPOTS OLIGOCENES DU CONTINENTAL TERMINAL 3

Les dépôts du Continental terminal représentent les termes supérieurs du bassin des Iullemmeden [19]. Cet auteur a défini trois ensembles au sein de cette formation. Il s'agit, de la base au sommet, de la série: (1) sidérolithique de l'Ader Doutchi (Continental terminal 1 (Ct^1)); (2) argilo-sableuse à lignites (Continental terminal 2 (Ct^2)); (3) des grès argileux du Moyen Niger (Continental terminal 3 (Ct^3)). Le Continental terminal 3, seul ensemble du Continental terminal qui affleure dans le Liptako nigérien [22], [28] est une formation d'âge oligocène [9], essentiellement constituée d'une alternance de grès argileux et de grès oolithiques ferrugineux à niveaux indurés, plus ou moins associés à des tubulures termitiques [22], [28]. Le Ct^3 repose en discordance de ravinement sur les dépôts infracambriens et/ou en discordance majeure sur le socle paléoprotérozoïque [22], [28].

2.4 DEPOTS QUATERNAIRES

Les dépôts du quaternaires sont constituées d'alluvions, de dépôts latéritiques ferrugineux plus ou moins remaniés et des dunes qui recouvrent le Continental terminal 3 ou le socle paléoprotérozoïque [19], [14], [22], [28].

3 METHODOLOGIE

L'approche méthodologique adoptée est essentiellement basée sur des analyses et des mesures des structures de déformation sur le terrain. Les grès de Niamey sont affectés par des déformations: syn-lithification (représentées par des failles normales), syn- à post-lithification (représentées par des couloirs de cisaillement semi-ductiles, à schistosité associée à des plis anisopaques sigmoïdes et post-lithification (représentées par des microfailles décrochantes et des microfractures). Les différents plans mesurés ont été ensuite projetés dans le programme Win-Tenseur (version 5.8.9) de [13] afin de calculer les tenseurs de contraintes (σ1, σ2, σ3). En fonction des mesures relatives aux structures de déformation (direction, pendage, Azumit...), les tenseurs de contraintes (σ1, σ2, σ3) sont automatiquement calculés par le programme Win-Tenseur. Au total, 200 mesures ont été effectuées. Toutes ces mesures structurales ont été réalisées au moyen d'un compas à clinomètre.

4 RESULTATS

4.1 ANALYSE DE LA DEFORMATION

L'analyse des déformations des grès de Niamey a été réalisée dans deux secteurs: Tondibia et Karey Gorou. Les grès de Niamey sont affectés par plusieurs types de déformations: syn-lithification, syn- à post-lithification, post-lithification.

4.1.1 SECTEUR DE TONDIBIA

Dans le secteur de Tondibia, trois types de structures de déformation ont été recensés. Il s'agit: (1) des structures de déformation syn-lithification représentées par des failles normales à miroirs ondulés et à striations courbes; (2) des couloirs de cisaillement semi-ductiles syn- à post-lithification,

d'épaisseur pluridécimétrique à métrique (ces couloirs de cisaillement sont associés à des plis anisopaques sigmoïdes) (3) et des microfailles décrochantes et des microfractures tardives, post-lithification.

La déformation syn-lithification, dans le secteur de Tondibia, est représentée par des failles normales (**Figure 3**). Ces failles normales, d'orientation N70° à N85°, présentent des pendages de 60° à 80° NW. Elles affectent les niveaux gréseux intermédiaires. Leurs miroirs, pluridécimétriques à métriques, relativement courbes (**Figure 3-B**) présentent plusieurs types de tectoglyphes. Il s'agit des cannelures (**Figure 3-C**), des stries (**Figure 3-C**), des traces laissées par des objets striateurs associées à des figures de déchaussement (**Figure 3-C et Figure 3-D**) et des figures d'arrachement (**Figure 3-D**). La patine de ces miroirs a la même couleur que le sédiment. Les traces laissées par des objets striateurs ainsi que les figures d'arrachement sont des bons indicateurs de sens de déplacement. Dans le secteur de Tondibia-Soudouré, ces 2 types de structures ont permis de déduire les jeux normaux des failles observées. Les fortes valeurs de pitch observées (entre 50° et 80° W ou NW) sont en accord avec les jeux normaux de ces failles. Les miroirs courbes dénotent la forte ductilité du matériel au moment de la déformation. Ces observations confirment le caractère syn-lithification de ces failles normales.

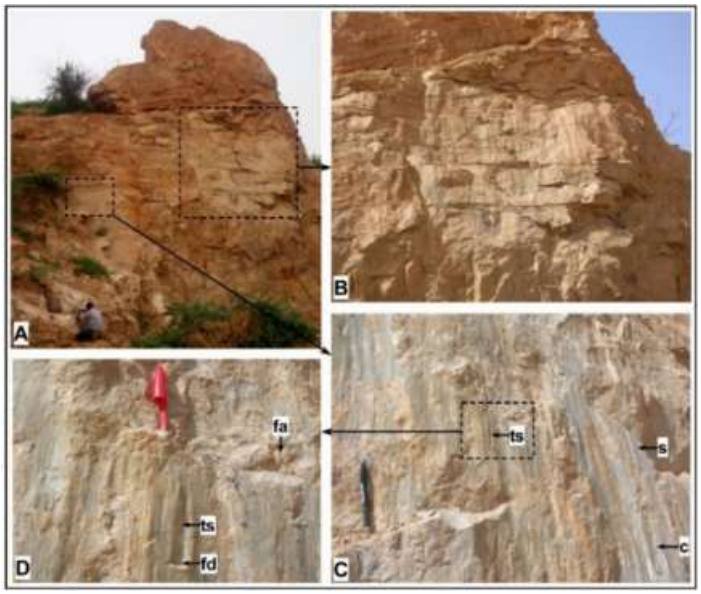


Fig. 3. Failles normales syn-lithification affectant les grès de Niamey (secteur de Tondibia). A: Zone de failles normales présentant plusieurs miroirs de direction moyenne N75° et de pendage moyen de 75° NW. B: Microfaille normale syn-lithification à miroir courbe. C: Différents types de tectoglyphes sur un miroir de microfaille normale syn-lithification. ts: trace laissée par un objet striateur, s: strie, c: cannelure. D: Détail d'une trace laissée par un objet striateur (ts) associée à une figure de déchaussement (fd), (fa) figure d'arrachement en forme de croissant

La déformation syn- à post-lithification est matérialisée par des couloirs de cisaillement ductiles à semi-ductiles, coalescents, dont la largeur peut atteindre 30 m (**Figure 4**). Dans ces couloirs de cisaillement a été observée une schistosité redressée (pendage 60° à 80° NW) d'orientation N60° à N80° (**Figure 4-C**). Cette schistosité montre un passage latéral à des plis anisopaques d'allure sigmoïde (**Figure 5-A**), à plans axiaux d'orientation moyenne N75°. Toutes ces structures sont scellées verticalement par les niveaux gréseux intermédiaires (**Figure 5-B**). Il faut noter que cette schistosité décrite dans les bancs gréseux de base affecte également les roches vertes du socle birimien sous-jacent (**Figure 4-B**).

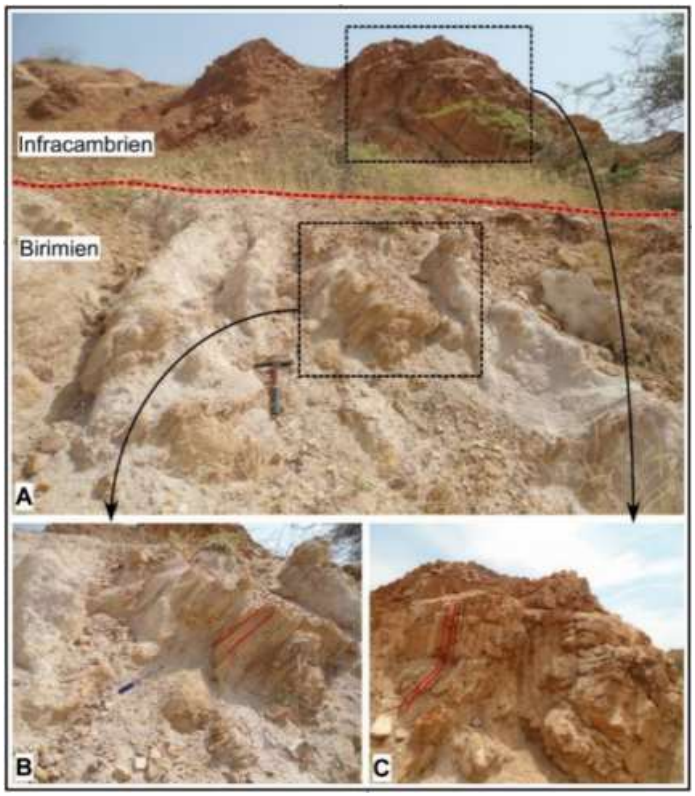


Fig. 4. Couloir de cisaillement ductile syn- à post-lithification (secteur de Tondibia). A: Discordance majeure entre les grès infracambriens et le socle birimien dans un couloir de cisaillement ductile. B: Schistosité N60° affectant une roche verte (birimienne). C: schistosité redressée d'orientation N75° affectant les grès de Niamey

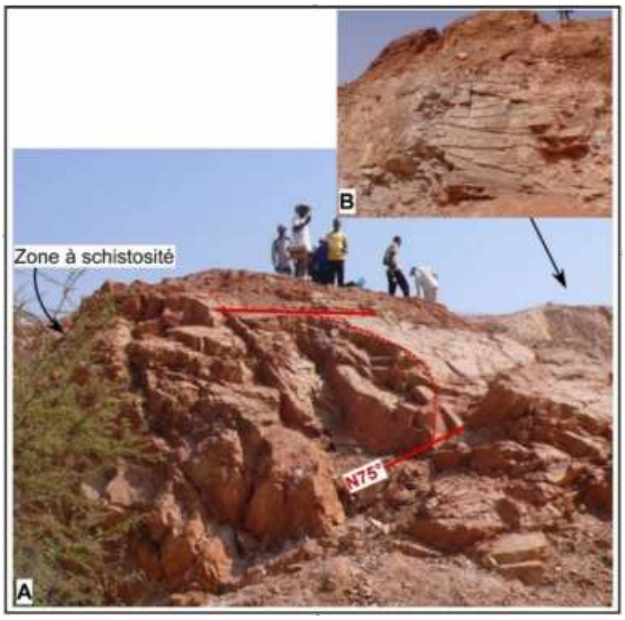


Fig. 5. Couloir de cisaillement ductile syn- à post-lithification (secteur de Tondibia-Soudouré). A: Plis anisopaques sigmoïdes, à plans axiaux orientés N75°. B: Niveaux gréseux supérieurs scellant le couloir de cisaillement ductile syn- à post-lithification

La déformation post-lithification est matérialisée par des microfailles décrochantes (**Figure 6**) et des microfractures (**Figure 7**), pluridécimétriques à métriques, d'orientation N135° à N170° et accessoirement N0° à N20°. Ces microfailles décrochantes et ces microfractures définissent des microcouloirs de cisaillement cassants, associés à des fortes cataclases du matériel gréseux. Ces observations confirment le caractère post-lithification de ces structures de déformation.

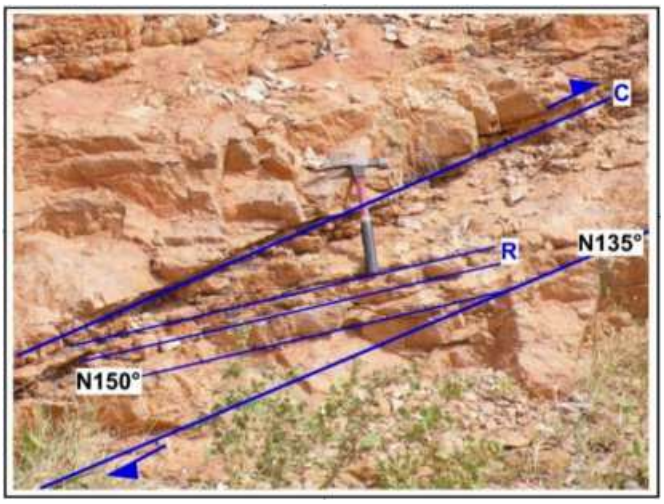


Fig. 6. Microcouloir de cisaillement dextre post-lithification affectant les grès de Niamey (secteur de Tondibia-Soudouré). Les plans C sont orientés N135° et les plan R, N150°. La fabrique R/C du couloir de cisaillement permet de déduire une direction moyenne de raccourcissent NNW-SSE

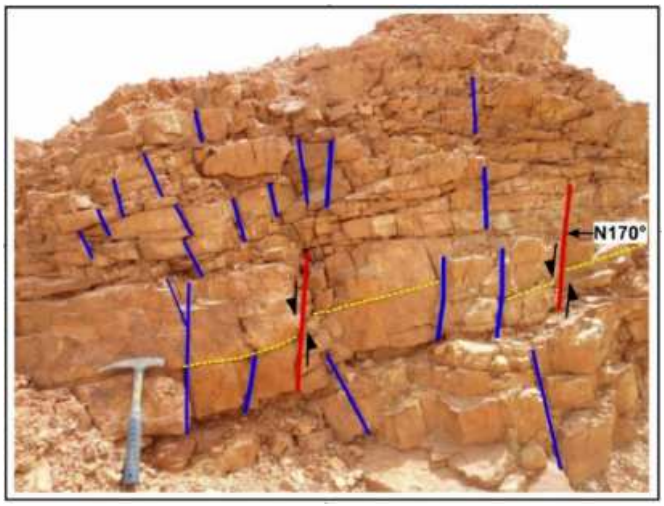


Fig. 7. Réseau de microfractures post-lithification (traits bleus) et de microfailles normales synsédimentaires (traits rouges), d'orientation moyenne N170°, affectant les grès de Niamey (secteur de Tondibia-Soudouré). Les tiretés jaunes montrent des niveaux déplacés par les microfailles normales synsédimentaires

4.1.2 SECTEUR DE KAREY GOROU

Les principales structures de déformation identifiées dans le secteur de Tondibia-Soudouré se retrouvent dans le secteur de Karey Gorou. Il s'agit: des failles normales syn-lithifications, des couloirs de cisaillement semi-ductiles syn- à post-lithifications, des microfailles décrochantes et des microfractures post-lithifications. La déformation syn-lithification est représentée par des failles normales d'orientation N90° à N110°, ayant un pendage compris entre 50° et 65° NW. Ces failles normales affectent les niveaux gréseux de bases et intermédiaires (**Figure 8**). Les miroirs de ces failles normales, relativement ondulés, présentent des stries courbes et des figures d'arrachement en forme de croissant (**Figure 8**). La patine de ces miroirs a la même couleur que le sédiment. Les miroirs ondulés dénotent la forte ductilité du matériel au moment de la déformation. Les fortes valeurs de pitch observées (entre 50° et 70° NW) sont en accord avec les jeux normaux de ces failles.

Fig. 8. Miroir ondulé de faille normale syn-lithification, de direction N100° et de pendage 60 NW, affectant les grès de Niamey (secteur de Karey Gorou). s: stries (traits rouges), (fa) figures d'arrachement en forme de croissant. Les tiretés jaunes indiquent l'allure ondulée du miroir

La déformation syn- à post-lithifiaction est matérialisée par des microcouloirs de déformations ductiles à semi-ductiles, de largeur métrique à pluridécimétrique (**Figure 9**). Ces microcouloirs de cisaillement sont marqués par une schistosité orientée N55° à N75°, fortement redressée (pendage 70° à 80° NW). Verticalement, ces microcouloirs de cisaillements, sont scellés par des niveaux gréseux intermédiaires. La **figure 9** illustre des microcouloirs de cisaillement ductiles à composante inverse, de nature syn- à post-lithification. Les plans C sont orientés N80° avec une schistosité de direction N65° (**Figure 9-A**) à N70° (**Figure 9-B**).

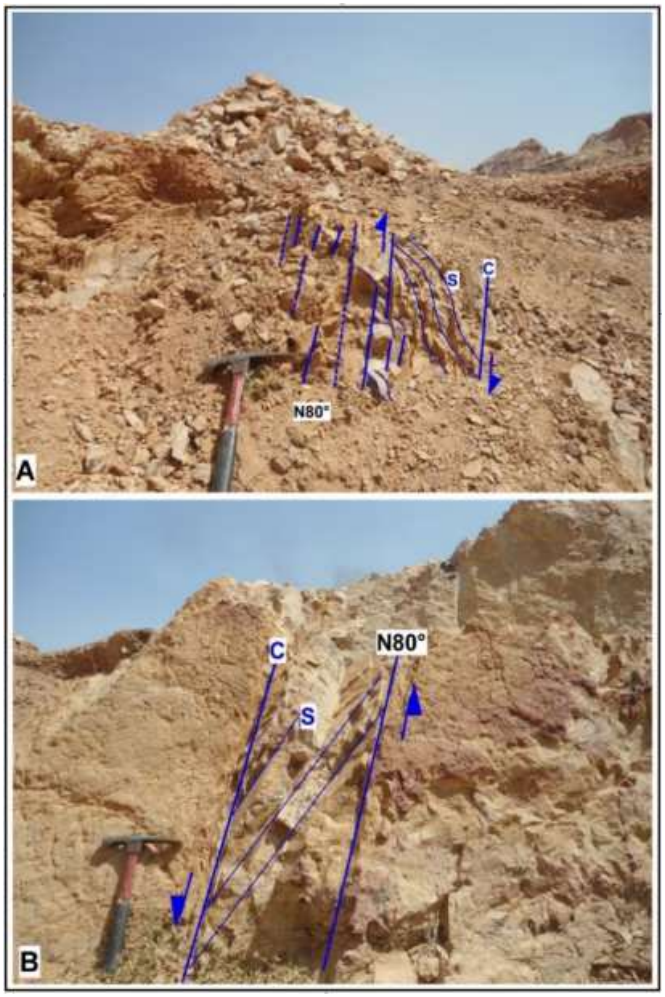


Fig. 9. Microcouloirs de cisaillement ductiles syn- à post-lithification dans le secteur de Karey Gorou, à composante dextre inverse (en A), et à composante senstre inverse (en B). Dans les deux cas, les couloirs de cisaillement ont une orientation N80°

La déformation post-litification est matérialisée par des microfailles décrochantes senestres, pluridécimétriques à métriques, d'orientation subméridienne (N0° à N20°) (**Figure 10**), ainsi que par des microfractures d'orientation N150° à N170°.

Fig. 10. Figures d'abrasion sur un miroir de faille post-lithification, d'orientation subméridienne, indiquant un jeu décrochant senestre (secteur de Karey Gorou)

4.2 CALAGE CHRONOLOGIQUE DES STRUCTURES DE DEFORMATION DES GRES DE NIAMEY

Les relations géométriques entre les différentes structures de déformation affectant les grès de Niamey ont permis d'établir une chronologie relative. Pendant la sédimentation des niveaux gréseux de base et intermédiaires se sont formées les failles normales syn-lithifications, de direction N80°, matérialisent la première phase de déformation D1 extensive des grès de Niamey. Les couloirs de cisaillement semi-ductiles, syn- à post-lithifications, de même orientation N75°, ont affecté les niveaux de base et une portion du socle birimien sous-jacent. Verticalement, ces couloirs de cisaillement sont scellés par les niveaux gréseux intermédiaires. Cela implique que la direction N80° représente une zone de faille qui aurait fonctionné en décrochement dextre (couloir de cisaillement dextre) dans les niveaux gréseux de base. Donc les failles normales syn-lithifications matérialisent la première phase de déformation D1 extensive. La deuxième phase de déformation D2, compressive, à raccourcissement NNW-SSE, a affecté les niveaux gréseux de base. Elle serait à l'origine du fonctionnement des couloirs de cisaillement ductiles syn- à post-lithifications, associés au développement de la schistosité et des plis anisopaques sigmoïdes. Les microfailles décrochantes et les microfractures tardives post-lithifications représentent quant à elles la troisième phase de déformation D3 affectant les grès de Niamey.

4.3 DETERMINATION DES DIFFERENTS ÉTATS DE PALEOCONTRAINTES

4.3.1 ETAT DE PALEOCONTRAINTES CARACTERISANT LA PHASE DE DEFORMATION SYN-LITHIFICATION

- **SECTEUR DE TONDIBIA**

Les plans de microfailles syn-lithification (N70° - N80°, 60°- 80° NW) ont été projetés à l'aide du programme Win-Tenseur. Les stéréodiagrammes obtenus indiquent une direction de la contrainte σ3 d'environ N160° (**Figure 11**).

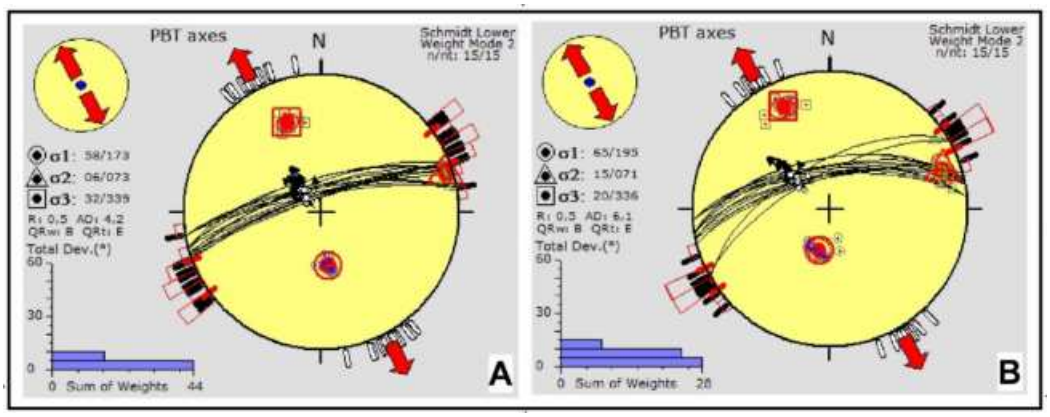


Fig. 11. Résultats du traitement de la population de microfailles syn-lithifications des grès de Niamey dans le secteur de Tondibia. Les stéréodiagrammes obtenus indiquent une direction d'extension d'environ N160° (A: N159° et B: N156°)

- **SECTEUR DE KAREY GOROU**

Les stéréodiagrammes des plans de microfailles syn-lithifications (N90° - N110°, 50° - 70° NW) indiquent des directions de la contrainte σ3 variant entre N007° et N160° (**Figure 12**).

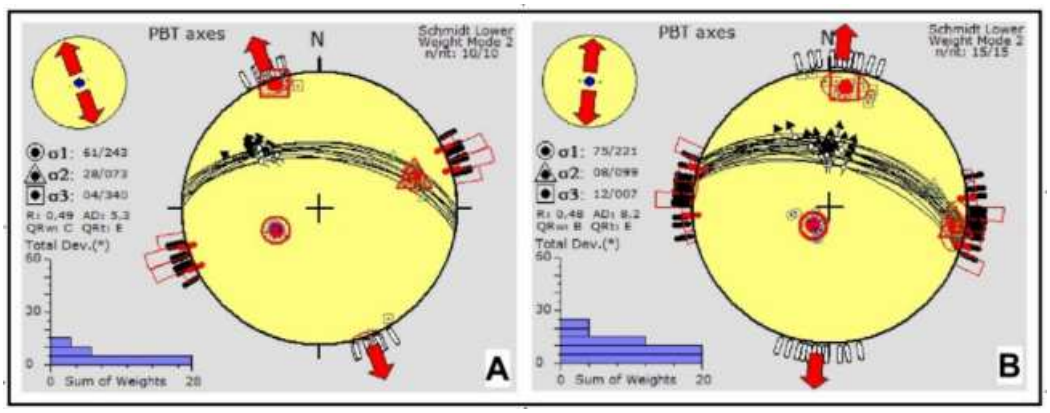


Fig. 12. Résultats du traitement de la population de microfailles syn-lithification des grès de Niamey dans le secteur de Karey Gorou. Les stéréodiagrammes obtenus indiquent une direction d'extension variant entre N160° (A) et N007° (B)

4.3.2 ETAT DE PALEOCONTRAINTES LIEES À LA PHASE DE DEFORMATION SYN- À POST-LITHIFICATION

- **SECTEUR DE TONDIBIA**

Plusieurs plans de schistosité syn- à post-lithification ont été mesurés. Les principales directions recensées, comprises entre N70° et N80° avec des pendages de 60° à 80° NW indiquent une des directions de la contrainte σ1 comprises entre N154° et N164° (soit N160° en moyenne) (**Figure 13**).

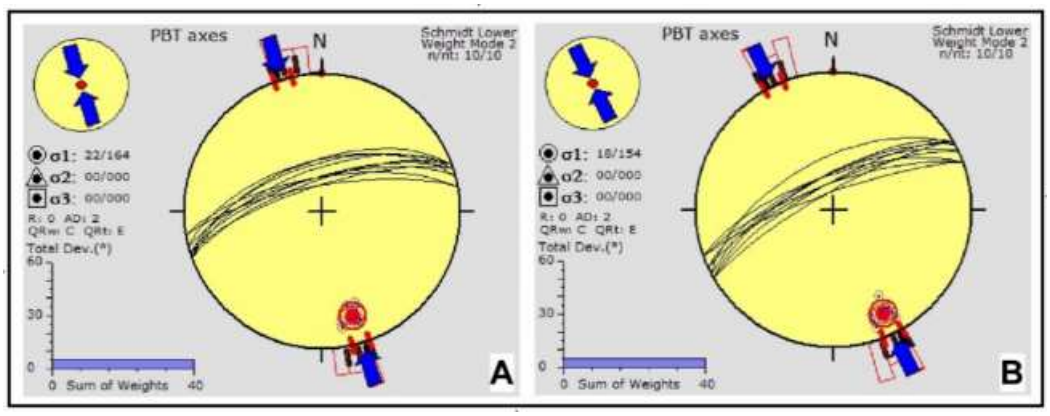


Fig. 13. Résultats du traitement de la population de plans de schistosité syn- à post-lithification des grès de Niamey dans le secteur de Tondibia. Les stéréodiagrammes obtenus indiquent une direction de compression comprise entre N154° (B) et N164° (A)

- **SECTEUR DE KAREY GOROU**

Dans ce secteur également, les plans de schistosité syn- à post-lithification, d'orientation N55° à N80° avec des pendages compris entre 70° et 80° NW, indiquent là aussi des directions de la contrainte σ1 comprises entre comprises entre N147° et N162° (soit N155° en moyenne) (**Figure 14**).

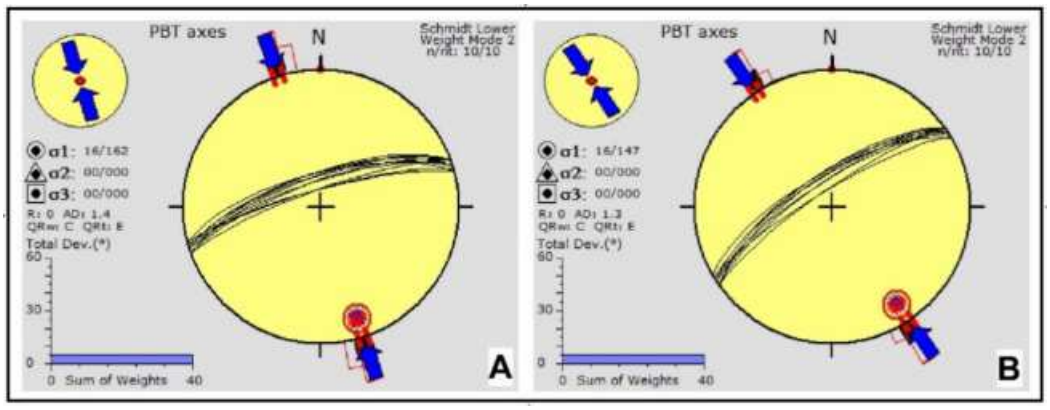


Fig. 14. Résultats du traitement de la population de plans de schistosité syn- à post-lithification des grès de Niamey dans le secteur de Karey Gorou. Les stéréodiagrammes obtenus indiquent une direction de compression comprise entre N147° (B) et N162° (A) (soit N155° en moyenne)

4.3.3 ETAT DE PALEOCONTRAINTES ASSOCIEES À LA PHASE DE DEFORMATION POST-LITHIFICATION

- **TONDIBIA**

Les directions de microfailles décrochantes et de microfractures tardives post-lithification (N135° à N170° et N5° à N20°) indiquent une direction moyenne de la contrainte σ1 N080° (**Figure 15-A**).

- **SECTEUR DE KAREY GOROU**

Les directions de microfailles décrochantes et de microfractures post-lithification (N150° à N170° et N0° à N20°) indiquent une direction moyenne de la contrainte σ1 N080° (**Figure 15-B**).

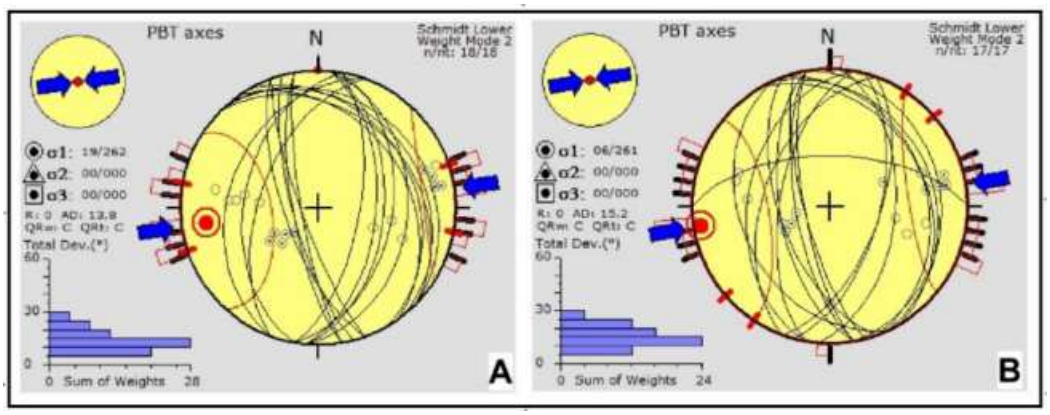


Fig. 15. Résultats du traitement de la population de microfailles et de microfractures post-lithification des grès de Niamey dans les secteurs de Tondibia (A) et de Karey Gorou (B). Les stéréodiagrammes obtenus indiquent une direction moyenne de compression N080° (A et B)

Ainsi, les grès de Niamey sont affectés par 3 types de déformations: syn-lithification, syn- à post-lithification et post-lithification. Les projections stéréographiques des directions de structures associées à ces déformations révèlent que la déformation:

- syn-lithification extensive (première phase de déformation D1) est caractérisée par une direction d'allongement NNW-SSE à N-S;
- syn- à post-lithification compressive est marquée par une direction de raccourcissement NW-SE à NNW-SSE (épisode D2a);
- post-lithification est due à un épisode compressif ENE-WSW (épisode D2b).

5 DISCUSSION SUR LES PRINCIPALES PHASES DE DEFORMATION AFFECTANT LES GRES DE NIAMEY

5.1 PHASE DE DEFORMATION EXTENSIVE ANTE-PANAFRICAINE D1

La première phase de déformation D1, mise en évidence par la présente étude, est caractérisée par une direction d'allongement variant de N160° (NNW-SSE) à N010° (NNE-SSW). L'étude de la fracturation des grès de Karey Gorou, réalisée par [3], a donné un résultat similaire, c'est-à-dire une extension subméridienne (NNW-SSE) comme première phase de déformation. Dans la région de Firgoun au Niger, [5] ont mis en évidence une

phase extensive D1 N140° (NW-SE), presque identique à la direction d'extension d'environ N160° obtenue par la présente étude. Contrairement à ces résultats, aucune phase de déformation extensive n'a été mise en évidence par [27] dans le bassin de Béli au Burkina Faso. Toutefois, le contexte géodynamique ainsi que l'âge de cet épisode extensif font l'objet de débat. Pour [3], cette extension D1 subméridienne serait due à la réactivation des fractures mésoprotérozoïques, qui auraient favorisé la genèse de bassins pendant le Néoprotérozoïque. Ainsi, la genèse des bassins de Taoudenni et des Volta daterait des premiers stades de cette réactivation [3]. Pour [3], cette extension D1 subméridienne serait liée à une étape de fragmentation du Craton Ouest Africain, pour laquelle les veines doléritiques sont datées à 1 378 ± 36 Ma (âge K/Ar [6]. Cet âge évoqué par [3] semblerait peu cohérent selon [5]. Pour ces auteurs, la sédimentation dans les bassins précités aurait commencé vers 1000 Ma avec le dépôt du Supergroupe 1 [29], [35], [10], [2], [18], [27]. Selon [5], la phase extensive D1 obtenue dans la région de Firgoun serait contemporaine de l'ouverture de l'océan néoprotérozoïque, entre 870 et 800 Ma [12]. Par ailleurs, il faut noter que la succession de linéaments caractérisés par des fractures de direction N70° à N80°, qui traversent la plaque africaine de la Guinée au Soudan [20], sont similaires à ceux qui traversent le bassin du Gourma [27]. Ces fractures majeures, associées à un volcanisme profond (dykes et seuils de dolérite), auraient rejoué plusieurs fois impliquant des épisodes extensifs ultérieurs au Lias moyen et supérieur, au Jurassique supérieur et un épisode compressif intra-Éocène [20]. Ces épisodes extensifs post-néoprotérozoïques seraient liés à l'ouverture de l'Atlantique Sud tandis que l'épisode compressif intra-Éocène résulterait de la collision Afrique-Europe [27]. Il ressort de ces différents travaux que la première phase de déformation extensive D1, vraisemblablement anté-panafricaine serait concomitante de l'ouverture de l'océan néoprotérozoïque qui se serait produite entre 870 et 800 Ma [12].

5.2 PHASE DE DÉFORMATION COMPRESSIVE PANAFRICAINE D2, ÉPISODE D2A

Le premier épisode D2a, mis en évidence dans le secteur d'étude, correspond à une compression de direction NNW-SSE à NW-SE, soit N155° (à Karey Gorou) et N160° (à Tondibia). Antérieurement à la présente étude, [3] ont mis en évidence dans le secteur de Karey Gorou une phase compressive D2 de direction N170° (NNW-SSE) (**Tableau 1**). Ces auteurs ont relié cette phase compressive D2 à la première phase de déformation D1 panafricaine. Dans le bassin de Béli au Burkina Faso, [27] ont obtenu également un résultat similaire (direction de compression N162°) (**Tableau 1**), qu'ils ont relié à la phase de déformation D1 compressive panafricaine. Dans la région de Firgoun, [5] ont désigné par le terme "D2a" le premier épisode de raccourcissement panafricain de direction N120° à N140° (NW-SE) (**Tableau 1**). En fait, dans la région de Firgoun, l'épisode D2a peut être assimilée à la fois aux phases compressives panafricaines D1 (NNW-SSE) et D2 (WNW-ESE) obtenues par [7] et par [4] (**Tableau 1**). Il faut noter que cette direction de raccourcissement N120° à N140° (NW-SE) est aussi comparable à la première phase compressive panafricaine N95° à N125° mise en évidence dans le socle panafricain attenant au bassin de Kandi par [24] et à l'épisode compressif D1a N110° à N140° obtenu par [8] dans le socle panafricain du Sud Maradi. Cet épisode D2a, obtenu par la présente étude, est à l'origine des décrochements et des couloirs de cisaillement semi-ductiles, présentant une schistosité redressée associée à des plis anisopaques sigmoïdes. Ces couloirs de cisaillement sont scellés verticalement par les niveaux gréseux intermédiaires. Cela dénote le caractère syn- à post-lithification de cet épisode D2a, qui serait péné-contemporain d'un des épisodes de l'événement panafricain. Cette hypothèse est corroborée par les travaux de [5] qui ont montré que l'épisode D2a est à l'origine des plis anisopaques synsédimentaires et des plis isopaques post-lithification affectant les grès infracambiens de Firgoun. La schistosité observée dans les couloirs de cisaillement a aussi affecté le socle paléoprotérozoïque sous-jacent. Elle pourrait être interprétée comme une surimposition des déformations panafricaines sur celles du socle paléoprotérozoïque. Cette hypothèse a déjà été proposée par [3] qui ont remarqué que les directions de fractures étudiées dans le secteur de Karey Gorou coïncident avec la plupart des directions de fractures attribuées à l'Éburnéen par [37].

5.3 PHASE DE DÉFORMATION COMPRESSIVE PANAFRICAINE D2, ÉPISODE D2B

Un deuxième épisode D2b compressif de direction N080° en moyenne (ENE-WSW) a été mis en évidence dans le secteur d'étude (à Karey Gorou et à Tondibia). Antérieurement à la présente étude, [3] ont obtenu une phase de raccourcissement de direction N075°, similaire à celle obtenue par la présente étude. Ces auteurs ont relié ce raccourcissement N075° aux phases de déformation D3 et D4 panafricaines. [27] ont mis en évidence 4 épisodes compressifs ENE-WSW (N055°, N065°, N078° et N080°) dans le bassin de Béli qui ont été également reliés aux phases de déformation panafricaines D3 et D4. La direction, N80° en moyenne, de l'épisode D2b est presque identique à celle de la compression obtenue par [24] (N060° à N90°) dans le socle panafricain attenant du bassin de Kandi et à la direction moyenne de raccourcissement E-W mise en évidence par [8] dans le socle panafricain du Sud Maradi. Toutefois, la direction du deuxième épisode compressif D2b de direction N040° (NE-SW), enregistré par [5] dans la région de Firgoun, est bien différente. Elle pourrait être liée au fait que la direction de la compression soit perturbée par les structures chevauchantes et les nappes de charriage, d'orientation NW-SE, qui se seraient mises en place au cours du premier épisode compressif D2a.

Tableau 1. Comparaison des phases de déformations panafricaines ([7], [4]) avec celles décrites dans le secteur d'étude (Tondibia et Karey Gorou). D'après une compilation de données de [3], de [27], de [5] et de la présente étude

	Pharusides et Dahomeyides ([7], [4])	**Karey Gorou ([3])**	**Béli ([27])**	**Firgoun ([5])**	**Cette étude**
Phases compressives	D3-D4 ENE-WSW	D4 N75° (ENE-WSW)	D2 N55° à N80° (ENE-WSW)	D2b N40° (NE-SW)	D2b N80° (ENE-WSW)
	D2 WNW-ESE	D3 N115° (WNW-ESE)	–	D2a N120° à N140° (NW-SE)	–
	D1 NNW-SSE	D2 N170° (NNW-SSE)	D1 N162° (NNW-SSE)		D2a N140° à N160° (NNW-SSE à NW-SE)
Phases Extensives		D1 N170° (NNW-SSE)		D1 N140° (NW-SE)	D1 N160° à N10 (NNW-SSE à NNE-SSW)

6 CONCLUSION

Les grès de Niamey sont affectés par une tectonique polyphasée, comprenant une première phase de déformation extensive anté-panafricaine (D1) et une deuxième phase de déformation compressive panafricaine comprenant deux épisodes: D2a et D2b. La phase extensive D1, caractérisée par une direction d'allongement variant de N160° (NNW-SSE) à N010° (NNE-SSW), est concomitante de l'ouverture de l'Océan Néoprotérozoïque, datée entre 870 et 800 Ma. Les épisodes compressifs D2a (compression de direction NNW-SSE à NW-SE) et D2b (compression de direction moyenne ENE-WSW) sont d'âge panafricain. En effet, ces épisodes compressifs D2a et D2b coïncident respectivement avec les phases de déformations panafricaines D1 (NNW-SSE) et D2 (WNW-ESE) décrites dans les Pharusides et dans les Dahomeyides.

REFERENCES

[1] Abdou A., Bonnot H., Bory Kadey D., Chalamet D., Saint Martin M. et Younfa I., 1998. Notice explicative des cartes géologiques du liptako à 1/100 000 et 1/200 000, Ministère des Mines et de la géologie, Rép. Niger 64p.

[2] Affaton P., 1990. Le Bassin des Volta: une marge passive d'âge protérozoïque supérieur tectonisée au Panafricain (600 ±50 Ma). Éd. ORSTOM, Coll. Etudes et thèses, 2 volumes, 481 p.

[3] Affaton P., Gaviglio P. et Pharisat A., 2000. Réactivation du Craton ouest-africain au Panafricain: paléocontraintes déduites de la fracturation des grès néoprotérozoïques de Karey Gorou (Niger, Afrique de l'Ouest). C. R. Acad. Sci. Paris, Sciences de la Terre et des planètes / Earth and Planetary Sciences 331 (2000) 609–614.

[4] Affaton P., Gélard J.P. et Simpara N., 1991. Paléocontraintes enregistrées par la fracturation dans l'unité structurale de l'Atacora à la latitude de Défalé (chaîne panafricaine des Dahomeyides, Togo), C. R. Acad. Sci. Paris, série II 312 (1991) 763–768.

[5] Alzouma Amadou D., Konaté M. and Ahmed Y., 2020. Geodynamic context of the Proterozoïc deposits of the Firgoun region (eastern border of the West African Craton, West Niger). Geological Society, London, Special Publications.

[6] Ama Salah I., Liegeois J. P. and Pouclet A., 1996. Évolution d'un arc insulaire océanique birimien précoce au Liptako nigérien (Sirba): géologie, géochronologie et géochimie. Journal of African Sciences, Vol. 22, N° 3, pp 235 – 254.

[7] Ball E., 1980. An example of very consistent brittle deformation over a wide intracontinental area: the late Pan-African fracture system of the Tuareg and Nigerian shield. Tectonophysic, 16, (1980) 363 - 379 p.

[8] Baraou Idi S., 2018. Contribution à l'étude pétrographique, géochronologique et structurale des formations panafricaines du Sud Maradi (Sud Niger): relations avec les indices aurifères. Mém. Thèse, Univ. Abdou Moumouni Niamey, 99 pages.

[9] Beauvais A., Ruffet G., Henocque O. and Colin F., 2008. Chemical and physical erosion rhythms of the West African Cenozoic morphogenesis: The 39Ar-40Ar dating of supergene K-Mn oxides. Journal of Géophysical Research, Vol. 113, F04007,15 p.

[10] Bertrand-Sarfati J., Moussine-Pouchkine A. et Caby R., 1987. Les corrélations du Protérozoïque au Cambrien en Afrique de l'Ouest: nouvelle interprétation géodynamique. Bull Sco Géol Fr III, 1987, 5: 855-865.

[11] Bessoles B., 1977. Géologie de l'Afrique: Le Craton Ouest Africain. - Mém. BRGM, 88, 402 pages.

[12] Black R., Caby R., Moussine-Pouchkine A., Bayer R., Bertrand J. M., Boullier A. M., Fabre J. and Lesquer A., 1979. Evidence for late Precambrian plate tectonics in West Africa. *Nature,* London, 278, 223-227, https://doi.org/10.1038/278223a0.

[13] Delvaux D. and Sperner B., 2003. New aspects of tectonic stress inversion with reference to the TENSOR program. Geological Society, London, Special Publications, 212, 75-100. 0305-8719/03/$15.

[14] Dubois D., 1979. Etude des formations ferrugineuses du bassin des Iullemmeden (Niger). Thèse de spécialité Univ. Orléans-Niamey, 123.

[15] Dupuis D., Pons J. et Prost A.E., 1991. Mise en place de plutons et caractérisation de la déformation birimienne au Niger occidental. Compte Rendus Acad. Sci. Paris, n° 312 (II), pp 769-776.

[16] Garba Saley H., Konaté M., Ahmed Y. et Soumaïla A., 2017. «Les minéralisations de manganèse du Nord Téra (Liptako, Ouest Niger): origine et conditions de mise en place,» REV. CAMES - vol. 5 no. 2, 15p., 2017.

[17] Garba Saley H., Konaté M., Okunlola O.A., 2024. Petrographic Study of Mn-bearing Gondite (Birimian) of Téra Area in the Leo-Man Shield (West African Craton) in Niger. Korea Economic and Environmental Geology, v.57, p.25-39, doi: 10.9719/EEG.2024.57.1.25.

[18] Gärtner A., Villeneuve M., Linnemann U., Gerdes A., Youbi N., Guillou O. and Rjimati E., 2016. History of the West African Neoproterozoic Ocean: Key to the geotectonic history of circum-Atlantic Peri-Gondwana (Adrar Souttouf Massif, Moroccan Sahara). Gondwana Res. 29, 220–233.

[19] Greigert J., 1966. Description des formations crétacées et tertiaires du Bassin des Iullemmeden (Afrique Occidentale). Pub. Dir. Min. Géol. Niger, n°2.Mém. B.R.G.M., n°36, 234 p.

[20] Guiraud R., Issawi B. and Bellion Y. 1985. Les linéaments guinéo-nubiens: un trait structural majeur à l'échelle de la plaque africaine. Note présentée par Aubouin. J. C. R. Acad. Sci. Paris, 300, Série II, no. 1.

[21] Hallarou M.M., Konaté M., Olatunji A.S., Ahmed Y., Ajayi F.F. and Abdul R.M., 2020. Re-Os Ages for the Kourki Porphyry Cu-Mo Deposits, North West Niger (West Africa): Geodynamic Implications. European Journal of Environment and Earth Sciences.

[22] Hamza Mayaki I., Souley H. et Konaté M., 2017. Caractéristiques géologiques et géotechniques de deux géomatériaux exploités en carrière dans la région de Niamey: les grès oolithiques ferrugineux et les granitoïdes birimiens. Journal des Sciences I.S.S.N 0851 – 4631.

[23] Ibrahim Maharou H. and Konaté M., 2018. Depositional Environments of Niamey Area Proterozoic Deposits (Western Niger). International Journal of Science and Research (IJSR). Volume 7 Issue 7, July 2018.

[24] Konaté M., 1996. Evolution Tectono-sédimentaire du Bassin Paléozoïque de Kandi (Nord Bénin, Sud Niger): Un témoin de l'extension post-orogénique de la chaîne panafricaine. Thèse de Doctorat de l'Universités de Bourgogne, Lyon I, Aix-Marseille I, Toulouse III. Premier Volume, 312 p.

[25] Konaté M., Ahmed Y., Gärtner A., Alzouma Amadou D., Ibrahim Maharou H., Tourba K., Hofmann M., Zieger J. and Linnemann U., 2018. U–Pb detrital zircon ages of sediments from the Firgoun and Niamey areas (eastern border of West African Craton, West Niger) Comptes Rendus. Géoscience 350, 267–278.

[26] Machens, E., 1973. Contribution a` l'e´tude des formations du socle cris-tallin et de la couverture se´dimentaire de l'Ouest de la re´publique du Niger. E´ditions BRGM (No. 82, 167 p.).

[27] Miningou M.Y.W., Affaton P., Meunier J.D., Blot A. and Nebie A.G., 2017. Establishment of a lithostratigraphic column in the Béli area (Northeastern Burkina Faso, West Africa) based on the occurrence of a glacial triad and a molassic sequences in Neoproterozoic sedimentary Formations. Implications for the Pan-African orogeny. J. Afr. Earth Sci. 131, 80–97.

[28] Ousmane H., Dia Hantchi K., Boubacar Hamidou L., Abdou Ali I. et Konaté M., 2020. Caractérisation de la déformation des dépôts oligocènes du Continental terminal 3 (Ct3) dans la région de Niamey (Bordure Orientale du Craton Ouest Africain, Bassin des Iullemmeden). Doi: 10.19044/esj.2020.v16n15p418.

[29] Reichelt R., 1972. Géologie du Gourma (Afrique occidentale) un « seuil » et un bassin du Précambrien supérieur. Mémoires Bur. Rech. Geol. Min. Paris 53, 213 p.

[30] Soumaila A. et Garba Z., 2006. Le métamorphisme des formations de la ceinture de roches vertes birimienne (paléoprotérozoique) de Diagorou-Darbani (Liptako, Niger, Afrique de l'Ouest). Africa Geoscience Review, Vol.13, No.1, pp.107-128.

[31] Soumaila A. et Konaté M., 2005. Caractérisation de la déformation dans la ceinture birimienne (paléoprotérozoïque) de Diagorou-Darbani (Liptako nigérien, Afrique de l'Ouest). Afr. Geo. Revew., vol. 13, n° 3, pp 161-178.

[32] Soumaila A., 2000. Etude structurale, pétrographique et géochimique de la ceinture de Diagorou-Darbani, Liptako, Niger Occidental (Afrique de l'Ouest). Thèse, Univ. Franche- Comté, 203p.

[33] Soumaila A., Henry P. et Rossy M., 2004. Contexte de mise en place des roches basiques de la ceinture de roches vertes birimienne de Diagorou-Darbani (Liptako, Niger, Afrique de l'Ouest): plateau océanique ou environnement d'arc/bassin arrière-arc océanique. C. R. Geoscience, n° 336, pp 1137–1147.

[34] Soumaila A., Henry P., Garba Z. and Rossi M., 2008. REE Patterns, Nd-Sm and U-Pb ages of the metamorphic rocks of the Diagorou-Darbani greenstone belt (Liptako, SW Niger): implication for Birimian (Paleoproterozoic) crustal genesis, Geological Society, London, Special Publications, v. 297; p. 19-32.

[35] Trompette R., 1973. Le Précambrien supérieur et le Paléozoïque inférieur de l'Adrar des Mauritanie (bordure occidentale du bassin de Taoudeni, Afrique de l'Ouest). Un exemple de sédimentation de craton. Etude stratigraphique et sédimentologique. - Trav. Lab. Sci. Terre, Marseille (St- Jérome), 1 et 2, 573 p.

[36] Vicat J.P., Léger J.M., Ahmed Y. et Willems L., 1994. Les indices de déformations plio-quaternaires de la bordure occidentale du bassin des Iullemmeden dans la région de Niamey, Revue de Géographie Alpine (numéro hors-série) I (1994) 15–24.

[37] Willems L., Pouclet A., Lenoir F. e Vicat J.P., 1996. Phénomènes karstiques en milieux non carbonatés. Étude de cavités et problématique de leur développement au Niger occidental, Z. Geomorph. N.F., Suppl. Bd. 103 (1996) 193–214.

International Journal of Innovation and Applied Studies
ISSN 2028-9324 Vol. 43 No. 4 Oct. 2024, pp. 1062-1077
© 2024 Innovative Space of Scientific Research Journals
http://www.ijias.issr-journals.org/

Amélioration du procédé de maltage pour la production du *bili bili,* boisson traditionnelle à base du sorgho au Nord Cameroun

[Improvement of the malting process for the production of *bili bili,* a traditional drink made from sorghum in Northern Cameroon]

TOUWANG Charles[1-2], S. C. Zangué Desobgo[2], NSO Emmanuel Jong[2], and Robert NDJOUENKEU[2]

[1]Ecole nationale Supérieure Polytechnique de Maroua, Bp 58 Université de Maroua, Cameroon

[2]Ecole Nationale des Sciences Agro-Industrielles de Ngaoundéré Bp 54 Université de Ngaoundéré, Cameroon

Copyright © 2024 ISSR Journals. This is an open access article distributed under the ***Creative Commons Attribution License***, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

ABSTRACT: In a view of improvement of *bili-bili* quality, a traditional fermented drink made from sorghum from the savannahs of Northern Cameroon, the optimization of malting conditions in order to obtain a malt with better technological potential was studied by the response surface method. A composite plan centered on three factors whose levels were chosen according to the traditional conditions of production of *bili-bili,* grain soaking time (24-48 hours), germination time (48-96 hours) and aging time (24–72 hours) allows to define the optimal conditions of improving α and β amylase activities, soluble proteins and free amino acids. It appears that the linear and quadratic contributions of the soaking time have a significant effect (P<0.05) on the different responses, except for free amino acids and the germination duration significantly influences (P<0.05) the α and β amylase activities as well as soluble proteins. The duration of aging has a significant influence (P<0.05) on all responses. The desirability function shows that the optimal malting conditions are 36h, 72h and 48h for the soaking, germination and aging times respectively. At this point, the α and β amylase activities, soluble proteins and free amino acids are respectively 9.34±1.06 meqg/100gDM; 15.97±1.06 meqg/100gDM; 2.05±0.22% and 377.67±6.02 mg/L. Comparing these values with predicted ones by the model does not show a significant difference, thus concluding that the models fit well. In a context of revival interest in promoting of local products and food systems, this work has had the merit of meeting some of the expectations of the main actors of this technical system.

KEYWORDS: *Bili-bili,* malting, optimization, technological quality, North Cameroon.

RESUME: Dans l'optique d'une amélioration de la qualité du « bili-bili », boisson fermentée traditionnelle à base de sorgho des savanes du Nord Cameroun, l'optimisation des conditions de maltage en vue d'obtenir un malt avec un meilleur potentiel technologique a été étudiée par la méthode de surface de réponse. Un plan composite centré à trois facteurs dont les niveaux ont été choisis en fonction des conditions traditionnelles de production du « bili-bili », temps de trempage des grains (24-48h), temps de germination (48-96h) et temps de maturation (24 – 72h) permet de définir les conditions optimales d'amélioration des activités α et β amylasiques, des protéines solubles et des acides aminés libres. Il ressort que les contributions linéaires et quadratiques du temps de trempage ont un effet significatif (P<0,05) sur les différentes réponses à l'exception des acides aminés libres et la durée de germination influence significativement (P<0,05) les activités α et β amylasique ainsi que les protéines solubles. La durée de maturation quant à elle a une influence significative (P<0,05) sur toutes les réponses. La fonction de désirabilité montre que les conditions optimales de maltage sont de 36h, 72h et 48h pour les durées de trempage, germination et maturation respectivement. A ce point, les activités α et β amylasiques, les protéines solubles et les acides aminés libres sont respectivement de 9,34±1,06 méqg/100gmaltsec; 15,97±1,06 méqg/100gmaltsec; 2,05±0,22% et 377,67±6,02 mg/L. La comparaison de ces valeurs avec celles prédites par le modèle ne montre pas de différence significative, concluant ainsi à un bon ajustement des modèles. Dans un contexte de regain d'intérêt pour la valorisation des produits et des

systèmes alimentaires locaux, ce travail aura eu le mérite de répondre à quelques-unes des attentes des principaux acteurs de ce système technique.

MOTS-CLEFS: *Bili-bili,* maltage, optimisation, qualité technologique, Nord-Cameroun.

1 INTRODUCTION

Dans la partie septentrionale du Cameroun, la production du *bili-bili* est l'une des activités phares des femmes non islamisées, sous scolarisées et parfois très affaiblies par des charges supérieures à leurs capacités financières. Le développement de ce secteur de production trouve ses motivations dans son caractère générateur de revenu et d'emplois connexes. Cette boisson requiert pour sa fabrication trois étapes principales que sont le maltage, le brassage et la fermentation. Le maltage est une activité de transformation largement artisanale, généralement pratiquée à domicile et impliquant un grand savoir-faire. Il est caractérisé par les opérations de trempage, de lavage et égouttage, de germination et de séchage précédé d'une maturation du malt vert. C'est une étape critique par rapport à son rôle dans la construction de la qualité du *bili-bili*. Elle doit permettre une désagrégation du grain par les enzymes hydrolytiques générées pendant la germination afin de produire à la fin du brassage un moût riche en principes fermentescibles [1] - [2]. Comment combiner ces différents facteurs afin de produire un malt de qualités technologiques améliorées ? Au Cameroun, Les pratiques techniques de production du *bili-bili* en général et de maltage en particulier suivent une trajectoire Nord – Sud, du Lac Tchad vers l'Adamaoua suite aux migrations des acteurs de production et intègre des différenciations justifiées par l'adaptation des pratiques techniques disponibles dans les différents territoires traversés [3]. La grande variabilité des conditions de production conduit à des malts de qualité technologique incertaine et par conséquent à des bières présentant des caractéristiques physicochimiques variables [4]. L'objectif de cette étude est de déterminer les conditions optimales de trempage, de germination et de maturation du malt de sorgho rouge (djigari) pour la production du *bili-bili*.

2 MATERIEL ET METHODES

2.1 MATÉRIEL VÉGÉTAL

Dispositif expérimental, modélisation, validation du model et optimisation :

L'approche méthodologique utilisant les surfaces de réponses a été choisie dans le but d'étudier l'influence des durées de trempage (X_1), de germination (X_2) et de maturation (X_3) sur le potentiel brassicole du malt de sorgho rouge. A cet effet un plan composite centré à trois facteurs a été généré à l'aide du logiciel Statgraphics 5.0. Les niveaux des variables ont été choisis sur la base des conditions de maltage traditionnelles appliquées dans les différentes régions traversées par le système technique [3]. Le plan a été exécuté en un bloc et l'ordre des expériences a été complètement randomisé.

Chaque facteur prend les cinq niveaux suivants en variables codées: +α (valeur étoilée élevée), +1 (valeur élevée), 0 (valeur au centre), -1 (valeur basse), -α (valeur étoilée basse). La valeur de α a été choisie de sorte à assurer la propriété de presque orthogonalité du plan [5]. Dans le cas du plan à trois facteurs α = 1,353.

La matrice d'expériences résultante est composée de 17 essais ayant 8 expériences factorielles, 6 points en étoile et 3 points au centre (***Tableau 1***). Les réponses ont été exprimées en fonction des facteurs en valeurs codées sous forme de polynômes de second degré suivant l'équation (1)

$$Y = b_0 + b_1X_1 + b_2X_2 + b_3X_3 + b_{11}X_1^2 + b_{22}X_2^2 + b_{33}X_3^2 + b_{12}X_1X_2 + b_{13}X_1X_3 + b_{23}X_2X_3 \quad (1)$$

Y étant la réponse, b_0 la valeur de la réponse au centre du domaine, b_1, b_2 et b_3 les effets principaux des facteurs durée de trempage (X_1), durée de germination (X_2) et durée de maturation (X_3), b_{11}, b_{22} et b_{33} les effets quadratiques des facteurs (X_1, X_2, X_3) et b_{12} b_{13} b_{23} les effets d'interactions entre les facteurs (X_1, X_2, X_3).

La significativité des effets a été déterminée à partir de l'analyse de variance (ANOVA) sur chaque réponse. Tous les effets dont le niveau de probabilité a été inférieur à 5% ont été considérés comme significatifs. L'évaluation de la qualité de l'ajustement des modèles a été faite à partir de l'analyse des coefficients de détermination de la régression multilinéaire (R^2), du coefficient de régression ajusté (R_A^2) et de la valeur de la probabilité (p-value). En effet plus R^2 et R_A^2 sont proche de l'unité, meilleur est l'ajustement du modèle [6]. En outre, afin de visualiser les effets des différents facteurs sur les réponses, les courbes de surface ont été tracées à l'aide du logiciel Sigma plot 12.

2.2 ANALYSES PHYSICO CHIMIQUES

La qualité technologique des différents malts obtenus a été appréciée à travers, les activités amylasiques α et β, les teneurs en protéines solubles et en azote aminé libre déterminés selon les méthodes décrites au chapitre précédent. Chaque analyse a été réalisée en trois répétitions et le résultat présenté sous forme de moyenne plus ou moins l'écart type. Les actvités α et β amylasiques ont été déterminées par la methode [7], modifiée par [8] après extraction des enzymes avec une solution de $CaCl_2$ (3,3 g/l) et inactivation de la β-amylase à 68 °C pendant 15 min. L'activité β-amylasique est déduite par la différence entre le pouvoir diastasique au $CaCl_2$ et l'activité amylasique. La teneur en protéines soluble a été obtenue par la Méthode [9] Devani *et al,* (1989) et les acides aminés libres par la méthode à la ninhydrine [10].

2.3 OPTIMISATION ET DETERMINATION DES MODELES MATHEMATIQUES

Après avoir généré les modèles mathématiques qui expriment les réponses en fonction des facteurs, la procédure d'optimisation multi réponses a été exécutée et a permis de déterminer les coordonnées d'un point de compromis par la superposition des courbes isoréponses de chaque réponse.

2.4 VALIDATION DES MODÈLES MATHÉMATIQUES

Les valeurs R^2 et de l'Analyse Absolue de Déviation Moyenne (AADM) permettent de vérifier l'exactitude du modèle. R^2 doit être proche de 1 et l'AADM entre les données prévues et observées doit être aussi petit que possible [11]. Les valeurs acceptables de R^2 et les valeurs de l'AADM signifient que l'équation du modèle définit le comportement vrai du système et elle peut être employée pour l'extrapolation dans le domaine expérimental.

La vérification de l'adéquation des modèles par les points tests a consisté à mener l'expérimentation dans les conditions optimales prédites par les modèles, puis à comparer les valeurs moyennes expérimentales aux valeurs prédites par le biais d'un test statistique t de Student de comparaison de moyenne. Les paramètres qui traduisent l'exactitude du modèle, à savoir le coefficient de détermination (**R^2**) l'Analyse Absolue de la Déviation Moyenne (**AADM**), le facteur de biais (**B_f**) et le facteur d'exactitude (**A_f**) ont été calculés par les formules proposées par [12] - [11] - [13] (Equations 2, 3, 4 et 5). Le modèle prédictif est acceptable ou parfait dans les conditions mentionnées dans le tableau 2.

$$R^2 = \frac{\sum_{1=1}^{N}\left(Yical-\overline{Y}\right)^2}{\sum_{1=1}^{N}\left(Yiexp-\overline{Y}\right)^2} \quad (2)$$

$$AADM = \frac{\left[\left[\sum_{i=1}^{N}\left(\frac{|Yiexp-Yical|}{Yiexp}\right)\right]\right]}{P} \quad (3)$$

$$Bf = 10^{\frac{1}{N}\ \sum_{i=1}^{N} log\ \left(\frac{Yical}{Yiexp}\right)} \quad (4)$$

$$\boldsymbol{A}f = 10^{\frac{1}{N}\ \sum_{i=1}^{N}\left|log\ \left(\frac{Yical}{Yiexp}\right)\right|} \quad (5)$$

Y exp: Réponse expérimentale, Ycal: réponse calculée à partir du modèle, N: Nombre d'expériences (N=17), $\overline{Y}$: Moyenne des réponses expérimentales

Les contributions linéaires, quadratiques et des interactions des différents facteurs ont été obtenues suivant les équations 6, 7 et 8

- Contribution linéaire

$$Contribution\ (\%) = \frac{|bi|}{\sum_{i=1}^{k}|bi|+\sum_{i=1}^{k}|bii|+\sum\sum_{i<j}^{k}|bij|} \quad (6)$$

- Contribution quadratique

$$Contribution\ (\%) = \frac{|bij|}{\sum_{i=1}^{k}|bi| + \sum_{i=1}^{k}|bii| + \sum\sum_{i<j}^{k}|bij|} \quad (7)$$

- Contribution interaction

$$Contribution\ (\%) = \frac{|bii|}{\sum_{i=1}^{k}|bi| + \sum_{i=1}^{k}|bii| + \sum\sum_{i<j}^{k}|bij|} \quad (8)$$

Dans le but d'optimiser les activités α et β amylase, des taux en protéines solubles et en acides aminés libres, le choix des bornes des différentes réponses a été guidé par le cahier de charge de la « European Brewery Convention » (EBC) pour la production de malts en brasserie. L'utilisation du ligiciel Sigmaplot version 12.1 (Systat Software, Inc., 1735 Technology Drive, Suite 430, San Jose, CA 95110, USA) a permis de ressortir les courbes linéaires, de surface et de contour ainsi que leur superposition pour la détermination de la zone optimale des différentes réponses.

Tableau 1. Matrice d'expériences et des différentes réponses

Valeurs codées			Valeurs réelles			Réponses											
Trempage (h)	Germination (h)	Maturation (h)	Trempage (h)	Germination (h)	Maturation (h)	Activité α du malt (mgeq/100gmalt)			Activité β du malt (mgeq/100gmalt)			Protéines solubles du malt (%)			Acides aminés libres du malt (mg/L)		
X_1	X_2	X_3	X_1	X_2	X_3	Y_{Exp}	Y_{cal}	Rés	Y_{Exp}	Y_{cal}	Rés	Y_{Exp}	Y_{cal}	Rés	Y_{Exp}	Y_{cal}	Rés
+1	-1	+1	48	48	72	2,73	6,42	3,69	6,93	11,30	-4,37	1,35	1,57	-0,22	389,06	298,96	90,1
+1	-1	-1	48	48	24	5,48	6,48	-1	6,17	11,22	-5,05	1,44	1,52	-0,08	319,16	296,47	22,69
-1	+1	+1	24	96	72	8,81	5,66	3,15	18,4	6,45	11,95	1,34	1,37	-0,03	378,57	310,43	68,14
0	+1,353	0	36	104	48	7,86	6,48	1,38	15,15	9,06	6,09	1,77	1,57	0,2	351,95	306,13	45,82
+1,353	0	0	52	72	48	4,16	6,99	-2,83	6,83	12,29	-5,46	1,68	1,71	-0,03	381,22	298,42	82,8
0	0	0	36	72	48	9,04	6,08	2,96	15,18	8,87	6,31	2,06	1,44	0,62	367,06	303,45	63,61
0	0	-1,353	36	72	16	12,86	6,12	6,74	6,08	8,80	-2,72	1,99	1,40	0,59	293,09	301,76	-8,67
-1	-1	+1	24	48	72	8,21	5,06	3,15	9,44	6,14	3,3	0,78	1,17	-0,39	315,65	306,35	9,3
+1	+1	-1	48	96	24	8,9	7,09	1,81	6,12	11,49	-5,37	1,58	1,71	-0,13	307,74	300,36	7,38
-1	+1	-1	24	96	24	8,49	5,71	2,78	3,13	6,34	-3,21	1,54	1,31	0,23	340,28	308,12	32,16
0	0	0	36	72	48	10,34	6,08	4,26	16,71	8,87	7,84	2,01	1,44	0,57	360,57	303,45	57,12
0	0	+1,353	36	72	80	6,88	6,04	0,84	23,05	8,92	14,13	1,4	1,48	-0,08	349,05	305,01	44,04
0	0	0	36	72	48	9,02	6,08	2,94	16,71	8,87	7,84	2,09	1,44	0,65	367,07	303,45	63,62
-1	-1	-1	24	48	24	7,53	5,11	2,42	18,4	6,06	12,34	1,02	1,11	-0,09	348,09	304,08	44,01
0	-1,353	0	36	40	48	4,62	5,67	-1,05	15,07	8,66	6,41	1,28	1,31	-0,03	347,29	300,74	46,55
-1,353	0	0	20	72	48	7,23	4,83	2,4	9,09	5,16	3,93	1,34	1,07	0,27	364,74	306,62	58,12

X_1: durée de trempage (h), X_2: durée de germination (h), X_3: durée de maturation (h), Y_{exp}: réponses expérimentales, Y_{cal}: réponses calculées, Rés: résidus

3 RESULTATS ET DISCUSSION

3.1 MODELISATION ET OPTIMISATION DES FACTEURS AFFECTANT LA QUALITE TECHNOLOGIQUE DU MALT

Les résultats de l'évaluation des paramètres technologiques (réponses retenues) des malts obtenus selon la matrice d'expérience sont représentés dans le tableau 1. L'analyse de variance multi variée a permis à partir de ces résultats expérimentaux de générer des modèles mathématiques polynomiaux de second degré avec interactions associés aux

différentes réponses en fonctions du temps de trempage (X_1) du temps de germination (X_2) et du temps de maturation (X_3) (équations 9, 10, 11, 12).

$$Yactalph = 9{,}431 - 1{,}313X1 + 0{,}601X2 - 1{,}198X3 - 2{,}016X12 + 0{,}487X1X2 - 0{,}985X1X3 - 0{,}834X22 + 0{,}217X2X3 + 0{,}263X32 \quad (9)$$

$$Yactbéta = 16{,}511 - 2{,}420X1 - 0{,}712X2 + 3{,}506X3 - 4{,}888X12 + 0{,}538X1X2 + 0{,}663X1X3 - 0{,}961X22 + 4{,}291X2X3 - 1{,}281X32 \quad (10)$$

$$YProtsol = 2{,}091 + 0{,}113X1 + 0{,}089X2 - 0{,}149X3 - 0{,}344X12 - 0{,}14X1X2 - 0{,}007X1X3 - 0{,}202X22 - 0{,}035X2X3 - 0{,}243X32 \quad (11)$$

$$YAAL = 362{,}64 + 2{,}027X1 + 1{,}937X2 + 18{,}160X3 + 7{,}227X12 - 10{,}952X1X2 + 15{,}545X1X3 - 4{,}257X22 + 7{,}642X2X3 - 21{,}123X32 \quad (12)$$

Les valeurs de $R^{2,}$ AADM, B_f et A_f telles que présentées dans le tableau 2 ont permis de valider ces différents modèles mathématiques en accord avec les travaux de [12] - [14] - [13] - [15] - [11].

Tableau 2. Paramètres de validation des modèles

Modèles	Coefficient de détermination (R^2)	Analyse absolue de La déviation moyenne (AADM)	Facteur de biais (Bf)	Facteur d'exactitude (Af)	R^2 ajusté	Test d'adéquation
$Y_{Actalph}$	0,92	0,052	0,870	1,178	0,83	0,3254 > P
$Y_{Actbéta}$	0,93	0,013	0,812	1,229	0,86	0,1110 > P
$Y_{Protsol}$	0,94	0,003	0,970	1,094	0,86	0,0598 > P
Y_{AAL}	0,99	0,128	0,870	1,180	0,98	0,1587 > P

Le tableau 3 illustre l'analyse des variances et les coefficients des modèles mathématiques qui décrivent la variation des activités alpha et béta amylase, des protéines solubles et des acides aminés libres des différents malts. Les valeurs des R^2 et R^2 ajustés étant proches de l'unité (1) et les tests d'adéquation étant supérieures aux P-value (P≤0,05) permettent une fois de plus d'affirmer que les modèles sont valides pour décrire significativement les données expérimentales observées [14], [15] (Ross, 1996; Barany *et al,* 1999).

Tableau 3. Coefficient d'impact estimé et contributions aux activités alpha et bêta amylase, des protéines solubles et azotes aminés libres

Facteurs	Activité α amylase			Activité β amylase			Protéines solubles			Acides Aminés Libres		
	Coefficients	P	Contribution (%)	Coefficients	P	Contribution (%)	Coefficients	P	Contribution (%)	Coefficients	P	Contribution (%)
X_1	-1,313	0,005	+16,6*	-2,42	0,049	+12,6*	0,113	0,018	+8,6*	2,027	0,59	2,3ns
X_2	0,601	0,021	+7,6*	-0,712	0,511	-3,7ns	0,089	0,046	+6,7*	1,937	0,606	2,2ns
X_3	-1,198	0,008	-15*	3,506	0,011	+18,2*	-0,149	0,005	-11,3*	18,16	0,001	+20,4*
X_{12}	0,487	0,261	6,2ns	0,538	0,675	2,7ns	-0,14	0,016	+10,6*	-10,952	0,039	-12,3*
X_{13}	-0,985	0,042	-12,5*	0,663	0,607	3,4ns	-0,007	0,817	-0,5ns	15,545	0,009	+17,5*
X_{23}	0,217	0,602	2,7ns	4,291	0,01	+22,3*	-0,035	0,458	-2,6ns	7,642	0,121	+8,6ns
X_{11}	-2,016	0,006	-25,5*	-9,903	0,008	-25,4*	-0,344	0	-26,1*	7,227	0,171	+8,1ns
X_{22}	-0,834	0,016	-10,5*	-0,961	0,519	-4,9*	-0,202	0,004	-15,3*	-4,257	0,399	-4,8ns
X_{33}	0,263	0,186	3,3ns	-1,281	0,397	-6,9*	-0,243	0,001	-18,4*	-21,123	0,003	-23,8*

*X_1: trempage (h), X_2: germination (h), X_3: maturation (h), $X_{12,}$ trempage (h) x germination (h), X_{13} trempage (h) x maturation (h), X_{23} germination (h) x maturation (h) X_{11} trempage (h) x trempage (h), X_{22} germination (h) x germination (h), X_{33} maturation (h) x maturation (h);. ns: contribution non significative du facteur, *: contribution significative du facteur à la réponse (p<0,05)*

3.2 CONTRIBUTION DES FACTEURS AUX DIFFERENTES REPONSES

3.2.1 INFLUENCE DE LA DUREE DE TREMPAGE SUR LES ACTIVITES A ET B AMYLASE ET SUR LES PROTEINES SOLUBLES

Sur les plans linéaire et quadratique, on observe une contribution significative ($p<0,05$) du trempage sur le comportement de l'alpha amylase, de la béta amylase et des protéines solubles au cours du maltage (Tableau 3).

La figures 1 (a, b, c) illustre le comportement des différentes réponses sus énumérées durant le trempage.

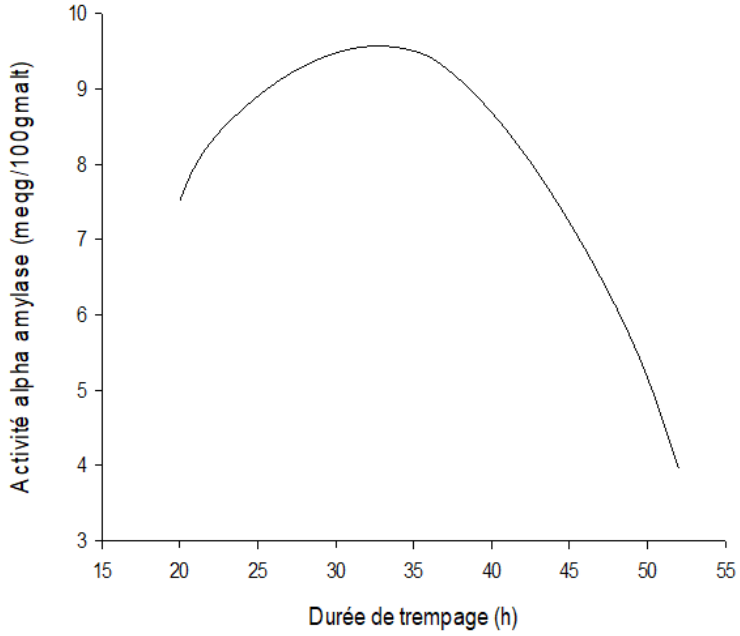


Fig. 1. Influence de la durée de trempage sur l'activité α amylase

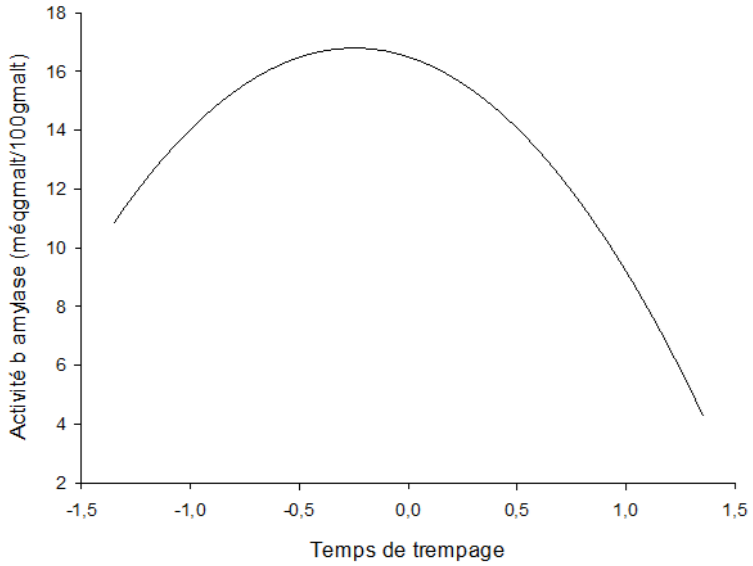


Fig. 2. Influence de la durée de trempage sur l'activité β amylase

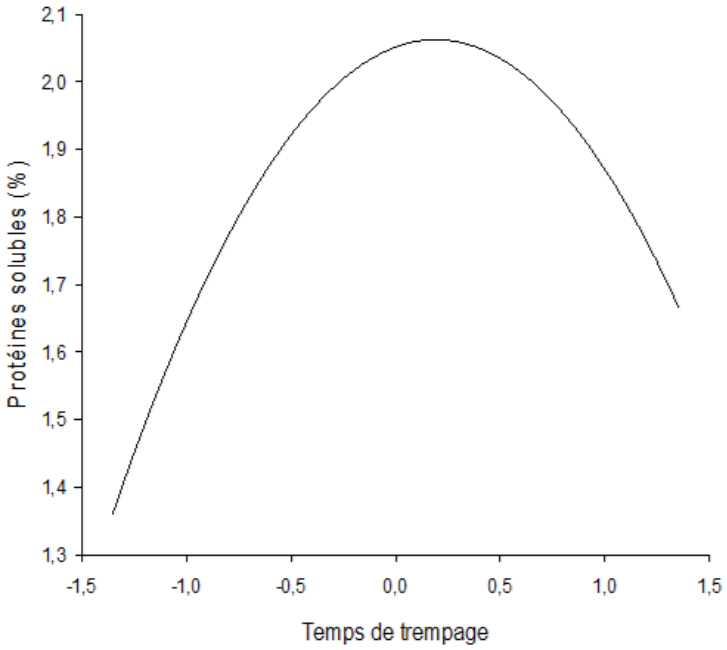


Fig. 3. Influence de la durée de trempage sur la teneur en protéines solubles

Pendant les 35 premières heures de trempage, les activités α et β amylase ainsi que le taux de protéines solubles des grains augmentent pour atteindre leur valeur maximale (figures 1, 2 et 3). Lorsque la durée de trempage excède les 35 heures, on assiste à une diminution des différentes réponses. En effet, au cours du trempage, l'oxygène dissous est rapidement absorbée par la graine et il s'opère une hydratation de l'embryon et de l'albumen suivie d'une synthèse et une diffusion des enzymes vers l'albumen. Le prolongement de ce trempage au-delà de 35 heures sans renouvellement de l'eau de trempage, entraine une accumulation de CO_2 et une fermentation avec production d'alcool [16]. L'absence d'oxygène va stopper la croissance du germe et la production d'enzyme. L'anaérobiose prolongée endommage et tue finalement la graine [17] - [18]. Par ailleurs, l'augmentation des pertes résultant du lessivage des minéraux essentiels et les activités métaboliques pourraient être un facteur majeur contribuant à la réduction des activités α amylase dans le grain. En effet, le phosphate, substance majeure facilement lessivable est connue pour être un important constituant des enzymes qui influencent la modification de la graine [19]. Par conséquent le lessivage de cette substance pourrait affecter l'activité de certaines enzymes telles que la phosphorylase qui catalyse la phosphorolyse des résidus de glucose de la chaine pour libérer du glucose 1 – phosphate [20]. Cette condition mettra fin à l'apport en acide gibbérellique mettant ainsi un frein à la stimulation de l'activité α amylase. La présence des microorganismes dans l'eau de trempage via les couches externes des grains peut être une cause non négligeable de la baisse de l'activité α amylase après des durées de trempage supérieures à 35h. Ces organismes inhibent la germination en faisant concurrence à l'embryon pour l'oxygène [21]. Une telle interférence conduit souvent à un phénomène connu sous le nom de sensibilité à l'eau au cours duquel les grains sont incapables de germer dans un excès d'eau [22].

3.2.2 INFLUENCE DE LA DUREE DE GERMINATION SUR L'ACTIVITE A AMYLASE ET SUR LES PROTEINES SOLUBLES

L'activité α amylase étant localisée au niveau des radicelles, il est logique que celle-ci augmente avec la durée de germination. En effet au cours des 72 premières heures de germination, la synthèse et la sécrétion des amylases et protéases par l'intermédiaire de l'acide gibbérellique contribue à stimuler l'activité de l'α amylase (figure 4) ainsi que la production des protéines nécessaires à la croissance du germe (figure 5). Par contre, passé ce délai de 72 heures, la diminution des protéines solubles est due à l'épuisement des réserves nutritives de la graine [23] et au ralentissement de la germination suite à l'inactivation de la synthèse des protéines au niveau des racines et du germe par rétroaction physiologique du germe. En outre, pendant cette deuxième phase de germination, le grain tend vers le stade de hussard et les activités photosynthétiques et respiratoires sont privilégiées au détriment des activités enzymatiques [24].

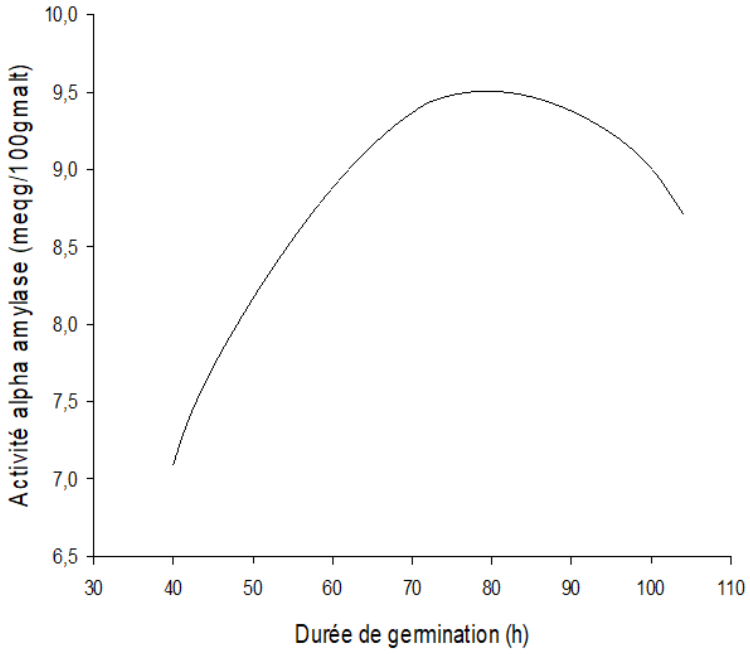


Fig. 4. Influence de la durée de germination sur l'activité α amylase

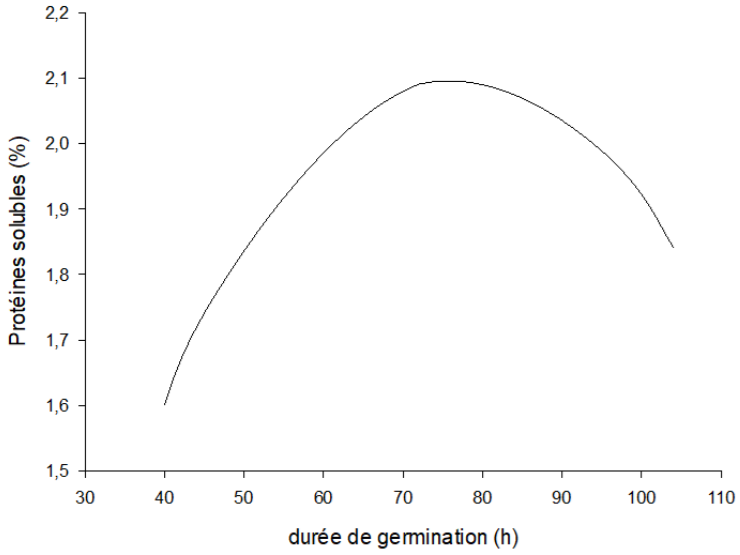


Fig. 5. Influence de la durée de germination sur la teneur en protéines solubles

3.2.3 INFLUENCE DE LA DUREE DE MATURATION SUR LES ACTIVITES A ET B AMYLASE, LES PROTEINES SOLUBLES ET LES ACIDES AMINES LIBRES

La maturation est caractérisée après 72h par une élévation de la température du malt qui passe de 27°C à environ 40°C. Au cours de cette opération, on observe une intensification de l'activité β amylase (figure 6). Par contre la baisse de l'activité α amylase observée serait liée au ralentissement de la croissance des radicelles (figure 7). En effet c'est au niveau de ces radicelles que l'on trouve une quantité importante de l'activité α amylase [25]. Après 50 heures de maturation, on assiste à une baisse de l'activité β amylase suite à une inactivation progressive (figure 7). En effet, suite à l'augmentation de la température au-delà de 38°C associée à une désoxygénation du milieu, les molécules de sucres vont subir une suite de dédoublements pour former de l'aldéhyde acétique, de l'alcool éthylique et des esters qui empoisonnent le grain et diminuent la vitalité du germe. Des résultats similaires ont été observés par [26] - [27] - [28].

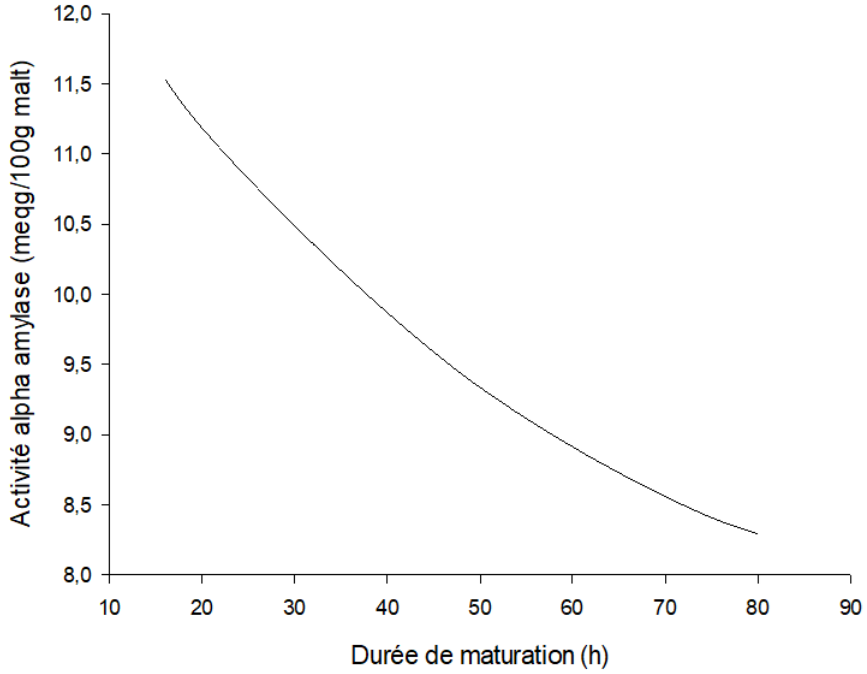


Fig. 6. Influence de la durée de maturation sur l'activité α amylase

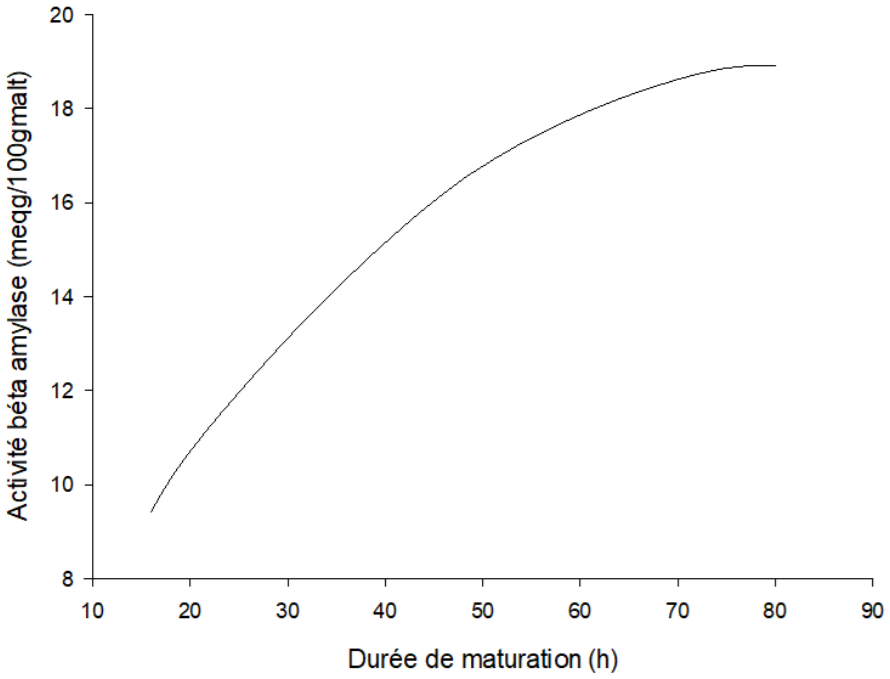


Fig. 7. Influence de la durée de maturation sur l'activité β amylase

La baisse du taux de protéines au cours de cette phase de maturation est liée à l'activité catabolique dominante dans le malt à cette phase du maltage (figure 8). En plus la microflore du malt très abondante va détourner les protéines pour leurs besoins nutritionnels [29]. L'activité catabolique des protéines enrichie le malt en acides aminés libres qui seront par la suite utilisés par la microflore pour les besoins nutritionnels associés à leur croissance (figures 9).

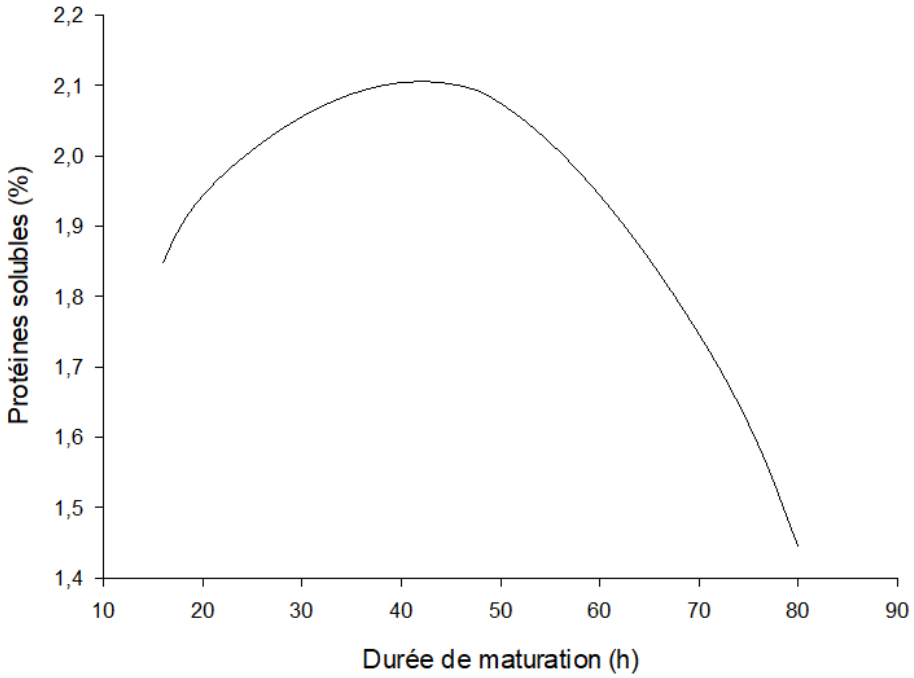


Fig. 8. Influence de la durée de maturation sur la teneur en protéines solubles

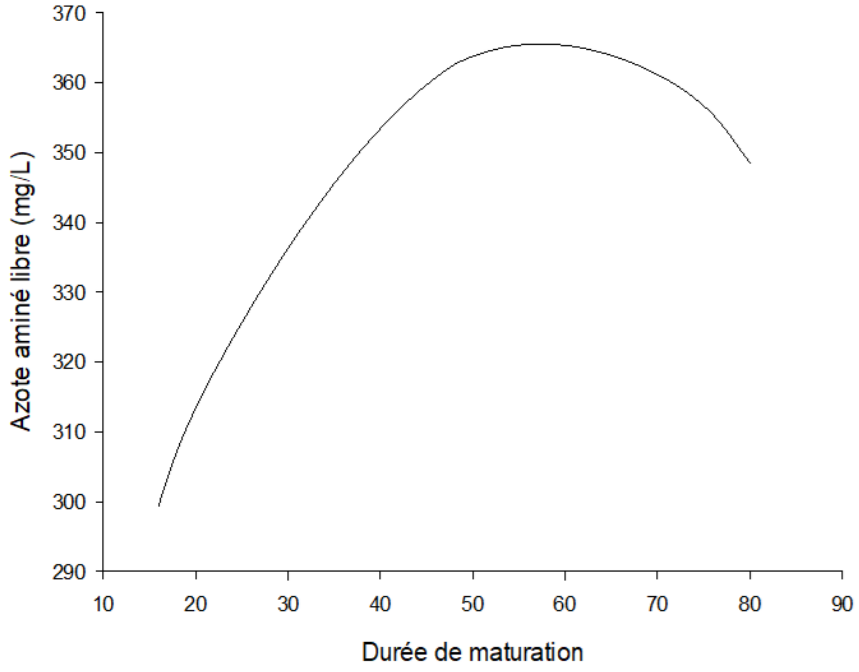


Fig. 9. Influence de la durée de maturation sur la teneur en azotes aminés libres

3.2.4 CONTRIBUTION DES INTERACTIONS DES FACTEURS ÉTUDIES POUR L'AMELIORATION DES REPONSES CHOISIES.

L'activité β amylase, les taux de protéines solubles et acides aminés libres sont significativement et positivement influencés par les interactions Germination x Maturation; Trempage x germination et Trempage x Maturation respectivement.

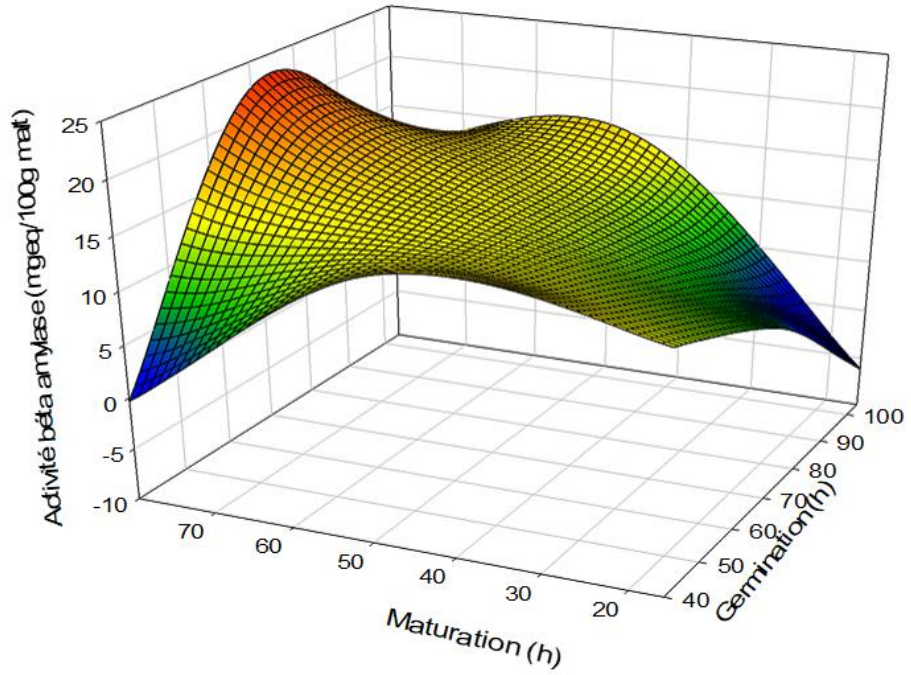


Fig. 10. Influence des facteurs durée de germination x maturation sur l'activité β amylase

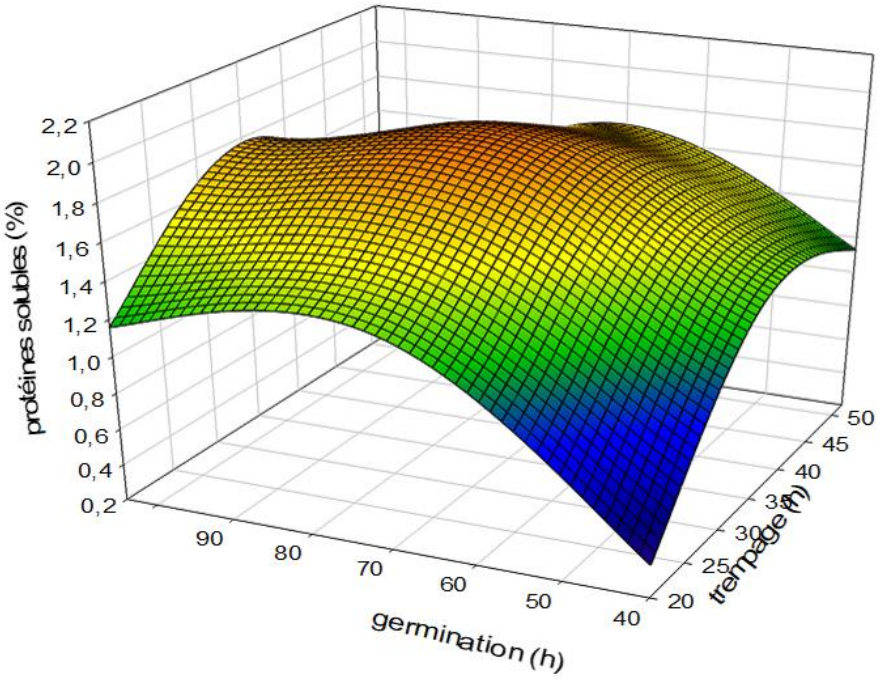


Fig. 11. Influence des facteurs durée de trempage x germination sur la teneur en protéines solubles

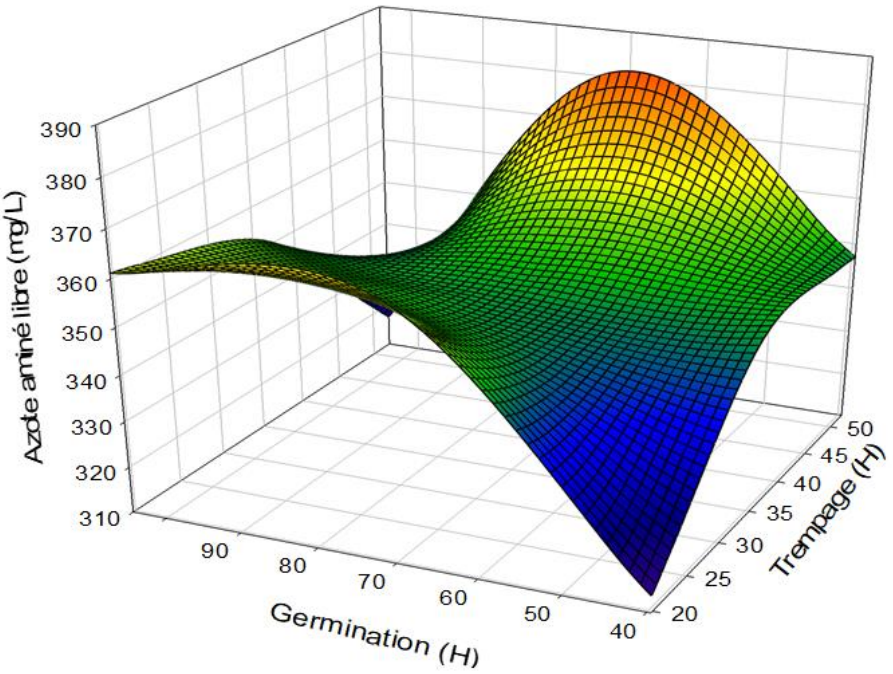


Fig. 12. Influence des facteurs durée de trempage x germination sur la teneur en azotes aminés libres

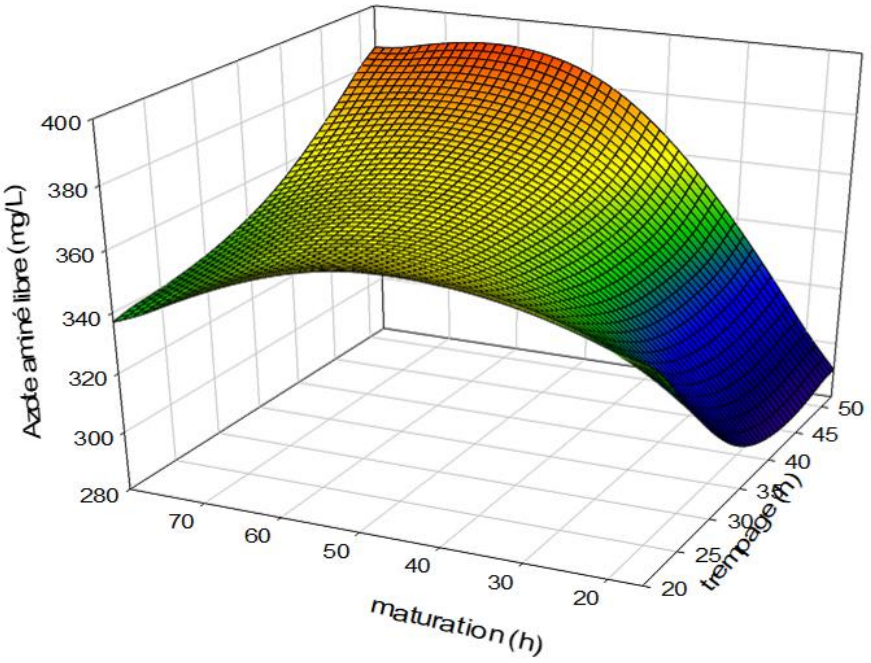


Fig. 13. Influence des facteurs durée de trempage x maturation sur la teneur en azotes aminés libres

L'interaction germination x maturation contribue à hauteur de 22,7% à l'amélioration de l'activité b amylase. De même, la teneur en protéines solubles est à 10,6% améliorée par l'interaction trempage x germination. La quantité quant aux acides aminés libres est augmentée de 12,3% et 17,5% respectivement par les interactions trempage x germination et trempage x maturation.

Il ressort de la figure 10 qu'une germination d'une durée supérieure à 50 heures entraine une diminution de l'activité β amylase du malt. Par contre, au cours de la maturation, on observe une augmentation de cette activité jusqu'à une durée de 50h. Au fur et à mesure que la maturation se poursuit au-delà de ce temps, l'activité β amylase baisse pour s'annuler après 70 heures de maturation. Les coordonnées de la zone optimale de l'activité β amylase pour une durée de maturation fixée à 48h

sont de 30h – 35h de durée de trempage et 48h – 72h pour la durée de germination. Dans cette zone les coordonnés du point de l'optimum est de 32h, 60h et 48h respectivement de trempage, de germination et de maturation pour une valeur d'activité β amylasique de 16,94 mgeqmalt/100gmalt.

Le trempage et la germination induisent une augmentation de la teneur en protéines solubles respectivement dans les 39 et 80 premières heures de leur application (figure 11). En effet le trempage d'une durée comprise entre 35 et 40 h est suffisant pour permettre au grain d'absorber une quantité d'eau suffisante (35-4%) pour le déclenchement de la production des protéinases et peptidases. Durant cette phase, on observe donc une augmentation des protéines solubles. Par contre au-delà de 40h de trempage, il y a de forte chance que l'humidité du grain soit supérieure à 40%. Dès lors il se mettra à respirer activement et puisque l'eau de trempage n'est pas renouvelée dans cette pratique technique, le germe s'asphyxiera par les produits de la respiration anaérobie (CO_2 et éthanol) et perdra sa vitalité et germera irrégulièrement. Dans ces types de malt, le taux de protéines solubles sera donc de plus en plus bas comme le montre la portion de la courbe après 40h de trempage.

La diminution des protéines solubles des malts après 80 h de germination est due à l'épuisement des réserves nutritives de la graine et un ralentissement de la germination c'est à dire une inactivation de la synthèse des protéines au niveau des racines et du germe par rétroaction physiologique du germe. En outre, après cette durée de germination, le grain tend vers le stade de hussard et les activités photosynthétique et respiratoire sont privilégiées au détriment de l'activité enzymatique [24].

Les coordonnées de la zone optimale de l'activité α amylase pour une durée de maturation fixée à 48h sont: 30h – 45h de durée de trempage et 61h – 92h pour la durée de germination. Dans cette zone les coordonnés du point de l'optimum est de 37h, 77h et 48h respectivement de trempage, de germination et de maturation pour une valeur optimale de protéines solubles de 2,06 %.

Les acides aminés libres sont les sources d'azote pour la nutrition des levures [30] (Bordet, 2022). Les malts issus de notre expérience présentent tous des teneurs élevées. En effet le trempage, la germination et la maturation ont tous trois une influence significative sur la production de les acides aminés libres de nos échantillons (figures 12 et 13). Ceci s'explique par le fait que ces trois facteurs favorisent la production des racines et tigelles qui sont particulièrement riches en acides aminés libres. Les mêmes résultats aussi obtenus par [1] - [27] - [31]

Les coordonnées de la zone optimale de l'azote aminé libre pour une durée de maturation fixée à 48h sont: 46h – 48h de durée de trempage et 48h – 72h pour la durée de germination. Dans cette zone les coordonnés du point de l'optimum est de 48h, 53h et 48h respectivement de trempage, de germination et de maturation pour une valeur optimale de d'azote aminé libre de 375 mg/L. Toutefois il convient de dire que sur tout le domaine d'étude la teneur en azote aminé libre des malts est très acceptable en brasserie [10].

3.3 OPTIMISATION MULTI-REPONSE DES CONDITIONS DE PRODUCTION

L'étape finale de la méthodologie des surfaces de réponses est la détermination des conditions optimales. Au regard de la bonne qualité prévisionnelle des modèles générés dans cette étude, les courbes isoréponses ont été exploitées pour estimer les conditions optimales de production de malt aux qualités technologiques améliorées.

La figure 14 présente la zone optimale (zone hachurée) pour une désirabilité fixée pour des activités α et β amylase, des teneurs en protéines solubles et en azote aminé libre élevées. Les coordonnées de cette zone déterminées graphiquement sont comprises entre (30h, 64h, 48h) et (38h, 86h, 48h), chaque donnée entre parenthèse représentant respectivement les durées de trempage, de germination et de maturation.

L'utilisation de la fonction désirabilité pour l'optimisation a permis de déterminer les coordonnées du point qui correspond à un point optimal de la zone déterminée graphiquement et les coordonnées de ce point sont (36h, 72h, 48h).

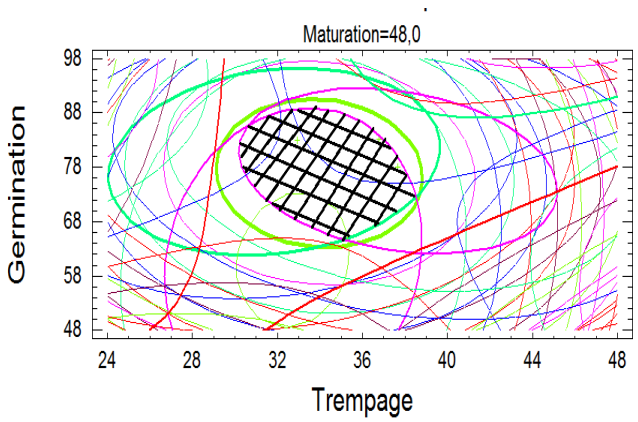


Fig. 14. Zone d'optimisation technologique de maltage

Les conditions optimales de production du malt sont respectées pour tous les points situés dans la zone hachurée. Trempage (30H – 38H) et germination (64H – 84H), maturation 48H. Les coordonnées du point de l'optimum sont de (36H, 72H, 48H)

Afin de vérifier une fois de plus la bonne qualité prévisionnelle des modèles générés, un test de confirmation a été mené en triple dans les conditions de désirabilité prédites. Le tableau 4 présente les valeurs des réponses mesurées et prédites. Ces valeurs ont été comparées et l'analyse statistique (t- test) a montré qu'il n'existe pas une différence significative entre elles au niveau de confiance de 95%. Ce qui confirme le bon ajustement des modèles générés.

Tableau 4. Tableau comparatif des réponses prédites et des réponses expérimentales

Réponses	Valeurs prédites	Valeurs expérimentales	p
Activité α amylase (mgeqm/100gmalt)	9,19	9,34 ± 1,06	0,495
Activité β amylase (mgéqm/100gmalt)	16,94	15,97±1,06	0,495
Protéines solubles (%)	2,06	2,05 ± 0,22	0,951
Azote aminé libre (mg/L)	375	377,67±6,02	0,523

4 CONCLUSION

La présente étude a permis déterminer les durées optimales de trempage, de germination et de maturation permettant la production d'un malt de qualité technologique pour la production du *bili-bili*. Il ressort que tous les 3 facteurs influencent significativement (P< 0,05) la teneur en protéines solubles et l'activité α amylase. La durée de trempage et de maturation ont un effet significatif sur l'activité β amylase. La durée de maturation a un effet significatif sur la teneur en azotes aminés libres. Les modèles mathématiques qui expriment chacune des réponses en fonction des facteurs montrent une bonne qualité prévisionnelle. Pour obtenir un malt aux qualités technologiques appréciables, les conditions de maltage sont les suivant: 36h de trempage, 72h de germination et 48h de maturation dans les conditions de désirabilité optimale des 4 réponses choisies. Dans un contexte de regain d'intérêt pour la valorisation des produits et des systèmes alimentaires locaux, ce travail aura eu le mérite de répondre à quelques-unes des attentes des principaux acteurs de ce système technique. Toutefois la maitrise des procédés et de la qualité globale du *bili-bili* exigent des études complémentaires à l'instar de la détermination des conditions traditionnelles de brassage optimales.

REFERENCES

[1] J. Dewar, J.R.N. Taylor, & P. Berjak. Determination of improved steeping conditions for sorghum malting. J. Cereal Sci. 26, 129-136,1997.

[2] R.C. Agu, G.H. Palmer. Enzymatic breakdown of endosperm proteins of sorghum at different malting temperatures. J. Inst. Brew. 102: 415-418, 1996.

[3] C. Touwang, E. J. Nso & R. Ndjouenkeu. Production Du Bili-Bili, Bière Traditionnelle De Sorgho Du Nord Cameroun: Diversité des procédés de production et qualité des produits. European Scientific Journal. Vol.14, No.36 ISSN: 1857 – 7881, 2018.

[4] C. Touwang, E. J. Nso & R. Ndjouenkeu. Système technique de production du « bili-bili », bière traditionnelle de sorgho: variabilité territoriale des pratiques et perspectives de valorisation. International Journal of Innovation and Applied Studies. ISSN 2028-9324 Vol. 34 No 2 Nov. 2021. 343-353.

[5] F. Louvet, L. Delplanque. Les Plans d'Expériences: une approche pragmatique et illustrée. Expérimentique Orléans, France. 2005.

[6] A. Koocheki, R. Ali, Taherian, M.A. Seyed, Razavi, B. Aram. Response surface methodology for optimization of extraction yield, viscosity, hue and emulsion stability of mucilage extracted from lepidium perfoliatum seeds Foods Hydrocolloids, 23, 2369-2379. (2009).

[7] P. Bernfeld., 1955. «Amylases β and α. In: Methods in enzymology 1.» SP Colswick, NO Kaplan. Eds. Academic Presse inc, New York, pp. 149-154, (1955).

[8] P. Giamarchi. Dosage de l'activité alpha et béta-amylasique. In *Methodes d'Analyse,* Herzele P (ed). Laboratoire de Nutrition: Brazaville-Congo; 1-8. (1992).

[9] M.B. Devani, J.C. Shhioshoo, S.A. Sha and B.N. Suhagia. Spectrophotometrical method for micro determination of nitrogen in kjeldahl digest. J. Ass. Of Anal. Chem. 72 (6): 953-956, 1989.

[10] EBC, European Brewery convention. Nürnberg: Fachverlag Hans Carl, (1998).

[11] D. Bas, I.H. Boyac. Modeling and optimization I: Usability of response surface methodology. J. Food Eng., 78: 836-845, 2007.

[12] Jogelar et May, 1987,: A.M. Joglekar, A.T. May, Product excellence through design of experiments. Cereals foods world 32, 857 – 868, 1987.

[13] P. Dalgaard & L.V. Jorgensen. Predicted and observed growth of listeria monocytogenes in sea food challenge tests and in naturally contaminated cold smoked salmon. Int J. food microbiol. 40, 105-115, 1998.

[14] T. Ross. Indices for performance evaluation of predictive models in food microbiology. J Appl Bacteriol 81: 501–508, 1996.

[15] J. Baranyi, C. Pin, T. Ross. Validating and comparing predictive models. Int. J. Food Microbiol., 48: 159-166, 1999.

[16] H.Y. Cho, E. Loreti, M.C. Shih, P. Perata. Energy and sugar signaling during hypoxia. New Phytol. 2021; 229: 57–63, 2021.doi: 10.1111/nph.16326.

[17] D.E. Briggs, J.S. Hough, R. Stevens & T.W. Young. Malting and brewing science. Vol. 1. London: Chapman & Hall, 1981.

[18] *F. Corbineau, 2022. Oxygen, a* key signalling factor in the control of seed *germination* and dormancy. Seed Science Research, *2022.*

[19] R. Bam, S. Ofori, E. Asiedu. Germination, vigueur et activité déshydrogénase des grains de riz (Oryza sativum L.) naturellement vieillies et trempées dans des sels de potassium et de phosphore. Journal asiatique de sciences végétales. 5 (6). DOI: 10.3923/ajps, 948-955, 2006.

[20] D.E. Briggs. Malts and malling, Blackie Academie & professional, 7986 pages, 1998.

[21] A. Laitila, E. Kotaviita, P. Peltola, S. Home, A. Wilhelmson. Indigenous microbial community of barley greatly influences grain germination and malt quality. Journal of the Institute of Brewing 113, 9-20, 2007.

[22] G.S. Gilbert. Seed disinfestation practices to control seed borne fungi and bacteria in home production of sprouts. 2003.

[23] M. J. Gnanwa, J. B. Fagbohoun, K. C. Ya, S. H. Blei, G. A. M. Beugre, L P. Kouame, Effet de la germination sur les composés biochmiques, minéraux, activités enzymatiques et digestibilité des graines d'arachides (arachis hypogaea l.) de Daloa (cote d'ivoire) agronomie africaine sp. 33 (2): 251 – 262, 2021.

[24] H. Robert. Etude du maltage artisanal de l'orge brassicole pour son développement en circuit court en Wallonie. URI/URL: http://hdl.handle.net/2268.2/3013, 2017.

[25] E. J. Nso, P.E. Ajebesone, C.M. Mbofung & G. H. Palmer. Properties of three sorghum cultivars used for the production of bili-bili beverage in northern Cameroon. *J. Inst. Brew*., 109 (3), 245-250, 2003.

[26] J. Dewar, J.R.N. Taylor, & P Berjak. Determination of improved steeping conditions for sorghum malting. J. Cereal Sci. 26, 129-136, 1997.

[27] P. Morrall, H.K. Boyd, J.R.N. Taylor & W.H. Van Der-Walt Effect of germination time, temperature and moisture on malting of sorghum (Sorghum bicolor*).* J. Inst. Brew, 92, 439 - 445. 1986.

[28] L.A.M. Pelembe, J. Dewar, J.R.N. Taylor. Effect of Germination Moisture and Time on Pearl Millet Malt Quality – With Respect to Its Opaque and Lager Beer Brewing Potential. 2004.
[29] W.H. Coulibaly, K.F. N'guessan, I.Coulibaly, K.M. Djè, P. Thonart. Les levures et les bactéries lactiques impliquées dans les bières traditionnelles à base de sorgho produites en Afrique subsaharienne (synthèse bibliographique). Biotechnology. Agronomie Société Environnoment, 18 (2), 209-219, 2014.
[30] F. Bordet. Interactome entre micro-organismes au cours la fermentation alcoolique des vins. Biochimie [q-bio.BM]. Université Bourgogne Franche-Comté, 2022. Français. NNT: 2022UBFCK028. tel-04085287.
[31] M.J.R. Nout & Davis, B.J., Malting characteristics of finger millet, sorghum and barley. Journal of the Institute of Brewing. 88, 157–163, 1982.

International Journal of Innovation and Applied Studies
ISSN 2028-9324 Vol. 43 No. 4 Oct. 2024, pp. 1078-1088
© 2024 Innovative Space of Scientific Research Journals
http://www.ijias.issr-journals.org/

Modélisation de la gestion des zones pastorales au Burkina Faso: Dynamique et perspective d'évolution des parcours

[Pastoral zones management modelling in Burkina Faso: Dynamic and prospect for rangeland development]

Hahadoubouga Paul Yarga[1-2], Sidiki Guelbéogo[2], Abdoul Rasmané Zongo[2], Amoin Flora Yao[3], and Lucien Ouedraogo[1-2]

[1]Centre National de la Recherche Scientifique et Technologique (CNRST), Institut de l'Environnement et de Recherches Agricoles (INERA), Laboratoire Ressources Naturelles et Innovations Agricoles (LaReNIA), Burkina Faso

[2]Université Joseph KI-ZERBO (UJKZ), Laboratoire d'Études et de Recherches sur les Milieux et les Territoires, Burkina Faso

[3]Université Felix Houphouët Boigny, Laboratoire Espaces, Territoires, Aménagement, Milieux et Populations, Côte d'Ivoire

Copyright © 2024 ISSR Journals. This is an open access article distributed under the ***Creative Commons Attribution License***, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

ABSTRACT: Harmonious management of pastoral areas is a challenge for the sustainability of pastoral resources. This study aims to analyze management methods' impact on the sustainability of rangelands in pastoral areas in Burkina Faso. For this purpose, diachronic and prospective study of land use are an effective approach for a long run area assessment through mapping. The mapping work carried out in Gadeghin and Sidéradougou pastoral zones has enabled an assessment of land use in these areas. By observing the dynamics of land use in the pastoral zones from 1990 to 2020, we note a considerable reduction in rangelands made up of natural formations in favor to crop production. This development has taken place in strong growth of human and animal populations context. In addition, we noted that the management methods identified in these areas have had a negative impact on the dynamics of pastoral areas. In fact, the projection of the dynamics of pastoral areas up to 2050 predicts the extinction of certain vegetation units in these areas if the degradation factors increase in the same direction and with the same intensity. The government and practitioners should take actions to halt or reverse the deterioration of pastoral areas in order to ensure sustainable pastoralism in Burkina Faso.

KEYWORDS: management method, grazing space, sustainability, prospective analysis.

RESUME: La gestion harmonieuse des espaces pastoraux est un défi pour la durabilité des ressources pastorales. L'objectif de cette étude est d'analyser l'impact des modes de gestion sur la durabilité des parcours dans les espaces pastoraux au Burkina Faso. De ce fait, l'étude diachronique et prospective de l'occupation du sol constitue une démarche efficace permettant une évaluation à long terme de l'espace mettant en relief la dynamique de l'occupation du sol et ses répercussions sur les parcours. Les travaux cartographiques menés dans les zones pastorales de Gadeghin et de Sidéradougou ont permis de faire une évaluation de l'occupation des terres dans ces espaces. En observant la dynamique de l'occupation du sol des zones pastorales étudiées de 2000 à 2020, on constate une réduction considérable des parcours constitués de formations naturelles au profit des champs. Cette évolution s'est faite dans un contexte de forte croissance de la population humaine et animale dans ces espaces. Aussi, on retient que les formes de gestion en vigueur dans ces zones ont eu un impact négatif sur la dynamique des espaces pastoraux. En effet, la projection de la dynamique des espaces pastoraux sous ces formes de gestion à l'horizon 2050 présage l'extinction de certaines unités de végétation dans ces espaces si les facteurs de dégradation évoluent dans le même sens et avec la même intensité. Les pouvoirs publics et les agropasteurs doivent en conséquence mener des actions de sensibilisation dans le sens de freiner voire inverser la tendance de réduction et de dégradation des parcours des zones pastorales pour un pastoralisme durable au Burkina Faso.

MOTS-CLEFS: mode de gestion, espaces de pâture, durabilité, analyse prospective.

Corresponding Author: Hahadoubouga Paul Yarga

1 INTRODUCTION

L'élevage au Burkina Faso, basé sur l'exploitation des ressources naturelles, est très vulnérable au changement climatique. L'idée de la mise en place des zones pastorales est liée aux conséquences des sécheresses de 70-80 dans le but de sédentariser les éleveurs peulhs du Nord et de dynamiser le secteur de l'élevage de façon générale ([1], [2].

Au Burkina Faso, la disponibilité du fourrage dépend en majeure partie de la production des pâturages pour laquelle les aires de pâture et les zones pastorales constituent les composantes essentielles. Ces espaces de pâture par excellence ont suscité un espoir de développement de l'élevage par la disponibilité des ressources fourragères et la mobilité du cheptel. L'aménagement des parcours dans ces zones et la sécurisation des pistes d'accès aux ressources et pour la transhumance sont des activités de gestion qui participent à l'amélioration du système agropastoral. Mais de plus en plus ces espaces se dégradent à cause des activités humaines (extension des champs) et des effets de la variabilité climatique sur les ressources pastorales (eau et fourrage) [3]. La nécessité d'une gestion efficiente des zones pastorales s'impose alors pour la durabilité du pastoralisme. Le pastoralisme est un mode de vie complexe qui s'efforce de maintenir un équilibre optimal entre les pâturages, le bétail et les populations dans des milieux variables et incertains [4]. En effet, on retient que la tendance générale qui caractérise l'évolution des systèmes agraires dans de nombreux pays en Afrique sub-saharienne, aussi bien dans les zones sèches que dans les zones sub-humides, est l'augmentation rapide des superficies cultivées au détriment des pâturages naturels [5]. Les références [6] et [7] ont montré que la gestion actuelle des espaces pastoraux ne favorise pas la durabilité des ressources pastorales au Burkina Faso. Le pastoralisme connaît de nombreuses contraintes liées en grande partie à la disponibilité des ressources fourragères. Toutefois, les travaux antérieurs n'ont pas suffisamment mis l'accent sur l'impact des modes de gestion sur la durabilité des parcours à long terme dans l'espace. Aussi, la perception des agropasteurs de la dynamique de leur espace est un paramètre à prendre en compte dans la gestion durable des zones pastorales. D'où la nécessité d'approfondir la réflexion sur la gestion dans le long terme des zones pastorales dans un contexte pression foncière croissante.

La présente étude dont l'objectif est d'analyser l'impact des modes de gestion sur les parcours dans les espaces pastoraux au Burkina Faso d'ici à 2050 s'inscrit dans cette vision. Dès lors, il est pertinent de s'interroger si les différentes formes de gestion des zones pastorales contribuent à la durabilité des parcours à l'horizon 2050. Autrement dit, quel système de production pastorale garantit une disponibilité permanente des ressources pastorales dans le long terme ? Ce questionnement appelle au concept de durabilité dans l'exploitation des zones pastorales. C'est cette approche qui est adoptée dans le présent travail afin de mieux cerner les paramètres d'évolution des espaces de pâture à travers la cartographie diachronique, prospective et la perception des populations. La revue documentaire a permis non seulement de peaufiner la problématique mais également de retenir les variables pertinentes pour ce travail organisé autour de la méthodologie et des résultats.

2 MÉTHODOLOGIE DE L'ÉTUDE

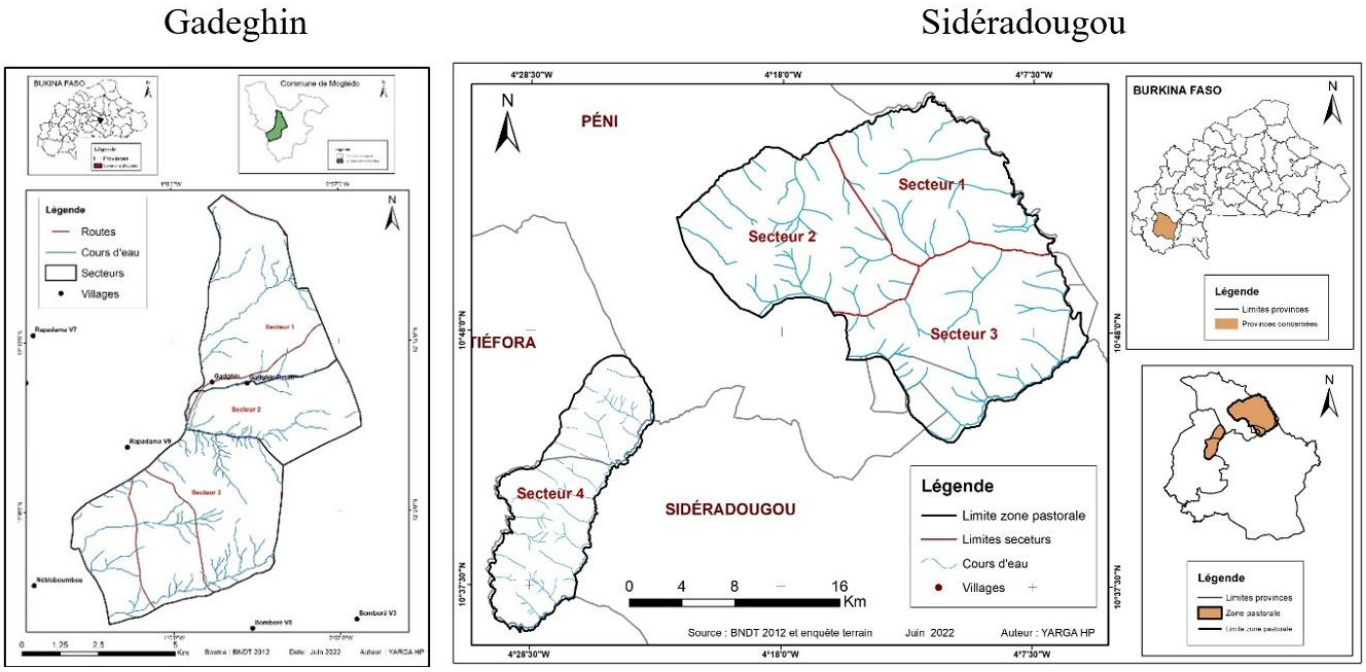
Une méthode de travail affinée à l'aide d'outils adéquates a permis d'obtenir des données de qualités dans les sites de l'étude.

2.1 LA ZONE D'ÉTUDE

La zone d'étude est constituée de deux entités géographiques que sont les zones pastorales de Gadeghin et celle de Sidéradougou.

Créée par un arrêté conjoint N° 2000/33 MRA/AGRI/MEE/MEF/MATS/MEM/MIHU du 21 07 2000 [8], la zone pastorale de Gadeghin située dans la commune de Mogtédo relève de la province du Ganzourgou dans la région du Plateau central. La zone pastorale de Gadeghin comprise entre les latitudes 12°07'et 12°14'Nord et les longitudes 00°56' et 01°02', couvre une superficie d'environ 6 000 hectares (5834 ha). Elle connaît un climat tropical de type soudano-sahélien avec une pluviométrie moyenne annuelle de 800 mm.

La zone pastorale de Sidéradougou est située dans le climat sud-soudanienne entre les parallèles 10°30' et 11°104' de latitude Nord et les méridiens 3°55' de longitude Ouest 4°50' de longitude Est. Créée par l'arrêté conjoint n°2000 41/MRA/AGRI/MEE/MEF /MATS/ MEM/MINU du 21/07/2000 ([9]), elle couvre une superficie de 51 500 ha. Cette aire subdivisée en deux entités géographiques est partagée entre les communes Tiéfora et Sidéradougou dans la province de la Comoé et la commune de Péni dans le Houet (Cf. carte1). Ces communes rurales sont situées dans le domaine climatique tropical sud-soudanien qui est limité au nord par l'isohyète 1000 mm et au sud par l'isohyète 1200 mm. Ces zones subdivisées en secteurs ou unités pastorales sont choisies en fonction du gradient climatique.



Carte 1: Situation de la zone d'étude

2.2 MÉTHODES

La modélisation prospective s'est appuyée sur l'analyse de la dynamique diachronique sur un pas de temps de 10 ans des unités de végétation dans les zones pastorales.

2.2.1 ANALYSE DIACHRONIQUE DES PARCOURS DANS LES ZONES PASTORALES DE 2000 À 2020

Pour évaluer les changements opérés dans le temps, des analyses statistiques ont été faites pour les périodes de 2000 et 2020. Il s'agit du taux de changement global, du taux moyen annuel d'expansion spatiale et de la matrice de transition. Les références [10] et [11] ont utilisé ces indicateurs pour quantifier les changements d'occupation du sol dans divers sites. Les analyses participative et prospective ont permis d'avoir une vision future de l'impact de la dynamique d'occupation de l'espace dans les zones pastorales sur la disponibilité des ressources fourragères.

❖ Le taux de changement global

Le taux de changement global est l'évaluation des changements à l'échelle globale en faisant ressortir le pourcentage d'évolution des différentes unités d'occupation des terres entre deux périodes. Le taux de changement global (Tc) de l'occupation du sol entre deux dates a été calculé pour chaque classe d'occupation du sol sur la base de la formule suivante:

$$T_c = \left(\frac{S2 - S1}{S1}\right) x\ 100$$

S1 et S2 sont respectivement la superficie initiale et finale de la classe d'occupation du sol. Cette formule a été utilisée par les références [12] et [11] pour quantifier le changement global des unités de végétation dans les différents sites d'études.

Le calcul des superficies de chaque unité d'occupation du sol a permis de mesurer l'ampleur des changements et aussi, par des relations de superposition, de décrire la dynamique de l'occupation des terres qui se caractérise par trois situations:

- si Tc = 0, on conclut qu'il y a stabilité de cette unité d'occupation;
- si Tc < 0, cette catégorie d'occupation a subi un changement de manière régressive;
- si Tc> 0, on conclut qu'il y a extension ou évolution de l'unité d'occupation.

❖ Le taux moyen annuel d'expansion spatiale

Le taux moyen annuel d'expansion spatiale exprime la proportion de chaque catégorie d'occupation du sol qui change annuellement. A partir de la superficie de ces catégories, ce taux a été calculé grâce à la formule suivante:

$$T = \frac{lnS2 - lnS1}{(t2 - t1)lne} x\ 100$$

T: Taux d'évolution annuel de la classe i; S1: superficie de la classe i au temps t1; S2: superficie de la classe i au temps t2., ln logarithme népérien; e la base des logarithmes népériens (e = 2,71828 coefficient invariable).

Dans le cadre de cette étude, les résultats obtenus ont permis de faire les bilans d'évolution des différentes unités d'état de surface de 2000 à 2020.

❖ La matrice de transition

La modélisation des changements d'occupation par unité de végétation a été effectuée sur la base d'une matrice de transition. La matrice de transition qui est un tableau à double entrées a permis de décrire de manière condensée, la typologie des changements intervenus aux différentes périodes. Le principe de base considère que chaque catégorie d'occupation des terres est constituée d'un nombre de cellules et chaque cellule a plus ou moins changé d'état pendant la période considérée (2000 à 2020). Pour évaluer l'ampleur des changements à chaque étape d'évolution, le facteur de conversion utilisé par la référence [13] a été calculé pour les périodes: 2000 à 2010 et de 2010 à 2020.

La formule est la suivante:

$$Fc = \left(\frac{Sc}{Si1}\right) * 100$$

Fc: facteur de conversion

Sc: Superficie totale des changements au sein d'une catégorie vers d'autres de t1 à t_2.

Si1: Superficie de la même catégorie en t_1.

❖ L'évaluation et la validation de la classification: matrices de confusion

Les résultats obtenus après la classification ont été évalués et validés avec la matrice de confusion. La matrice de confusion permet de calculer la précision globale de la classification (nombre total de pixels bien classés sur le nombre total de pixels multiplié par 100) et l'indice de Kappa (tableau1). La référence [14] a indiqué que l'indice de kappa est excellent quand sa valeur est supérieure à 0,81. La discrimination entre les différentes classes d'occupation des terres est statistiquement significative pour les images de 2000, 2010, et 2020 dans les deux zones pastorales. En effet, les matrices de confusion ont montré globalement qu'il n'existe pas d'énormes confusions entre les classes pour les quatre images (2000, 2010, et 2020).

Tableau 1. Précision globale et indice de Kappa

Années	Gadeghin			Sidéradougou		
	Précision globale	**Indice de Kappa**	**Points d'entrainement**	**Précision globale**	**Indice Kappa**	**Points d'entrainement**
2000	95,20	0,94	271	99,28	0,99	279
2010	93,15	0, 92	146	99,53	0,99	212
2020	99,56	0,99	225	98,13	0,97	107
Terrain		87			122	

Source: Données issues des matrices de confusion des images Landsat 2000,2010 et 2020

2.2.2 ANALYSE PROSPECTIVE

L'analyse prospective qui s'est basée sur les changements d'occupation par unité de végétation (2000 à 2020) a permis de montrer l'impact des différentes formes de gestion sur la disponibilité fourragère à l'horizon 2050. L'étude de l'occupation du sol est une entrée privilégiée dans l'évaluation des interactions entre l'Homme et son milieu ([15]). L'analyse cartographique a consisté en premier lieu au traitement des images Landsat (2000-2020) suivant trois grandes étapes à savoir le prétraitement, le traitement et le post-traitement.

Tableau 2. Phases de traitement des images satellitaires

Prétraitement	Traitement	Post-traitement
• Acquisition des images Landsat sur internet • Corrections radiométriques, géométriques et à extraction des images Landsat	• Réalisation des compositions colorées sur les bandes brutes des images • Définition des régions d'intérêt (ROI) pixels ; • Définition de la nomenclature en se basant sur celle de l'IGB ; • Classification supervisée par la méthode de maximum de vraisemblance	• Vérité terrain (collecte des coordonnées sur unités de formations) • Validation de la classification avec des points de contrôle pris sur le terrain ; • Réalisation des cartes d'occupation de sol et des statistiques ; • Analyse des résultats de l'occupation des sols

Source: YARGA, 2021

La seconde phase de l'analyse cartographique a concerné l'utilisation du model Land Change Modeler avec le logiciel Spacelle qui est modèle de type automate. Bien vrai que les modèles de type automates cellulaires ont été plus utilisés dans la modélisation urbaine ([16]), leur utilisation dans la modélisation de la dynamique forestière n'est pas récente [17]. Ces modèles ont permis de prévoir l'évolution des systèmes forestiers.

Les résultats de l'état des lieux des zones pastorales du Burkina Faso ([1]), le rapport sur les systèmes de production durables en zones sèches produit par la référence [18], l'étude d'évaluation de l'état général des ressources pastorales au Burkina Faso ([19]) ainsi que les données collectées sur le terrain ont été à la base des différents scénarios choisi. Il s'agit dans le cas présent du scenario pessimiste dit catastrophique et celui optimiste. Ces scénarios caractérisent les formes de gestion dans les zones pastorales au Burkina Faso. La validation du modèle, a permis d'affirmer que la modélisation spatiale des zones pastorales s'exprime mieux avec le logiciel Spacelle avec la prise en compte des différents scenarios. L'avantage de ce logiciel est qu'il fonctionne exactement selon le principe général des automates cellulaires et dispose de deux typologies de spatialisation des cellules. Il s'agit de la typologie des quatre voisins et celle de huit voisins la plus utilisée car elle offre plus de possibilités de simulation des cellules dans toutes les directions. De même, le modèle qui définit la dynamique de l'automate doit être programmé par l'utilisateur qui donne la durée de vie et de transition des cellules ainsi que les hypothèses et les règles de bases pour la simulation. Le calcul de la durée de vie des états cellulaires a été effectué suivant la formule de calcul de l'espérance de vie des espèces en écologie, en tenant compte du taux d'extinction des unités d'occupation des terres [20].

Soit N1 le nombre de cellules appartenant à un état cellulaire au temps T1, N2 le nombre de cellules au temps T2. Le taux d'extinction équivaut à:

$$t = \frac{N1 - N2}{(T1 - T2) * N1}$$

Ainsi, la durée de vie s'obtient en faisant l'inverse du taux d'extinction: $D = \frac{1}{t}$

Les données de l'échantillon démographique ont été collectées par un questionnaire. Le type d'échantillonnage non probabiliste choisi est celui par quotas. Le plan de sondage le plus simple, celui de la taille de l'échantillon à partir d'une population mère a été retenu ([21]).

La taille de l'échantillon de ménages à enquêter a été déterminée par la méthode suivante:

$$n = \frac{z^2.N.\sigma_p^2}{(N-1)e^2+Z^2\,\sigma_p^2}$$ [22]

N = *Taille de la population mère ou le nombre de ménages*; n = *taille de l'échantillon*

e = *Marge d'erreur (5%);* z^2 = *Constante (1,96);* σ^2_p= *écart-type de la population (0,25)*

Cette formule a permis d'interroger un échantillon de 290 chefs de ménages composés d'agro-pasteurs et de pasteurs

Des fiches de collectes numérisées adressées aux agro-pasteurs et aux pasteurs ont permis d'appréhender les perceptions locales de la dynamique du couvert végétal au sein des zones de pâtures. L'approche paxéo-configurationnelle [23] pour cerner la situation des ressources fourragères telles qu'elles se présentent tout en envisageant des changements potentiels dans les zones pastorales a été utilisée. C'est le passage d'une situation A (réelle) à une situation B (envisageable grâce à des efforts entrepris par les acteurs sociaux soucieux de modifier la situation en présence) [24].

Le traitement des données cartographiques a été fait avec les logiciels QGIS et Spacelle. Les logiciels Excel et SPSS 22 ont servi au dépouillement et le traitement des informations collectées sur le terrain à l'aide du questionnaire.

Le travail terrain s'est déroulé du 19 au 25 Avril 2021 dans la zone pastorale de Sidéradougou et du 03 au 09 Mai 2021 dans celle de Gadeghin.

2.3 OUTILS ET DONNÉES

Les données utilisées dans le cadre de ce travail sont de deux ordres. Il s'agit des données primaires collectés sur le terrain (socio-démographique, coordonnées géographiques) et les données secondaires (images satellitaires et BNDT).

- Les données cartographiques collectées sur le terrain ont servi à la caractérisation des unités de végétation et la localisation des infrastructures pastorales;
- La base nationale de données topographiques (bndt) a permis l'exploitation des limites administratives des communes, des provinces et des régions; ainsi que les cours et plans d'eau, les voies de communication et les localités du burkina faso;
- Les images satellitaires landsat 2000, 2010 et 2020 (tm, tm+ et oli/tirs) du tableau 3 ont permis de caractériser la dynamique spatio-temporelle de l'occupation des terres.

Tableau 3. Références des images

Type d'image	Path/Row	Dates d'acquisition	Zone pastorale
Landsat TM et ETM+	196/53	22-oct-2000; 29-oct-2010	Sidéradougou
Landsat TM et ETM+	197/53	07-nov-2000 ; 04-dec-2010	Sidéradougou
Landsat OLI/TIR	196/53	21-oct-2020	Sidéradougou
Landsat OLI/TIR	197/53	28-oct-2020	Sidéradougou
Landsat TM et ETM+	194/52	24-oct-2000; 29-nov-2010	Gadeghin
Landsat OLI/TIR	194/52	23-oct-2020	Gadeghin

Source: USGS, https://glovis.usgs.gov/.

3 RÉSULTATS ET DISCUSSION

3.1 DYNAMIQUE DES UNITES DE VEGETATION DANS LES ZONES PASTORALES DE 2000 À 2020

A la lecture du tableau 4, il ressort qu'en 2000 la savane arbustive et la savane herbeuse occupaient la plus grande partie de la superficie de la zone pastorale de Sidéradougou. Le même constat est fait pour l'année 2010 avec une dominance de la savane arbustive dans cette zone. En ce qui concerne la zone pastorale de Gadeghin, les savanes arbustive et herbeuse ont dominé les différentes formations végétales en 2000. Cependant, en 2010, on a assisté à une large domination de la savane herbeuse. Il apparaît donc une augmentation des zones de culture et des sols nus.

Tableau 4. Superficies des unités d'occupation des terres en 2000 et en 2010

SITES	GADEGHIN		SIDERADOUGOU	
Unité d'occupation	Superficie en 2000 en %	Superficie en 2010 en %	Superficie en 2000 en %	Superficie en 2010 en %
Forêt galerie	1,89	1,78	0,94	1,48
Savane arborée	22,98	8,59	7,93	5,45
Savane arbustive	36,68	27,44	43,72	58,34
Savane herbeuse	32,48	53,85	40,50	24,24
Sol nu	4,20	5,58	3,55	4,73
Zone de culture	1,77	2,75	3,36	5,76
Total	100	100	100	100

Source: images Landsat de 2000 et 2010

Le tableau 5 nous renseigne que dans la zone pastorale de Sidéradougou, la savane arbustive occupait la plus grande superficie en 2010 suivie de la savane herbeuse. En 2020, la savane arbustive vient toujours en tête mais avec une superficie réduite d'un tiers. Par contre la savane herbeuse et surtout les zones de culture ont connu un gain de superficie bien remarquable.

Dans la zone pastorale de Gadeghin, deux formations végétales sont dominantes durant cette période (2010 à 2020). Il s'agit respectivement de la savane herbeuse légèrement réduite en 2020 et de la savane arbustive qui a connu un gain de superficie en 2020. Les zones de culture ont presque doublé durant cette période.

Tableau 5. Evolution des superficies entre 2010 et 2020 dans les zones pastorales

SITES	GADEGHIN		SIDERADOUGOU	
Unité d'occupation	Superficie en 2010 en %	Superficie en 2020 en %	Superficie en 2010 en %	Superficie en 2020 en %
Forêt galerie	1,78	2,33	1,48	2,35
Savane arborée	8,59	2,89	5,45	8,49
Savane arbustive	27,44	8,53	58,34	35,21
Savane herbeuse	53,85	35,00	24,24	28,59
Sol nu	5,58	28,50	4,73	6,81
Zone de culture	2,75	3,95	5,76	18,55
Total	100	100	100	100

Source: images Landsat de 2010 et 2020

De manière générale, les résultats des traitements des images de 2000 à 2020 qui ont montré que les sols nus et les zones de cultures ont évolué dans la zone pastorale de Sidéradougou de 3% et de 16 % respectivement (tableau 4 et 5). Toutefois, l'évolution des superficies des zones de culture est relativement faible (2%) durant la même période à Gadeghin.

3.2 MODES DE GESTION ET DURABILITE DES PARCOURS À LONG TERME

La durabilité des ressources fourragères dans les zones pastorales dépend en grande partie des modes de gestion en vigueur qui influencent sur la dynamique d'occupation des terres. A l'examen des pratiques et des stratégies de gestion mise en place dans les zones pastorales, deux scénarios se déclinent. Le premier scenario alarmiste a pour but de donner un aperçu de l'impact négatif de la gestion en vigueur dans ces sites. Il permettra à cet effet, de se faire une idée sur l'évolution future des unités d'occupation du sol afin de susciter une prise de conscience collective des acteurs dans les zones pastorales pour la mise en place d'une gestion durable. La seconde vision optimiste s'appuie sur une gestion concertée des zones pastorales qui permettra de réduire les espaces cultivés au profit des parcours.

3.2.1 MODE DE GESTION ALARMISTE DES ZONES PASTORALES

Le principe de gestion en place est conforme au scenario catastrophique. En effet, il s'agit de l'exploitation des espaces pastoraux à l'épuisement des ressources fourragères sans un plan cohérent de gestion. C'est la situation actuelle des zones pastorales au Burkina Faso. Pour certains espaces de pâtures (46%), les documents qui définissent les modalités de gestion existent mais ne sont pas appliqués. C'est le cas de la zone pastorale de Sidéradougou et pour d'autres zones telles que Barani, Niassa, Luili-Nobéré et Nouhao. En effet, aux dires des acteurs et le constat sur le terrain montre que le cahier des charges n'est pas respecté et les COGES mise en place ne sont pas fonctionnels. Le manque de rencontres régulières, le non renouvellement des instances dirigeantes et l'illettrisme des membres caractérisent les structures de gestion dans ces zones pastorales.

Aussi, sur l'ensemble des zones pastorales fonctionnelles, 60% n'ont pas de cahiers des charges spécifiques. Les zones pastorales de Gadeghin, Gassanaye et Tapoa-Boopo font partie de ce lot.

Le tableau 7 indique que si cette forme de gestion est maintenue, à l'horizon 2050, la majorité des unités de végétation qui constituent les parcours dans la zone pastorale de Gadeghin disparaitront et les sols nus et les champs occuperont plus de 60% de l'espace pastoral. En réalité, la savane arborée a une durée de vie aléatoire de 36 ans et un écart type de 40 avant de se transformer en zone de culture dans cette zone. Aussi, la savane arbustive a une durée de vie aléatoire de 30 ans et un écart type de 40 avant de se transformer en zone de culture.

Tableau 6. Superficie des unités de végétation à l'horizon 2050

Unité d'occupation	Gadeghin	Sidéradougou
	Sup en (%)	**Sup en (%)**
Forêt galerie	0,61	2,32
Savane arborée	0,63	8,32
Savane arbustive	7,33	12,41
Savane herbeuse	35,01	28,59
Sol nu	51,62	6,44
Zone de culture	9,46	41,92
Total	**100**	**100**

Source: images Landsat de 2000, 2010 et 2020

Dans la zone pastorale de Sidéradougou avec cette forme de gestion, 42 % de l'espace pastoral sera occupé par les champs d'ici 2050. Les données indiquent également que les unités de végétation (parcours) dans cette zone pastorale ont une durée de vie moyenne d'environ 55 ans. En effet, il ressort que la savane arbustive a une durée de vie aléatoire de 55 ans et un écart type de 25 ans avant de se transformer en zone de culture. Ainsi, on peut conclure selon ce scenario que dans 30 ans la dégradation des parcours constituera un facteur limitant pour la pratique de l'élevage dans ces deux zones pastorales. Cette situation pourrait être la même dans les autres zones pastorales du pays sous la même forme de gestion. On assistera ainsi à une crise pastorale sans précédente dans le futur.

Ces résultats confortent la vision des agropasteurs qui estiment que les dix prochaines années le pâturage sera rare ou inexistant si les facteurs climatiques et anthropiques à l'origine de la dynamique des zones de pâtures perdurent. En effet, selon leur dire, dans les années 1980, plus de 75% des espaces pastoraux était pâturable en toute saison avec du fourrage de qualité et en quantité. Les agropasteurs dans la zone pastorale de Sidéradougou affirment que de nos jours (2020), dans tous les secteurs pastoraux, 80% des terres n'est plus destiné exclusivement à l'élevage. De toute évidence, plus de 75% de ces terres consacrées à l'élevage sont fortement dégradées selon la perception des agropasteurs. Ainsi, l'état actuel des zones pastorales rend difficile la pratique de l'élevage et favorise la pratique agricole ce qui est contraire la vocation de ces espaces.

3.2.2 MODELE DE GESTION DURABLE DES ZONES PASTORALES

Ce type de gestion met les acteurs locaux au centre de la planification et la gestion des activités au sein des zones pastorales. C'est le cas de la zone pastorale de Gadeghin. Cette forme de gestion qui se veut optimiste soutient que les stratégies mises en œuvre par les différents acteurs contribueront à la durabilité des ressources fourragères dans cette zone. Il s'agit de la prévention contre les feux de brousse et la promotion de meilleures variétés fourragères comme des pistes de solutions pour une disponibilité des ressources fourragères dans ces zones pastorales. Les investigations ont également montré que les stratégies pratiquées par les agro-pasteurs pour pallier aux crises alimentaires dans la zone pastorale de Gadeghin sont par ordre d'importance l'achat et l'utilisation de suppléments alimentaires (37%), la réduction du nombre d'animaux (28%) et la fauche et la conservation du fourrage (15%). Dans la zone pastorale de Sidéradougou, les agropasteurs ont plus opté pour la culture de nouvelles espèces fourragères (38%) et la plantation des ligneux pour l'alimentation du bétail (51%). Ces pratiques peuvent contribuer à un impact positif sur l'environnement. En effet, la plantation d'arbres, améliore la biodiversité et favorise la disponibilité du fourrage ligneux. Cette forme de gestion facilitera la maitrise de la coupe abusive du bois et des feux de brousse comme c'est déjà le cas dans la zone pastorale de Gadeghin. Aussi, la maîtrise de l'accroissement de la population humaine et animale limitera le surpâturage et l'expansion des champs. Ainsi, au niveau social, les conflits pour l'accès aux ressources connaitront une nette régression pour faire place à l'entraide déjà pratiquée dans la zone pastorale de Gadeghin. Toutes ces conditions réunies favoriseront le développement durable de l'élevage pastoral qui créera des richesses pour les populations concernées. La conjugaison de ces activités permettra aussi la protection de l'environnement, la lutte contre le changement climatique et la disponibilité des ressources fourragères à travers des parcours moins dégradés (planche 2).

Le tableau 8 indique que si ce modèle de gestion est appliqué à l'horizon 2050 dans la zone pastorale de Gadeghin, on observera l'accroissement des parcours de 95% au détriment des zones de culture et les sols nus qui n'occuperont que 5% de l'espace pastoral.

Tableau 7. Superficie des unités de végétation à l'horizon 2050

Unité d'occupation	Gadeghin	Sidéradougou
	Sup en (%)	Sup en (%)
Forêt galerie	0,60	2,30
Savane arborée	6,92	37,44
Savane arbustive	19,50	34,07
Savane herbeuse	68,09	22,11
Sol nu	4,33	3,55
Zone de culture	0,56	0,54
Total	100	100

Source: images Landsat de 2000, 2010 et 2020

En ce qui concerne la zone pastorale de Sidéradougou, ce scenario présage également plus de 94% de parcours au détriment de zones de cultures et des sols nus.

4 DISCUSSION

La gestion des zones pastorales au Burkina Faso se caractérise par une gestion non maitrisée de l'espace pastoral. Dans un contexte de croissance soutenue de la population humaine et animale, on assiste à une forte pression foncière qui réduit les parcours et entraine le surpâturage dans les zones pastorales. Au-delà du cheptel, le manque de maitrise des activités non pastorales (orpaillage, collecte

d'agrégats et carbonisation) dans ces sites contribue à la dégradation des parcours. Or, la réduction ou la dégradation des parcours impacte négativement sur le disponible fourrager pour le cheptel. Aussi, la compétition accrue pour l'accès aux ressources et aux infrastructures pastorales (celles d'ordre hydraulique en saison sèche) dans ces sites augmente le nombre de conflits qui a un impact sur la cohésion sociale [25].

Les résultats cartographiques de la présente étude ont montré que la pression démographique qui conduit à l'extension des champs est le principal facteur de la réduction des parcours et leur surexploitation dans les zones pastorales. Le même constat est fait en Côte d'Ivoire en ce sens que les formations végétales naturelles diminuent pour faire place aux cultures pérennes dans les écosystèmes de mangroves [26]. Il est clair que plus l'effectif de la population croît, plus les formations végétales perdent en superficie [27].

Ces résultats sont conformes à la perception des agropasteurs de la dynamique des espaces pastoraux. Ces derniers affirment que la réduction des parcours est réelle avec un niveau de dégradation très avancé des ressources fourragères. Cette vision est partagée par les agro-pasteurs au Maroc qui ont donné une estimation de 7 % aux parcours peu dégradés, 80 % à ceux moyennement dégradés et 13 % ceux très dégradés [28]. Pour la référence [29] ces dernières années on assiste continuellement à la baisse de la valeur quantitative et qualitative du fourrage des zones de pâture au Burkina Faso. De même, la prolifération des espaces dénudés et l'envahissement des aires de pâturage par des espèces moins appétées causent la baisse du disponible fourragers dans les parcours pastoraux au Niger [30]. Ces facteurs peuvent trouver leur origine dans une absence de gestion raisonnée ou une "gestion pastorale" inadaptée: c'est malheureusement souvent le cas des ressources pastorales collectives [28]. Cet état de fait confirme la vision pessimiste de l'évolution des zones pastorales qui compromet la durabilité du système pastoral à long terme. En somme, ce type de gestion favorise l'exploitation des ressources des zones pastorales à d'autres fins, ce qui conduit à l'extinction des pâturages entrainant un abandon des zones pastorales au profit de la transhumance nationale et internationale. Dans une moindre mesure on assistera à une sédentarisation des éleveurs et leur conversion en agriculteurs, ce qui va accroitre la pression sur les parcours.

Une politique de gestion communautaire favorisera la pratique intensive de l'agriculture afin de réduire les superficies emblavées au profit des parcours. C'est le cas de la gestion communautaire en vogue dans la zone pastorale de Gadeghin qui a favorisé une faible emprise de la pratique agricole sur les parcours et la restauration des terres dégradées. En effet, une gestion communautaire voire participative associe au mieux les bénéficiaires dans la mise en place des programmes d'aménagements et de suivi des ressources pastorales. En réalité, les ressources pastorales et agropastorales, étant à la portée de toutes les populations des zones les abritant, sont donc considérées comme des ressources communes [31]. ». Il est donc absurde de vouloir imposer aux communautés locales de nouvelles règles de gestion des ressources pastorales sans prendre en compte les droits endogènes déjà établis. En effet, selon la référence [35], les droits sont inscrits dans des contextes culturels et historiques particuliers et se caractérisent souvent par leur oralité et leur caractère informel. De ce fait, le cadre juridique et institutionnel doit s'arrimer aux normes locales.

La gestion étatique quant à elle est souvent fustigée pour sa lourdeur, son manque d'efficacité, mais aussi et surtout pour son incapacité à déterminer et à contrôler les pratiques réelles des populations en matière environnementale [32]. Les limites de la gestion administrative (étatique) se matérialise aussi par l'absence de gestion concertée des zones pastorales à cheval entre différentes unités administratives. C'est le cas de la zone pastorale de Sidéradougou. Les activités concernant cette zone sont définies, planifiées et exécutées avec les moyens disponibles dans chaque direction régionale. Les propos de M.D agent d'encadrement illustre au mieux la réalité sur le terrain. *« Chaque année, nous planifions les activités dans la zone pastorale que nous exécutons selon notre ressort territorial. Je ne sais pas ce que les autres planifient à leur niveau comme activités dans la zone. Il arrive qu'on se rencontre de manière informelle au sein d'un parc à vaccination, dans ce cas, chacun vaccine le bétail de l'éleveur qui lui a fait appel. Il n'y a pas de tension entre nous, toutefois, il manque un cadre formel de concertation entre les différents gestionnaires de la zone pastorale ».*

En toute évidence pour la référence [32] le mode de gestion communautaire des ressources naturelles est supposé efficace car il s'appuie sur un ancrage territorial visant à donner sens à la notion de communauté. Cette forme de gestion s'appuie sur trois piliers indissociables que sont une communauté d'usagers, une ressource et des règles élaborées par cette communauté pour en réguler l'usage. La référence [33] indique que la gestion communautaire a permis une consolidation des droits des éleveurs sur les aires pastorales ainsi qu'une rationalisation de l'exploitation des ressources avec une stratégie de maitrise de l'installation des transhumants dans les lieux d'accueil.

Toutefois, certains travaux antérieurs ont relevé les limites de cette forme de gestion. Pour la référence [32], elle n'évite cependant pas un nombre de risques non négligeable relatifs à la manipulation, au jeu de pouvoir et aux comportements opportunistes. C'est de ce que souligne la référence [25] en affirmant que la gestion des ressources naturelles aux communes rurales constitue une opportunité pour les pasteurs, tout en présentant également certains risques.

Cependant, comme l'a souligné la référence [34] malgré certaines faiblesses, les systèmes de gestion endogènes continuent encore à jouer un rôle crucial dans la gestion des ressources naturelles. Ainsi, la fin du pastoralisme en Afrique annoncée par certains experts atrabilaires se heurte à un constat. En dépit de leurs capacités affaiblies, les communautés pastorales, du moins en Afrique subsaharienne, restent résilientes et contribuent au bien-être social, environnemental et économique dans les zones arides ([35]). La gestion communautaire doit donc être améliorée pour servir de support pour une gestion durable des zones pastorales au Burkina Faso à l'horizon 2050 selon ce scénario optimiste.

5 CONCLUSION

Dans cette étude, le regard prospectif a été utilisé en projetant les données de l'occupation de l'espace (2000, 2010 et 2020) dans le long terme (30 ans). La dynamique spatiale a été saisie à travers la probabilité de transition par unité de végétation. Ainsi, les résultats obtenus ont exprimé selon le scenario pessimiste une tendance évolutive des classes d'occupation à faible disponibilité fourragère (zone de culture et sol) à l'horizon 2050 dans les zones pastorales de Sidéradougou et de Gadeghin. Si cette dynamique est maintenue, dans au plus 30 ans les zones pastorales seront fortement dégradées sous le poids des activités humaines. Le scenario optimiste bien qu'idéaliste est le seul recours pour une pratique sécurisée de l'élevage dans ces zones et tient également à la survie du système pastoral. Afin d'assurer le maintien voire le développement durable de l'élevage, les agropasteurs avec l'aide de l'État doivent définir et respecter de nouvelles règles de gestion des espaces pastoraux. Cela pourrait être un atout pour la bonne gestion des zones pastorales. Les acteurs du système pastoral au Burkina Faso sont alors interpellés pour la mise en place d'un mode de gestion durable dans les zones pastorales qui répond au mieux aux aspirations des agro-pasteurs et qui a un faible impact négatif sur les parcours.

REFERENCES

[1] DGEAP. Atelier national de réflexion sur les zones pastorales au Burkina Faso : état des lieux des zones pastorales. 2011.

[2] Robert E. Les zones pastorales comme solution aux conflits agriculteurs/pasteurs au Burkina Faso : l'exemple de la zone pastorale de la Doubégué. *Cah O M* 2010: 47–71.

[3] Ima SA. Dynamique du mode de vie des éleveurs et bouviers peuls de la zone pastorale de la Nouhao au Burkina Faso. Université de Strasbourg, 2018.

[4] Nori M, Taylor M, Sensi A. Droits pastoraux, modes de vie et adaptation au changement climatique. vol. 148. 2008.

[5] Botoni HE. Interactions Elevage-Environnement. Universite Montpellier III- Paul Valéry, 2003.

[6] Kiéma André. Etude d'évaluation de l'état général des ressources pastorales au Burkina Faso, rapport. Burkina Faso: 2014.

[7] Bambara GT. Suivi des ressources pastorales à l'aide d'imagerie satellitaire au Burkina Faso. Université Nazi Boni de Bobo-Dioulasso, 2019.

[8] UICN, Davies J, Ogali C, Onyango V. La méthodologie d ' évaluation participative des parcours Application dans les communes de Mogtedo et Boudry au Burkina Faso. 2021.

[9] MRA. Cahier des charges spécifique de la zone pastorale de Sidéradougou. 2010.

[10] Dahande C, Honvo AZ; S. Dynamique spatio- temporelle de l'occupation des terres et modélisation prédictive à horizon 2030 au sud du plateau de Sakété (sud-est du Bénin). DaloGéo, *Revue Scientifique Spécialisée En Géographie* 2021: 67–88.

[11] Sidi Issah A, Djangbedja M, Kpedenou KD, Tchamie TKT. Dynamique spatio-temporelle de l'occupation du sol dans les sites d'exploitation de calcaires au sud-est du Togo. *Revue Ivoirienne de Géographie Des Savanes,* Numéro 4, Juin 2018, ISSN 2521-2125 2018; 21: 181–200.

[12] Toyi MS, Barima YSS, Mama A, André M, Bastin JF, De Cannière C, et al. Tree Plantation Will not Compensate Natural Woody Vegetation Cover Loss in the Atlantic Department of Southern Benin. *Tropicultura* 2013; 31: 62–70.

[13] Jamal AK, Imad F, Mouchine B. Cartographie et modélisation de l'occupation du sol en milieu rural : cas des dunes côtières du Gharb, communes de M'nasra et Benmansour, nord occidental, Maroc. Colloque National: Systèmes Environnementaux et Prévision: Approches et Cas de Figures 2014; 23–41.

[14] Landis Richard et Koch Gary G. A review of statistical methods in the analysis of data arising from observer reliability studies, 1975, p. 101–23.

[15] Idrissa A, Abdou A, Soukaradji B, Biga I, Mahamane A. Spatiotemporal analysis of land cover in the municipality of Kirtachi in southwestern Niger. *Int J Biol Chem Sci* 2023; 17: 1033–47. https://doi.org/10.4314/ijbcs.v17i3.22.

[16] Dubos-paillard E, Langlois P. Modéliser et simuler l'évolution urbaine par automate cellulaire 2018.

[17] Auger P. Automates cellulaires et dynamique spatiale. Modelisation de la dynamique forestiere. *Revue d'Ecologie terre et la vie* 1995; 50: 261–72. https://doi.org/10.3406/revec.1995.2176.

[18] Deygout P, Treboux M, Bonnet B. Systèmes de production durable en zones sèches quels enjeux pour la coopération au développement ? 2012.

[19] Kiema A, Tontibomma GB, Zampaligré N. Transhumance et gestion des ressources naturelles au Sahel : contraintes et perspectives face aux mutations des systèmes de productions pastorales. *VertigO* 2015. https://doi.org/10.4000/vertigo.15404.

[20] Sankara Issaka. Dynamique et perspectives d'évolution des terres agricoles périurbaines des arrondissements 3 et 4 de la commune de Bobo Dioulasso, Master II. Université Joseph KI ZERBO, 2021.

[21] Ivan F. *Méthodes et pratiques d'enquête*. (Ottawa : Statistique Canada). 2010.

[22] Kothari CR. Research methodology methods and techniques. 2004.

[23] Buchaguzi Nshombo E, Buhendwa Bahindwa G, Ntwali VM. Vers une option face à la situation de l'élevage bovin à Mbinga-sud dans le territoire de Kaléhe /Sud Kivu en rd Congo. *International Journal of Innovation and Applied Studies,* vol. 23. 2016.

[24] Bakenga Shafali Pierre. Dynamique familiale et gestion de l'environnement en chefferie de Ngweshe. Une analyse praxéo-interdiscursive. Université Officielle de Bukavu, 2012.

[25] Kodjo V, Dagbelou D, Rachidi A, Saliou A, Oumorou M, Yabi AJ. Gestion des conflits entre agriculteurs et éleveurs dans la zone agro-écologique du centre Bénin. *International Journal of Innovation and Applied Studies,* vol. 44. 2019.

[26] Bohoussou CN, Dibi HN, Nanan NK, Guirmaisso MK, Aka KSR, Koffi JN. Spatio-temporal dynamics of mangrove ecosystems under anthropogenic pressures in the southeastern Azagny National Park (ANP) from 1988 to 2020 in southern Côte d'Ivoire. *Int J Biol Chem Sci* 2024; 18: 244–60. https://doi.org/10.4314/ijbcs.v18i1.20.

[27] Fangnon B, Babadjide CL, Gonzallo G, Tohozin AY. Pression démographique et dégradation de l'environnement dans le département du Couffo au Bénin. *Revue de Géographie Du Laboratoire Leïdi* 2013; 2525: 267–76.

[28] Bourbouze A, Lhoste P, Marty A, Toutain B. *Problématique des zones pastorales*. CSFD/AFD 2001: 1–12.

[29] Lugen M. Le rôle des services climatiques dans l'adaptation de l'agriculture : perspectives avec le cas du Burkina Faso. Mondes Dev 2019: 149 à 164.

[30] Siddo S, Gambo Y, Hamadou I. Perception of climate change impacts of agropastoralists and adoption of innovations in Niger. *Int J Biol Chem Sci* 2024; 18: 172–85. https://doi.org/10.4314/ijbcs.v18i1.14.

[31] Abdoulaye IM, Ayena M, Yabi AJ, Dedehouanou H, Biaou G, Houinato M. Gouvernance locale des infrastructures pastorales et agropastorales dans le Borgou au Nord-Est du Benin : Quels modes pour une gestion durable des infrastructures ? *International Journal of Innovation and Applied Studies,* vol. 24. 2018.

[32] Ballet J. La gestion en commun des ressources naturelles: une perspective critique. *Développement Durable et Territoires,* 2007. https://doi.org/10.4000/.

[33] Kane AM. Grain de sel n° Les unités pastorales : gérer les ressources à l'échelle de la communauté. 2016.

[34] Nyachieo J. Pratiques prometteuses pour l'appui à la gestion des ressources en eau dans les régions pastorales. Agriculture and Food Security Network 2016: 7.

[35] Jacquemot P. Le pastoralisme en Afrique, Un mode d'existence en péril ? 2023: 44.

International Journal of Innovation and Applied Studies
ISSN 2028-9324 Vol. 43 No. 4 Oct. 2024, pp. 1089-1096
© 2024 Innovative Space of Scientific Research Journals
http://www.ijias.issr-journals.org/

Bio-preservation of atan, a wine extracted from palm trees in Benin, using orange peelings

Guevara Nonviho[1-2], Assou Sidohoundé[2], Justin G. Gandeho[3], Agathe M. E. Assogba[1], Papin S. Montcho[2], Jean-Marc Gnonlonfoun[1], and Celestin C.K. Tchekessi[3]

[1]Laboratoire de Recherche Pluridisciplinaire de l'Enseignement Technique (LARPET), Université Nationale des Sciences, Technologies, Ingénierie et Mathématiques (UNSTIM), Abomey, Benin

[2]Laboratoire d'Etude et de recherche en Chimie Appliquée (LERCA), Université d'Abomey-Calavi (UAC), Abomey-Calavi, 01BP2009 Cotonou, Benin

[3]Laboratoire de Microbiologie et des Technologies Alimentaires (LA.MI.T.A), Département de Biologie Végétale de la Faculté Des Sciences et Techniques (FAST), Université d'Abomey-Calavi (UAC), Benin

[4]Unité de Recherche en Microbiologie Appliquée et Pharmacologie des substances naturelles (URMAPha), Laboratoire de Recherche en Biologie Appliquée (LARBA), Ecole Polytechnique d'Abomey-Calavi (EPAC), Université d'Abomey-Calavi, 01BP2009 Cotonou, Benin

Copyright © 2024 ISSR Journals. This is an open access article distributed under the ***Creative Commons Attribution License***, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

ABSTRACT: Palm wine, known as atan in Benin, is a sweet beverage extracted from the oil palm (*Elaeis guineens*). Highly prized by the population for its high nutritional value, its marketing is very limited due to a lack of or inappropriate means of preservation. In the search for palliatives, the present study aims at the Bio-preservation of palm wine by using orange peels to extend its shelf life. To achieve this objective, the preservative effect of orange peels was evaluated, and the stabilized wine was characterized in physicochemical, nutritional, microbiological and organoleptic terms. Palm wine samples graded A, B and C received 10g, 15g and 20g of orange peel respectively. During the storage period, the bottles that received the peelings in this order burst after one, two, three and four weeks respectively. The flasks that burst early were those with a low peel incorporation rate. The 33cL bottles containing palm wine and 25g orange peel resisted bursting up to 4 weeks of storage. Analysis of physicochemical and nutritional parameters showed that stabilized palm wine was richer in potassium, magnesium, sodium and calcium than the unstabilized control wine. Microbiological analysis of the stabilized palm wine showed that the yeast, E*scherichia coli* and Staphylococcus loads were lower than in the unstabilized wine. In terms of sensory quality, the study showed that consumers rated the consistency, color and taste of stabilized wines higher than those of unstabilized (control) wines.

KEYWORDS: palm wine, orange peel, stabilization, sensory quality, nutritional parameters.

1 INTRODUCTION

The oil palm known as *Elaeis guineensis* is widely cultivated in southern Benin for its oil-rich nuts for food and industrial use [1], [2], [3]. The sap from the trunk is also consumed either directly or fermented to produce palm wine called "atan" or "déhan" in Fongbé. Oil palm sap can be collected daily. It is very rich in sugar, vitamins and amino acids [4], [5]. Palm wine is a popular and widely consumed beverage in most African tropical regions [6]. In Benin, palm wine is mainly derived from the *Elaeis guineesis* and *Raphia bookeri* palms [7]. It is a whitish effervescent beverage obtained by spontaneous fermentation under the action of microorganisms from the sweet transparent sap of palm trees [8]. Palm wine is a highly unstable beverage due to the rapid fermentation it undergoes, which can destroy its organoleptic, nutritional and market qualities. This makes it difficult to

Corresponding Author: Justin G. Gandeho

preserve over the long term. The preservation of this beverage is very difficult because it is the seat of biochemical reactions linked to significant microorganism activity [9]. It therefore seems important to help make it available by implementing appropriate preservation methods to preserve its nutritional and commercial qualities.

Chemical preservatives are commonly used to stabilize foods in general and beverages in particular [10]. In view of the growing number of voices speaking out against the use of these types of preservatives and considering the harmful effects they have on human and animal health, the use of extracts of plant origin is proving to be a credible alternative. In fact, the use of bioconservatives to extend food shelf-life has two main advantages. They are of plant origin, and therefore virtually non-toxic, and do not encourage the development of resistance by pests. Among bioconservatives, orange peel essences, which are plant extracts, have microbicidal and microbiostatic effects on food spoilage germs [11]. However, orange peel is often considered as waste, and rejected as a food by-product. It is therefore necessary to consider their valorization through the stabilization of palm wine. This justifies the present title.

2 MATERIALS AND METHODS

2.1 MATERIALS

- **Plant material**

It is made from palm wine harvested at Zoundja in the Abomey-Calavi commune in the Atlantic department, and the orange peelings were collected after peeling a few samples of orange bought from vendors in the same commune.

Fig. 1. Palm wine extracted from Elaeis guineensis in Benin

- **Production equipment**

The following equipment was essential for stabilizing palm wine. It includes: a gas burner and a pan for sterilizing bottles and capsules; 33 cl bottles for packaging the wine; a beaker and a funnel for bottling; a filter cloth for filtering and clarifying the palm wine; a precision balance for weighing.

- **Laboratory equipment**

The laboratory equipment consists of standard laboratory equipment for physicochemical and microbiological analysis [11].

2.2 METHODS

- **Evaluation of the preservative effect of orange peel essences on palm wine stabilization**

After harvesting, the filtered wine was poured into sterilized 33cL bottles. In each bottle containing palm wine, increasing quantities of orange peel (10g; 15g; 20g; 25g; 30g; 35g; 40g) were introduced (figure 2). A control without orange peel was set up. The filled bottles were stored on the bench at room temperature (25-30°C). Every week for two months, the bottle contents of each dose were removed and filtered. Nutritional, physicochemical and organoleptic parameters were assessed. The

technological diagram in figure 3 summarizes the method described above. It shows all the unit operations involved in stabilizing palm wine.

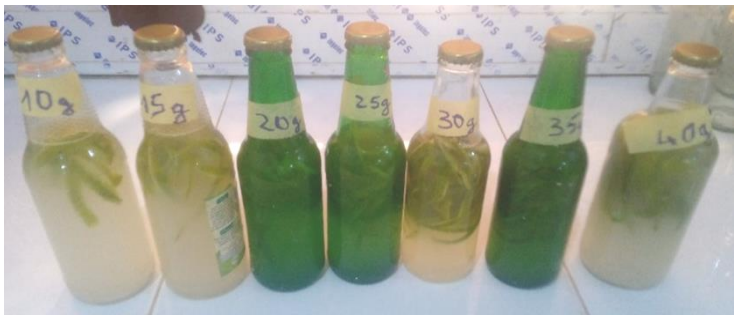


Fig. 2. Palm wine stabilization with orange peel maceration

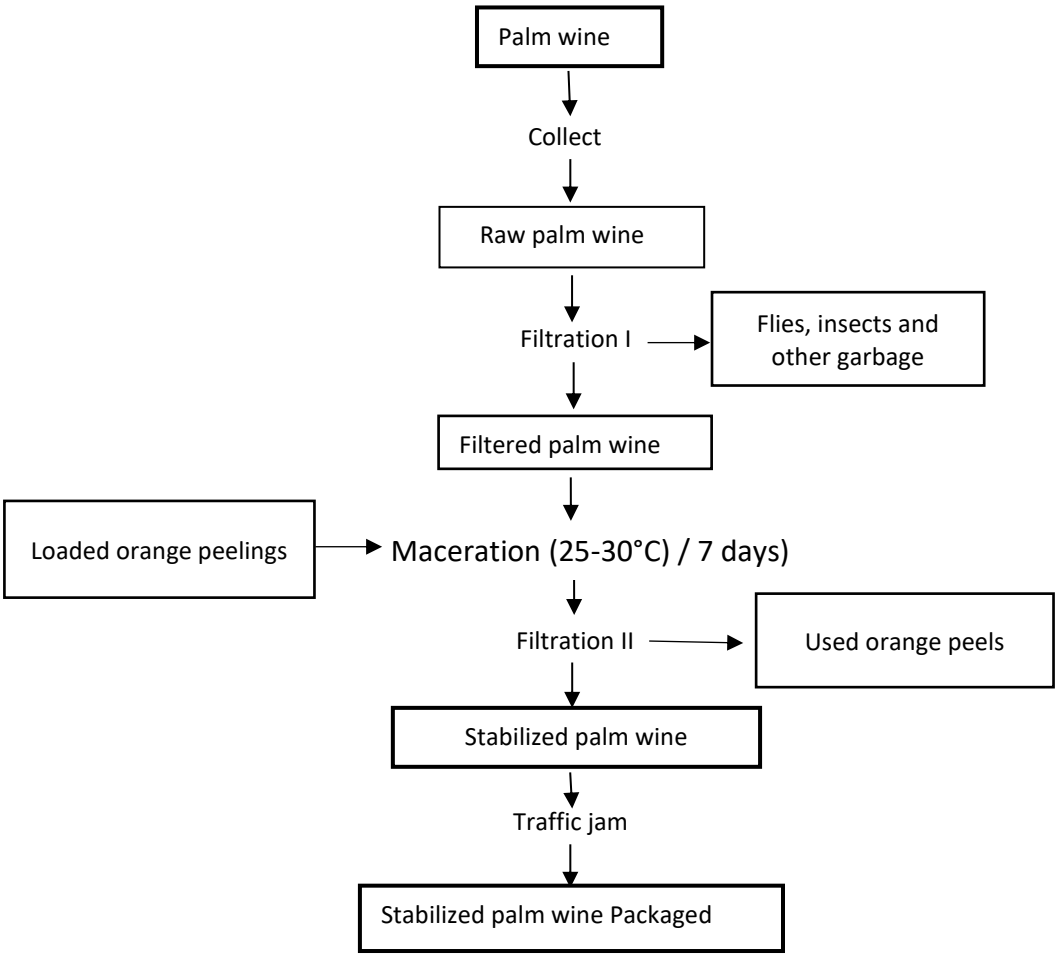


Fig. 3. Technological diagram for the production of stabilized palm wine

- **Evaluation of microbiological quality**

Microbiological analysis was carried out by isolating, identifying and counting colonies. The microbiological parameters investigated in the course of this work were Aerobic Mesophilic Germs (AMG), lactic acid bacteria, Enterobacteriaceae, *Escherichia coli* and Staphylococci [11].

- **Preparation of decimal dilutions (NF V08-051, 1999)**

A 1mL volume of each sample was taken and placed in a tube containing 9 mL of sterile Tryptone Sel (TS) broth. The whole was homogenized. The resulting solution was 10^{-1}. A volume of 1mL of the 10^{-1} dilution was taken and placed in a tube containing 9mL of sterile TS broth. The whole was homogenized. The resulting solution is 10^{-2}. We proceeded in the same way for successive decimal dilutions [11].

- **Enumeration of Mesophilic Aerobic Germs (ISO 4833, 2013)**

For each sample, two successive decimal dilutions (10^{-2} and 10^{-3}) were inoculated by incorporation into Plate Count Agar (PCA). A 1mL of each dilution was introduced into a sterile Petri dish. Approximately 15mL of PCA agar was poured onto the inoculum. The whole was homogenized and allowed to solidify. After solidification, a second layer of approximately 5mL of PCA agar was applied. After solidification, both plates were incubated at 30°C for 72 h ± 2 h.

- **Enumeration of thermotolerant coliforms (NF V08-060, 2009)**

Dilutions of 10^{-1} and 10^{-2} were selected. A volume of 1 mL of each dilution was introduced into a sterile Petri dish. Approximately 15 mL of neutral red crystal violet lactose agar (VRBL) was poured onto the inoculum. The whole was homogenized and allowed to solidify. After solidification, a second layer of approximately 5 mL VRBL was poured onto the inoculum. After solidification, both plates were incubated at 44°C for 24 ± 2h.

- **E. coli enumeration (ISO 16649-2, 2001)**

One milliliter of each sample and 1mL of the 10^{-1} dilution were used to enumerate *Escherichia coli*. A volume of 1 mL of each dilution was introduced into a sterile Petri dish. Approximately 20 mL of Tryptone Bile X (TBX) agar was poured onto the inoculum. The whole was homogenized and left to solidify. After solidification, both plates were incubated at 44°C for 24 h ± 2 h [11].

- **Physicochemical quality**

- **Measurement of titratable acidity**

Titratable acidity is measured by neutralizing the acid with a NaOH solution. Neutralization is monitored using a colored indicator (phenolphthalein). Dosing is stopped when the indicator turns pink. The decimolar soda solution is poured into a 10mL test sample of palm wine until the indicator turns pink and remains so for 10 seconds [11].

- **Determination of Brix by refractometer**

The Brix degree is determined using the method reported by [12]. A drop of moist sample is placed on the refractometer lens and read directly after exposure to light.

- **Determination of minerals**

The determination of microelements (calcium, magnesium, zinc, potassium, phosphate, sodium) in palm wine was carried out by atomic absorption spectrophotometry following the NF 14082 method described by [13]. 3 g of wine were weighed into a porcelain crucible. This sample was incinerated in an oven at 450°C / 24h. The resulting ash was dissolved in 5 mL of aqueous hydrochloric acid solution (2 N), which was evaporated on a hot plate at 125°C. The viscous residue obtained was again dissolved and recovered using a $10^{-1}10^{-1}$ mol/L nitric acid solution in a 100 mL flask. The resulting solution was used for metal determination by atomic absorption spectrophotometry.

- **Evaluation of the organoleptic quality of palm wine**

Organoleptic characteristics play an important role in determining the marketability of a product. Various characteristics are therefore assessed by tasters on all samples after production and storage.

Sensory evaluation was carried out to assess the various organoleptic characteristics of palm wine. The characteristics assessed were: taste, color, consistency, aroma and overall acceptability. These characteristics were assessed on a scale of 1 to 9, with 1 = extremely inferior, 2 = very inferior, 3 = moderately inferior, 4 = slightly inferior, 5 = identical to the reference sample, 6= slightly better, 7= moderately better, 8 = better and 9 = extremely better [11]. The tasting panel was made up of 30 randomly selected, specially trained people. A sample of each bottle of preserved palm wine was evaluated.

3 RESULTS

3.1 TECHNOLOGICAL ASPECTS OF PALM WINE STABILIZATION

Figure 4 shows the appearance of palm wine before stabilization (T) and 4 weeks after stabilization (A, B and C). Samples A, B and C received 10g, 15g and 20g of orange peel respectively. Observation of this figure shows that the wine takes on more yellow coloring as the amount of peel added increases. During storage, it was found that the lower the rate of orange peel incorporation, the earlier the bottles expanded and burst. Bottles containing 10g, 15g or 20g of orange peel burst within one, two and four weeks respectively. Only bottles with at least 25g of orange peel per liter of wine were recovered after 4 weeks of storage.

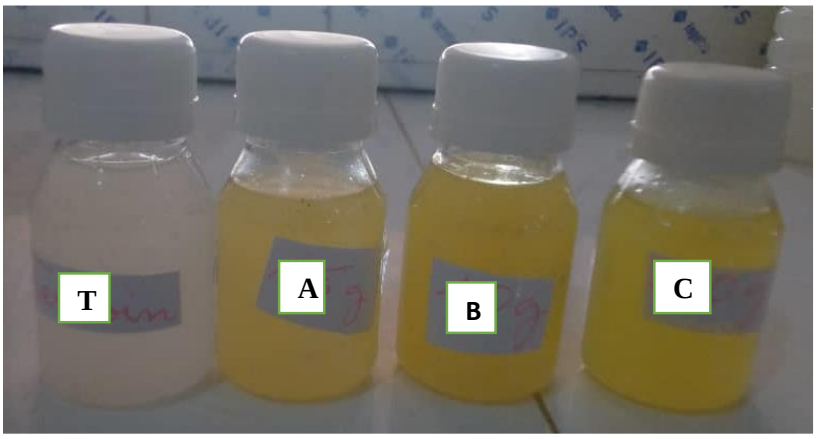


Fig. 4. Visual appearance of wine before and after stabilization

T= control (0g/L); A= stabilized wine (10g/L); B= stabilized wine (15g/L) and C= stabilized wine (20g/L)

3.2 NUTRITIONAL AND PHYSICOCHEMICAL CHARACTERISTICS

Table 1 shows the results of nutritional analyses carried out on stabilized palm wine and untreated control palm wine. The table shows that palm wine contains minerals such as nitrogen, potassium, magnesium, sodium and calcium. The level of these minerals is higher in stabilized palm wine than in the control. Furthermore, the control palm wine is more acidic (low pH) and less sweet (low Brix) than the stabilized palm wine.

Table 1. Nutritional and physicochemical quality of stabilized palm wine and control palm wine

References	VP1 control	VP2 treated
Nitrogen (N) %	0.0224	0.0532
K mg/kg	1480.225	1752.379
Ca mg/kg	14.822	20.933
Mg mg/kg	35.960	40.334
Na mg/kg	77.657	104.426
pH	3.46	3.78
Titrable acidity	6.58	7.81
Brix degree	9.47	14.93

3.3 MICROBIOLOGICAL CHARACTERISTICS OF DIFFERENT PALM WINES

Table 2 shows the results of the Student Newman Keuls test on the microbiological characteristics of the different palm wine samples. Analysis of this table reveals that there was no significant difference in the rate of contamination by GAM, lactic acid bacteria, enterobacteria, E coli and staphylococci in stabilized and unstabilized wines at the 5% threshold ($p > 0.05$). On the other hand, the unstabilized palm wine (control) had a significantly higher microbial load of yeasts, and was very significantly higher in Escherichia coli and Staphylococcus than the stabilized palm wine at the 5% threshold. No traces of salmonella were detected in the palm wines.

Table 2. Microbiological characteristics of stabilized and control palm wines

Microorganisms of interest	Number of colonies (CFU / ml)		F-Value	P
	Control Palm Wine	Stabilized palm wine		
GAM	$6.01.10^7 \pm 3.00.10^3$ a	$5.70.10^6 \pm 2.81.10^2$ a	**1.01 ns**	**0.3727**
Lactic Bacteria	$3.40.10^2 \pm 1.4.10^1$ a	173 ± 29 a	**1.35 ns**	**0.3099**
Enterobacteria	$2.40.10^3 \pm 9.16.10^2$ a	$2.1.10^3 \pm 2.6.10^2$ a	**0.7689 ns**	**0.1**
Escherichia coli	31 ± 14 a	1.33 ± 0.33 b	**0.37150****	**0.001**
Staphylococcus	46 ± 17 a	10 ± 4 b	**0.3243****	**0.002**
Yeasts	$5.17.10^4 \pm 4.70.10^2$ a	$2.47.10^4 \pm 8.21.10^2$ b	**8.14***	**0.0463**
Molds	< 10	< 10	-	-
Salmonellae	Absent	Absent	-	-

Mean values bearing the same letter in the same row are not significantly different at the 5% threshold (p<0.05) (=significant difference; **= very significant difference; ns = non-significant difference).*

3.4 SENSORY CHARACTERISTICS OF STABILIZED PALM WINE

Table 3 shows the results of sensory analyses carried out on stabilized and control palm wines. Analysis of this table shows that stabilized palm wines have a better aroma than control palm wines. In terms of overall acceptability, there was no significant difference, but consistency, color and taste were more acceptable in stabilized wines than in unstabilized (control) wines. Consumers therefore appreciated color, consistency and aroma much more. Stabilization did not alter the taste of the palm wine according to consumers.

Table 3. Sensory quality of stabilized palm wine and control

Palm wine stabilized with :	Organoleptic parameters				
	Color	Consistency	Taste	Aroma	Overall acceptability
0 g of OP (Control)	5.0±0.00 b	5.0±0.00b	5.0±0.00a	5.0±00.00b	5.0±0.00a
15g of OP	6.80±0.84 ab	6.60±0.62ab	4.20±0.73a	6.20±0.81ab	5.90±0.78a
20g of OP	6.70±0.62 ab	6.00±0.52ab	3.70±0.67a	5.80±0.61ab	4.60±0.73a
25g of OP	7.60±0.40 a	7.20±0.49a	4.50±0.83a	7.70±0.42a	6.10±0.81a
30g of OP	7.70±0.65 a	7.20±0.53a	3.40±0.78a	7.30±0.47ab	5.40±0.93a
35g of OP	7.80±0.71 a	7.40±0.58a	3.50±0.65a	6.70±0.47ab	5.50±0.81a
40g of OP	7.40±0.72 a	7.50±0.58a	5.70±0.90a	6.90±0.81ab	6.60±0.62a
F-value	**2.29***	**2.93***	**1.40ns**	**2.42***	**0.84ns**
Probability	**0.0461**	**0.0139**	**0.2307**	**0.0365**	**0.5433**

*ns = not significant; * = significant; Average rates bearing the same letter are not significantly different at the 5% level; Values bearing different letters are significantly or very significantly different at the 5% level; OP = Orange Peel.*

4 DISCUSSION

4.1 NUTRITIONAL AND PHYSICOCHEMICAL CHARACTERISTICS

As far as nutritional parameters are concerned, stabilized palm wine was more concentrated in mineral salts, namely potassium, magnesium, sodium and calcium, than the unstabilized control wine. This could be explained by the fact that the orange peel used for stabilization is a vegetable material that is highly rich in mineral salts, which it would have added to the wine during the stabilization process. On the other hand, we note that the control palm wine is more acidic (low pH) and less sweet (low Brix) than the stabilized palm wine. Orange peel essences would have prevented sugar degradation by palm wine microorganisms during stabilization. The values are still higher than those obtained on palm wine from Beni in DR Congo (Brix degree: 7.64%; pH = 3.7) [14], but the pH is close to that (between 3.5 and 4.5) found for wine from Ghana [15]. [16] had explained that the acidity of the different beverages could be explained by the fact that they ferment during the manufacturing process.

4.2 MICROBIOLOGICAL CHARACTERISTICS OF DIFFERENT PALM WINES

Evaluation of the microbiological parameters of palm wine showed that, after stabilization, loads of microorganisms such as yeasts, Escherichia coli and Staphylococci were significantly lower than in unstabilized wine. Orange peel essences are said to have microbiostatic or microbicidal effects on the microbial flora of palm wine. Indeed, we have shown in previous study that orange peel essential oil exerts a microbicidal effect on microorganisms, in this case molds in cowpea and corn stocks [10]. The microbial load of yeasts and molds obtained in the samples can be explained by the inappropriate storage of wines as indicated by [17]. The latter showed that the abundance of yeasts in the juices could be explained by failure to observe hygiene rules during extraction. Furthermore, the sharp increase in yeast load could be linked to the physicochemical composition of the palm wine [18]. In addition, no salmonella microbial load was observed in any of the wines sampled, which testifies to the operator's compliance with hygiene rules during extraction, as highlighted by [19]. The presence of these germs in the samples indicates contamination of faecal origin (contamination from the environment) [20] The wine samples analyzed contained higher microbial loads (6.01.107 CFU/mL) of aerobic mesophilic germs (AMG) in the oil palm wine; flora higher than that set by the standard (106 CFU/mL). This may be explained by the lack of hygiene in the production environment, as pointed out by [16]. These results differ from those obtained previously by carrying microbiological analyses on Djrèrègbé's (Southest Benin) palm wine, with microbial loads of 3,106 CFU/ml for this germ [21].

4.3 SENSORY CHARACTERISTICS OF STABILITE PALM WINE

Consistency, color and taste are more appreciated by consumers in stabilized wines than in unstabilized (control) wines. This suggests that orange peel essences improve these wine parameters during stabilization. In fact, by inhibiting microbial growth in palm wine, orange peel essences would help preserve the wine's organoleptic quality.

5 CONCLUSION

The present study has enabled us to work on the stabilization of palm wine using orange peels. Through our research and the work we have carried out, we can see that the field of agricultural product processing has evolved in terms of the valorization of agricultural products in Benin's agri-food processing companies. That's why we were interested in the valorization of palm wine and orange by-products such as orange peels. Our aim is to help palm wine producers extend the post-harvest shelf life of their product. Our results show that 25 g of orange peel preserves the nutritional, physicochemical and microbiological quality of a liter of palm wine for at least 4 weeks. Palm wine stabilized in this way has a better organoleptic quality and is appreciated by consumers.

REFERENCES

[1] Béhi, Y. E. N., Mollet, M., Girardin, O., Sorg, J. P., & Herzog, F. (2002). Le vin de palme, aliment et source de revenu pour les populations rurales en Côte d'Ivoire. Schweiz. Z. Forstwes, 153(4), 123-129.

[2] Kouchade, C. A., Kounouhewa, B., & Awokou, S. K. (2017). La récolte de vin de palme: procédé et effets des conditions environnementales. OCL, 24(5), D505.

[3] Prathiviraj, R., Rajeev, R., Jose, C.M., Begum, A., Selvin, J., Kiran, G.S. (2022) Fermentation microbiome and metabolic profiles of Indian palm wine, Gene Reports, 27, 101543, ISSN 2452-0144, https://doi.org/10.1016/j.genrep.2022.101543.

[4] Okafor, N. (1978) Microbiology and Biochemistry of Oil-Palm Wine, Editor(s): D. Perlman, Advances in Applied Microbiology, Academic Press, 24, Pages 237-256, ISBN 9780120026241, https://doi.org/10.1016/S0065-2164(08)70642-7.

[5] Heller, R. (1981) Obscure reactions and carbon syntheses. In: Masson (ed). Plant physiology'. Nutrition, Vol. 1, 2eme édition Masson, Paris, France, pp. 183-205.

[6] Dornier, M., Gerbaudo Y. & Bennasar, M. (1993) Clarification and stabilization of palm wine by tangential filtration on mineral membranes: study of operating conditions, in Industries agricoles alimentaires'' (Massy, France), vol. 110, no. 1-2, pp. 25-34, 1993.

[7] Astudillo-Melgar, F., Ochoa-Leyva, A., Utrilla, J., Huerta-Beristain, G. (2019) Bacterial Diversity and Population Dynamics During the Fermentation of Palm Wine From Guerrero Mexico. Front Microbiol. 22; 10:531. doi: 10.3389/fmicb.2019.00531. PMID: 30967846; PMCID: PMC6440455.

[8] Ezeronye, O.U. & Okerentugba, P.A. (2000) Genetic and physiological variants of yeasts selected from palm wine. Mycopathologia 152, pp. 85–89.

[9] Dessouassi, O. (2013) Stabilisation du vin de palme par pasteurisation-adjonction d'huiles essentielles extraites des feuilles de Cymbopogon citratus (Citronnelle) et de Pimenta racemosa (Laurier). Mémoire de Licence, GTA, EPAC/UAC, Bénin, pp. 73.

[10] Mohammed E. & Soufiane, D. (2021). Survey on the impact of food preservative consumption on human health''. Master in Food Science option: Food Industry Technology. Aboubekr Belkaid Tlemcen University. Faculty of Natural and Life Sciences and Earth and Universe Sciences, Algeria; pp. 1-51.

[11] Gandeho, G.J. (2022) Bioconservation of agricultural products using orange peel extracts against the main pests of maize (Zea Mays L.) and cowpea (Vigna Unguculata L) stocks. Single doctoral thesis, Doctoral School of Life and Earth Sciences (ED-SVT), Abomey-Calavi University, Benin, pp.14.

[12] Novidzro, K.M., Melila, M., Houndji, B.V.S., Koudouvo, K., Dotse, K. & Koumaglo, K.H. (2018) Study of some physicochemical characteristics of «Tchoukoutou», a type of local beer produced in Togo, and evaluation of the performance of four methods for determining alcoholic strength.''. Int. J. Biol. Chem. Sci. 12(6), pp. 2871-2884.

[13] Adjou, E.S., Amamion, H., Tchobo, F.P., Aissi V.M. & Soumanou, M.M. (2013) Enzyme-assisted extraction of fresh pulp juice from the roast tree (Borassus aethiopum Mart.) acclimatized in Benin: physico-chemical and microbiological characterization''. Int. J. Biol. Chem. Sci., 7(3), pp: 1135-1146.

[14] Mulumeoderhwa, L.R. (2021) Physico-chemical and bacteriological analysis of oil palm (*Elaeis guineensis* jacq) wine sold and consumed in the town of Beni/RD.Congo''. IOSR Journal of Business and Management. 23(4), pp. 47-53.

[15] Amoa-awua, W.K., Sampson K.T. & Debrah, K. (2007) Growth of yeasts, lactic and acetic acid bacteria in palm wine during tapping and fermentation from felled oil palm (Elaeis guineensis) in Ghana. Journal of Applied Microbiology. 102(2), pp. 599–606.

[16] N'Guessan-Gnaman, K.C., Bony, N.F., Tuo-Kouassi, A.N., Obodji, M.D.B., Chougouo, R.D., Kengne Nkuitchou, N. C. Amin & I. Dally (2023) Optimizing the formulation of an artisanal pineapple juice beverage for storage at room temperature. Journal Africain De Technologie Pharmaceutique Et Biopharmacie (JATPB), 2(1), pp. 23–35.

[17] Bayoï, J.R., Djoulde, D.R., Maiwore, J., Bakary, D., Soppe, E.J., Noura, B., Tcheme, G., Tchio, S.R., Essia N.J. & Etoa, F. (2014) Influence of the manufacturing process on the microbiological quality of «foléré» (Hibiscus sabdariffa) juice sold in three towns in Cameroon: Maroua, Mokolo and Mora. International Journal of Innovation and Applied Studies, 9(2), pp. 786-796.

[18] Nwachukwu, I.N., lbekwe, V.L., Nwabueze R.N. & Anyanwu, B.N. (2006) Characterisation of palm wine yeast isolates for industrial utilization''. Afr. J Bioteehnol. 5, pp. 1725-1728.

[19] Agblonon Houelome, E. (2005) Study of the microbiological quality of pineapple juice produced at the Abomey tropical fruit drying center. Dissertation for the Professional Master's degree in Biotechnology in the agri-food industries, Faculty of Science and Technology (FAST), Abomey-Calavi University (UAC), Benin, 66p.

[20] Houansou, G.D. (2012) Assessment of the quality and probable health risk of food consumed during road transport: the case of the Cotonou-Parakou route. Master's thesis at FAST/UAC, Benin, 33p.

[21] Tchekessi, C.K.C., Hilla, A.K.E., Djogbe, A.M.A., Sachi, S.A.P., Kouglenou, S., Loko, A.H., Banon, S.B.J., Bleoussi, T.M.R., Assogba T.K. & Bokossa Yaou, P.I. (2020) Evaluation of the Microbiological Quality of Palm Wine Sold in Djèrègbé on the Cotonou-Porto-Novo Road. International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences, 9(10), pp. 3908-3915.

International Journal of Innovation and Applied Studies
ISSN 2028-9324 Vol. 43 No. 4 Oct. 2024, pp. 1097-1105
© 2024 Innovative Space of Scientific Research Journals
http://www.ijias.issr-journals.org/

Effets des fertilisants biologiques et de la fertilisation microdose sur la rentabilité économique de la culture du maïs (*Zea mays* L.) l'Ouest du Burkina Faso

[Effects of organic fertilizers and microdose fertilization on the economic profitability of maize (*Zea mays* L.) cultivation in western Burkina Faso]

P. Bazongo[1], K. Traoré[2], P.B. Ouédraogo[1], and O. Traoré[2]

[1]Université Yembila Abdoulaye TOGUYENI ex Université de Fada N'Gourma, Institut Supérieur du Développement Durable, BP: 54 Fada N'Gourma, Burkina Faso

[2]Institut de l'Environnement et de Recherches Agricoles (INERA), Département Gestion des Ressources Naturelles et Système de Production, INERA-Farako-Ba, Laboratoire Sol Eau Plante, BP 910 Bobo-Dioulasso, Burkina Faso

Copyright © 2024 ISSR Journals. This is an open access article distributed under the ***Creative Commons Attribution License***, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

ABSTRACT: This study was initiated to evaluate the effects of the combined use of organic fertilizers and micro-dose fertilization on the agronomic and economic performance of maize cultivation. The trial was conducted in a completely randomized Fisher block design with 4 repetitions and 9 treatments: T0 (micro-dose) NPK 62.5kg/ha+ Urea 62.5kg/ha, T1 (micro-dose+5t/ha compost+ mulch+ zaï), T2 (micro-dose+ 5t/ha manure+ mulch+ zaï), T3 (micro dose+ 5t/ha compost+ Moringa extract+ mulch+ zaï), T4 (micro-dose+5t/ha compost+ Magnesium sulfate+ mulch+ zaï), T5 (micro-dose+5t/ha compost+ Liquid fertilizer+ mulch+ zaï), T6 (Micro-dose+5t/ha manure+ Moringa extract+ mulch+ zaï), T7 (micro-dose+5t/ha manure+ Magnesium sulfate+ mulch+ zaï) and T8 (micro-dose + 5t/ha manure + liquid fertilizer + mulch + zaï). Fertilizers and crops were also the subject of an economic evaluation to see their profitability. The economic evaluation showed that the T7 treatment gave the best margin which varied between -4185 and 309535 FCFA/ha depending on the selling prices of corn which can vary from 135 to 250 FCFA/kg. However, the RV/C of all treatments was less than 1.5 and would therefore be subject to rejection if they were offered to producers. In view of these results, we suggest that a socio-economic assessment be made between conventional and agroecological production by integrating the social and environmental dimensions to measure the impacts.

KEYWORDS: fertilizers, organic, agronomic and economic, corn. Burkina Faso.

RESUME: Cette étude a été initiée pour évaluer les effets de l'utilisation combinée de fertilisants biologiques et de la fertilisation micro-dose sur la performance agronomique et économique de la culture du maïs. L'essai a été conduit dans un dispositif en blocs de Fisher complétement randomisé avec 4 répétitions et 9 traitements: T0 (micro-dose) NPK 62,5kg/ha+Urée 62,5kg/ha, T1 (micro-dose+5t/ha compost+ paillage+ zaï), T2 (micro-dose+ 5t/ha fumier+ paillage+ zaï), T3 (micro-dose+ 5t/ha compost+ Extrait de moringa+ paillage+ zaï), T4 (micro-dose+5t/ha compost+ Sulfate de magnésium+ paillage+ zaï), T5 (micro-dose+5t/ha compost+ Engrais liquide+ paillage+ zaï), T6 (Micro-dose+5t/ha fumier+ Extrait de moringa+ paillage+ zaï), T7 (micro-dose+5t/ha fumier+ Sulfate de magnésium+ paillage+ zaï) et T8 (micro-dose+5t/ha fumier+ Engrais liquide+ paillage+ zaï). Les fumures et les cultures ont fait l'objet d'une évaluation économique pour voir leurs rentabilités. L'évaluation économique a permis de montrer que le traitement T7 a donné la meilleure marge qui a varié entre -4185 et 309 535 FCFA/ha en fonction des prix de vente du maïs qui peuvent varier de 135 à 250 FCFA/kg. Cependant, le RV/C de tous les traitements était inférieur à 1,5 et feront donc l'objet de rejet s'ils étaient proposés aux producteurs. Au regard de ces résultats, nous suggérons de faire une évaluation socioéconomique entre la production conventionnelle et la production agroécologique en intégrant les dimensions sociale et environnementale pour mesurer les impacts.

MOTS-CLEFS: fertilisants, biologiques, agronomique et économique, maïs. Burkina Faso.

Corresponding Author: P. Bazongo

1 INTRODUCTION

Le secteur agricole a contribué à 13,6% au Produit Intérieur Brut en 2022 [1] et demeure ainsi l'un des secteurs moteurs du développement économique et social du Burkina Faso. Malgré cette position primordiale, l'agriculture burkinabé peine à assurer de façon continue une alimentation durable pour tous. Ainsi, pour occuper sa place, elle doit relever plusieurs défis parmi lesquels, sa capacité à faire face à la flambée des prix des engrais chimiques sur le plan mondial [2]. L'option du maïs réside du fait qu'il se présente comme la deuxième filière porteuse du Burkina Faso juste après le coton [3] et contribue fortement à la sécurité alimentaire. Cependant, son rendement moyen était de l'ordre de 1671 kg/ha sur la période 2012-2021 [4] très loin des potentiels de rendements des variétés vulgarisées par la recherche. D'autres travaux notamment ceux de [5] et [6] se sont intéressés essentiellement à un type de fumure organique bien déterminé combiné ou non à la fumure minérale pour observer leurs effets sur le maïs. Cependant, la culture reste sujette à de nombreuses polémiques en termes d'impacts économiques. Au regard de ce qui précède une question de recherche a été émise. A savoir si ce système de culture du maïs est -il rentable ? Ainsi, il s'avère nécessaire de diversifier les sources de matière organique pour accroître la productivité des systèmes de culture du maïs ainsi que sa rentabilité économique. Pour ce faire les différents traitements seront évalués pour déterminer ceux qui sont les plus rentables et permettra de voir le lien qui existe entre les gains de rendements et la rentabilité économique. Nos travaux de recherche ont été conduits en vue d'apporter des réponses à cette question. L'objectif de l'étude était d'évaluer la rentabilité économique des fertilisants dans la culture du maïs.

2 MÉTHODOLOGIE

Les travaux de recherche ont été conduits à la station de l'INERA Farako-Bâ située à environ 10 km au Sud-Ouest de Bobo Dioulasso sur la nationale n°7 Bobo-Banfora. La station peut être localisée aux coordonnées géographiques 4°20' longitude Ouest, 11°06' latitude Nord et se situe à 405 m d'altitude par rapport au niveau de la mer. Le climat est de type soudanien et la saison pluvieuse se situe entre mi-mai et mi-octobre [7].

2.1 MATÉRIEL

Le matériel utilisé était composé de matériel végétal et de matériel technique. Le matériel végétal utilisé pour l'étude a été constitué de maïs. La variété de maïs utilisée « SR21 » était de couleur blanche avec un cycle de 95 jours, elle se caractérise par une bonne résistante à la maladie de la mosaïque (MSV). Son potentiel de rendement en grains est de 5,1 t/ha [8]. Les différents fertilisants biologiques utilisés sont le compost, le fumier de parc, le sulfate de magnésium, de l'engrais liquide et de l'extrait de feuilles de moringa. Dans cette étude, deux fertilisants minéraux (engrais) ont été utilisés. Il s'agit notamment: du NPK de 14-23-14-6S-1B et de l'Urée de 46% N.

2.2 MÉTHODES

Le dispositif expérimental utilisé a été de type bloc de Fisher de quatre (4) répétitions avec neuf (09) traitements complètement randomisés (Tableau 1).

Tableau 1. Codifications des traitements

Traitements	Composition	Libellé
T0 (témoin)	NPK 62,5kg/ha + Urée 62,5kg/ha (micro dose)	MD
T1	5t/ha compost + micro dose + Paillage + Zaï	C+MD
T2	5t/ha fumier de parc + micro dose + Paillage + Zaï	F+MD
T3	5t/ha compost + Extrait de feuilles de moringa + micro dose + Paillage + Zaï	C+EM+MD
T4	5t/ha compost + Sulfate de magnésium + micro dose+ Paillage + Zaï	C+SM+MD
T5	5t/ha compost + Engrais liquide + micro dose + Paillage + Zaï	C+EL+MD
T6	5t/ha fumier + Extrait de feuilles moringa + micro dose + Paillage+ Zaï	F+EM+MD
T7	5t/ha fumier + Sulfate de magnésium+ micro dose+ Paillage+ Zaï	F+SM+MD
T8	5t/ha fumier + Engrais liquide+ micro dose+ Paillage+ Zaï	F+EL+MD

2.3 COLLECTE DES DONNÉES

DÉTERMINATION DES RENDEMENTS DU MAÏS

- Rendement en grains du maïs (Rgm)

Le rendement en grains de la parcelle utile a été obtenu après séchage au soleil pour atteindre un taux d'humidité de 14%. Pour ce faire, un échantillon a été prélevé et testé à l'aide d'un humidimètre. Les grains ont été ensuite débarrassés de toutes les impuretés par vannage et par tri. Le rendement a été déterminé à partir de la formule (1):

$$Rgm\left(\frac{kg}{ha}\right) = \frac{Poids\ moyen\ du\ traitement(kg)}{16\ m^2} \times 10000\ m^2 \quad (1)$$

- Rendement en paille du maïs (Rbm)

Le rendement en paille d'une parcelle élémentaire a été déterminé par carré de rendement après le séchage à l'étuve pendant 72 h à une température de 65 ºC. La paille a été ensuite pesée à l'aide d'un peson étalonné. Le poids moyen par traitement a été obtenu en faisant la moyenne des échantillons de paille des trois carrés de rendement.

Le rendement a été déterminé à partir de la formule (2):

$$Rbm\left(\frac{kg}{ha}\right) = \frac{Poids\ moyen\ du\ traitement(kg)}{16\ m^2} \times 10000\ m^2 \quad (2)$$

DÉTERMINATION DE L'EFFICACITÉ AGRONOMIQUE DES FUMURES (EAF)

L'efficacité agronomique permet une meilleure comparaison des différents types de fertilisation. Ainsi, pour l'efficacité agronomique, le témoin absolu est considéré comme la référence avec une efficacité de 0% [9]. L'efficacité agronomique (4) a été déterminée pour chaque traitement (Ti) à partir du rapport entre le gain de rendement (Gr) (3) et le rendement du traitement (RTi).

La formule suivante a été utilisée:

$$Gr = RTi - RT0 \quad (3)$$

$$EAF = \frac{Gr}{RTi} \times 100 \quad (4)$$

PARAMÈTRES ÉCONOMIQUES

DÉTERMINATION DES DONNÉES ÉCONOMIQUES

Pour les différents calculs, nous avons utilisé de deux types de données. Des données primaires provenant d'enquête auprès des producteurs sur les différents marchés locaux de la ville de Bobo-Dioulasso, Karangasso Sambla et de Toussiana. Des données secondaires obtenues au niveau des statistiques agricoles du ministère en charge de l'Agriculture [4]. La prise en compte de ces différentes sources a permis de retenir trois catégories de prix de vente afin d'inclure les incertitudes liées à la variation des prix dans notre démarche. Ainsi, le premier prix (P1) est la moyenne de prix des grands marchés répertoriés sur la période 2012 à 2021 soit 135 FCFA/kg [4]. Le deuxième prix de 250 FCFA est le prix moyen (P2) en juillet 2023 sur les marchés locaux (Toussiana, Karangasso Sambla et Bobo) et le troisième prix (P3) étant la moyenne entre le premier et deuxième prix soit 193 FCFA. La paille du maïs sur les marchés locaux a été valorisée à 10 FCFA/kg.

Concernant les coûts unitaires de la fertilisation, pour les engrais minéraux ce sont les prix actuels moyens du marché qui ont été considérés soit 550 FCFA/kg du NPK et 450FCFA/kg pour l'urée. Pour le compost, le prix du kilogramme était de 60 FCFA, le fumier à 40 FCFA/kg, les feuilles de moringa ont été acquis à 500 FCFA/kg, l'engrais liquide a été valorisé 40 FCFA/l. Pour le sulfate de magnésium le coût moyen du kilogramme de la gamme utilisée dans l'essai était de 30625 FCFA/ha.

La charge liée aux travaux n'est autre que la somme des dépenses et du coût total des temps de travaux obtenue par le produit entre les temps mis en homme-jour (HJ) et le prix de la main d'œuvre, à 1500 FCFA/HJ. Le transport a été également estimé en H/J. Il faut souligner que tous les calculs ont été rapportés à l'hectare. L'analyse n'a pas tenu compte de l'amortissement du matériel utilisé (Cf. annexe 3).

RENTABILITÉ ÉCONOMIQUE DE LA CULTURE EN FONCTION DE LA FERTILISATION UTILISÉE

Les différents indicateurs ont permis de comparer les richesses produites par chaque traitement.

Le bénéfice brut (Bb) (5) est obtenu à partir du produit entre le rendement (kg/ha) et le prix unitaire (FCFA/kg) de la culture.

$$Bb\ (Ti) = Rendement\ (Ti) \times Prix\ unitaire\ du\ produit\ (Ti) \quad (5)$$

Le bénéfice net (Bn) (6) exprimé en FCFA/ha est obtenu en faisant la différence entre le bénéfice brut (Bb) et les charges variables (CV) correspondant à chaque traitement.

$$CV(Ti) = \left(Quantité \frac{d'intrants}{ha} \times Prix\ unitaire\ de\ l'intrant\right) + \Sigma Ci \quad (6)$$

Avec ΣCi qui représente l'ensemble des autres charges (les travaux, le transport). Le Bn est obtenu par la formule (7):

$$Bn = Bb\ (Ti) - CV(Ti) \quad (7)$$

Cet indicateur a permis de déterminer la rentabilité de la culture en fonction de chaque fertilisation utilisée.

RATIO DE VALEUR SUR COÛT

La performance économique des fumures a été déterminée à travers les composantes de rendement (paille et grains) par le ratio de valeur sur coût (RV/C) afin de proposer la (s) fertilisation (s) optimale (s). Cela a permis au terme de cette étude de proposer la meilleure option parmi toutes les techniques appliquées. En effet, l'évaluation de l'efficacité d'un processus de production, passe par le calcul de la productivité de la terre (rapport entre la quantité produite et la quantité investie) et celle du travail (rémunération de la main d'œuvre) [10].

Il a été déterminé par la formule (8):

$$\frac{RV}{C} = \frac{Bn\ du\ traitement\ \left(\frac{FCFA}{ha}\right) - Bn\ du\ témoin\ \left(\frac{FCFA}{ha}\right)}{Coûts\ variables\ totaux\ \left(\frac{FCFA}{ha}\right)} \quad (8)$$

Ainsi pour [10]:

- une technologie ne peut être facilement adoptée que si la valeur du RVC ≥ 2.
- l'adoption se fait avec réticence si 1,5 ≤ RVC < 2
- et il y a rejet si RVC < 1,5.

TRAITEMENT ET ANALYSE STATISTIQUE DES DONNÉES

Le tableur Excel 2016 a servi pour la saisie des données et l'élaboration des tableaux et graphiques et les analyses statistiques ont été réalisées à l'aide du logiciel XLSTAT 2016. Le test de Newman Keuls a permis de comparer les moyennes au seuil de 5% lorsque l'analyse de variance (ANOVA) indique des différences entre les traitements.

3 RÉSULTATS

EFFETS SUR LES PARAMÈTRES DE RENDEMENT GRAINS ET PAILLE DU MAÏS

L'analyse a relevé des différences significatives pour le rendement en gains et en paille à la fin de cette étude (p=0,001 et p= 0,002). Les rendements en grains et en paille les plus élevés ont été obtenus avec les traitements MD+ compost+ engrais liquide+ paillage + zaï (3020 kg/ha, 4449 kg/ha), MD+ fumier+ sulfate de magnésium + paillage + zaï (2728 kg/ha, 4791 kg/ha) et MD+ compost+ extrait de feuilles de moringa+ paillage + zaï (2614 kg/ha, 4340 kg/ha). Les rendements en grains issus des traitements T5 et T7 ont significativement augmenté par rapport à celui du traitement témoin T0 (584 kg/ha) respectivement de 417% et 367% (Tableau 1). Les rendements en paille des traitements de T5 et T7 ont également varié significative comparativement à T0 avec respectivement 221% et 246%. De façon globale les traitements ayant reçus des fertilisants biologiques, le paillage et le zaï ont été plus performants que celui ayant reçu uniquement la micro dose.

Tableau 2. Effets sur le rendement grain et paille du maïs

Traitement	Rendement en grains (kg/ha)	Rendement en paille (kg/ha)
T0	584 [a] ± 95	1384 [a] ± 129
T1	2156 [b] ± 517	3986 [b] ± 923
T2	2114 [b] ± 295	4251 [b] ± 521
T3	2614 [b] ± 946	4340 [b] ± 477
T4	2104 [b] ± 65	3958 [b] ± 794
T5	3020 [b] ± 601	4449 [b] ± 875
T6	2197 [b] ± 208	3399 [b] ± 623
T7	2728 [b] ± 552	4791 [b] ± 712
T8	2416 [b] ± 386	4427 [b] ± 514
Probabilité	0,001	0,002
Signification	HS	HS

NB: Les valeurs suivies de la même lettre, dans une même colonne, ne sont pas significativement différentes au seuil de 5% de probabilité. T0: Micro dose vulgarisée (MD); T1: MD+ compost + paillage +zaï (MD+C); T2: MD+ fumier+ paillage +zaï (MD+F); T3: MD+ compost+ extrait de moringa+ paillage +zaï (MD+C+EM); T4: MD+ compost+ sulfate de magnésium+ paillage +zaï (MD+C+SM); T5: MD+ compost+ engrais liquide+ paillage +zaï (MD+C+EL); T6: MD+ fumier+ extrait de moringa+ paillage +zaï (MD+F+EM); T7: MD+ fumier+ sulfate de magnésium+ paillage +zaï (MD+F+SM); T8: MD+ fumier+ engrais liquide+ paillage +zaï (MD+F+EL); HS: hautement significatif; JAS: jour après semis.

EFFICACITÉ AGRONOMIQUE DE LA FERTILISATION (EAF)

L'efficacité agronomique des différentes fertilisations est présentée dans la Figure 1. On observe une forte variation de l'efficacité agronomique des fertilisations entre les traitements ayant bénéficiés de fertilisant biologiques, du paillage et du zaï, et le témoin. Le traitement T5 (MD+C+EL) présente la meilleure efficacité agronomique (EAF=81%) parmi les fertilisations biologiques suivi de T7 (MD+F+SM) et T3 (MD+C+EM) avec respectivement 79% et 78%. En outre, toutes les fumures ont présenté une EAF >70% par rapport à l'efficacité agronomique du traitement T0 (EAF=0%).

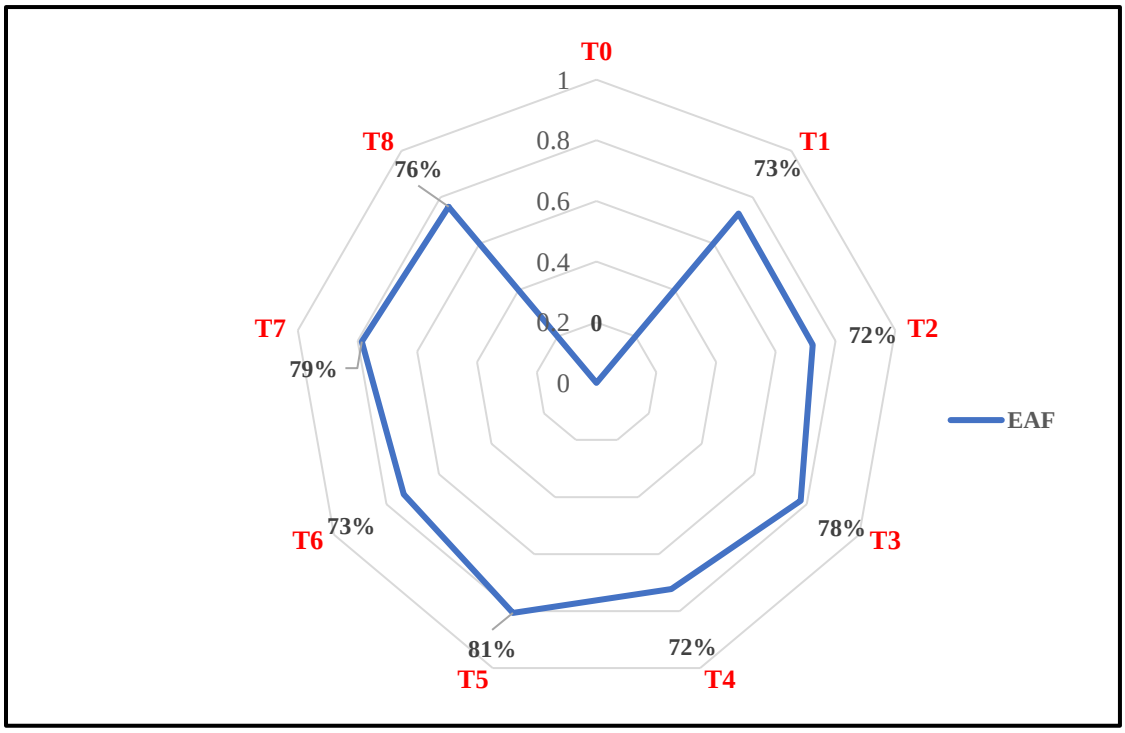


Fig. 1. Efficacité agronomique de la fertilisation

NB: T0: Micro dose vulgarisée (MD); T1: MD+ compost + paillage +zaï (MD+C); T2: MD+ fumier+ paillage +zaï (MD+F); T3: MD+ compost+ extrait de moringa+ paillage +zaï (MD+C+EM); T4: MD+ compost+ sulfate de magnésium+ paillage +zaï (MD+C+SM); T5: MD+ compost+ engrais liquide+ paillage +zaï (MD+C+EL); T6: MD+ fumier+ extrait de moringa+ paillage +zaï (MD+F+EM); T7: MD+ fumier+ sulfate de magnésium+ paillage +zaï (MD+F+SM); T8: MD+ fumier+ engrais liquide+ paillage +zaï (MD+F+EL); EAF: efficacité agronomique de la fertilisation.

RENTABILITÉ ÉCONOMIQUE DE LA FERTILISATION ET DU SYSTÈME DE CULTURE

- Bénéfice net (BN)

Le bénéfice net de l'utilisation de chaque type de fertilisation est présenté dans la Figure 2. Pour une prise en compte effective de la variabilité des prix de vente des produits agricoles, trois niveaux de prix ont été pris en compte, classés en prix bas, prix moyen et prix élevé. Ce qui a permis de dégager trois catégories de bénéfice. Lorsque nous considérons les prix bas, il ressort des résultats que tous les traitements sans exception présentent un bénéfice net négatif. Les recettes de production occasionnées n'ont pas permis de couvrir les dépenses de production. La plus forte perte a été induite par le traitement T4 (-198 005 FCFA/ha) tandis que la plus faible perte a été constatée au niveau du traitement T7 avec - 4 185 FCFA/ha. Avec des prix élevés, tous les traitements ont induit un bénéfice net positif excepté le témoin T0. T7 (MD+F+SM) (309 535 FCFA/ha) a été le plus performant suivi de T5 (MD+C+EL) (287 220 FCFA/ha). Les plus faibles profits ont été obtenus avec T4 (MD+C+SM) (43 955 FCFA/ha) et T0 (MD) (-4 910 FCFA/ha). Avec des prix moyens, six (06) traitements ont présenté des bénéfices nets positifs. Parmi ceux-ci, deux traitements se sont particulièrement illustrés T7 et T5 respectivement avec 154 039 FCFA/ha et 115 080 FCFA/ha. Les traitements T1, T0 et T4 ont induit des profits négatifs donc des pertes. La plus grande perte a été observée au niveau du traitement T4 (MD+C+SM). De façon globale, on constate que le traitement économiquement le plus performant est MD+F+SM et le moins performant MD+C+SM.

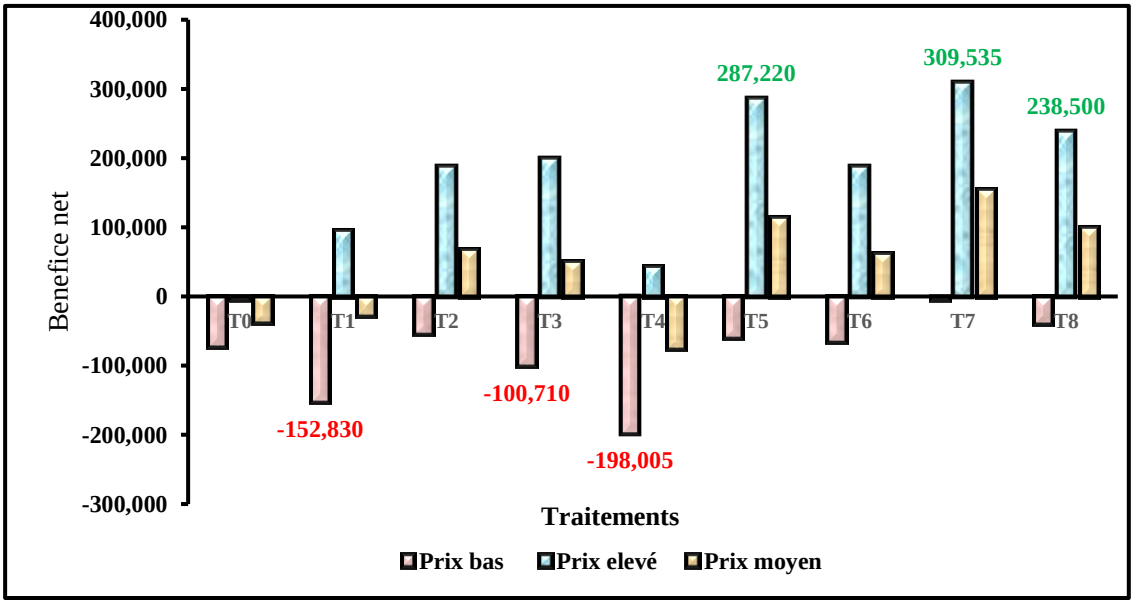


Fig. 2. Détermination du bénéfice net des traitements

NB: T0: Micro dose vulgarisée (MD); T1: MD+ compost + paillage +zaï (MD+C); T2: MD+ fumier+ paillage +zaï (MD+F); T3: MD+ compost+ extrait de moringa+ paillage +zaï (MD+C+EM); T4: MD+ compost+ sulfate de magnésium+ paillage +zaï (MD+C+SM); T5: MD+ compost+ engrais liquide+ paillage +zaï (MD+C+EL); T6: MD+ fumier+ extrait de moringa+ paillage +zaï (MD+F+EM); T7: MD+ fumier+ sulfate de magnésium+ paillage +zaï (MD+F+SM); T8: MD+ fumier+ engrais liquide+ paillage +zaï (MD+F+EL).

RATION VALEUR SUR COÛT (RV/C)

Les résultats de RVC montrent que les gains de production occasionnés par l'utilisation des fertilisants biologiques, la pratique du paillage et du zaï quel que soit le niveau de prix n'ont pas permis de couvrir les dépenses de production en culture du maïs (Figure 3). En effet, les RVC de tous les traitements sont inférieurs à 1,5. Autrement dit, l'utilisation des fertilisants biologiques combinée à la micro dose minérale et la pratique du paillage et du zaï ont donné des traitements moins avantageux avec moins de chance d'adoption. Cependant, les T7, T5 et T8 ont induit des gains de production proche du seuil d'adoption avec réticence (1,5 < RVC ≤ 2). Contrairement au traitements T4 et T0.

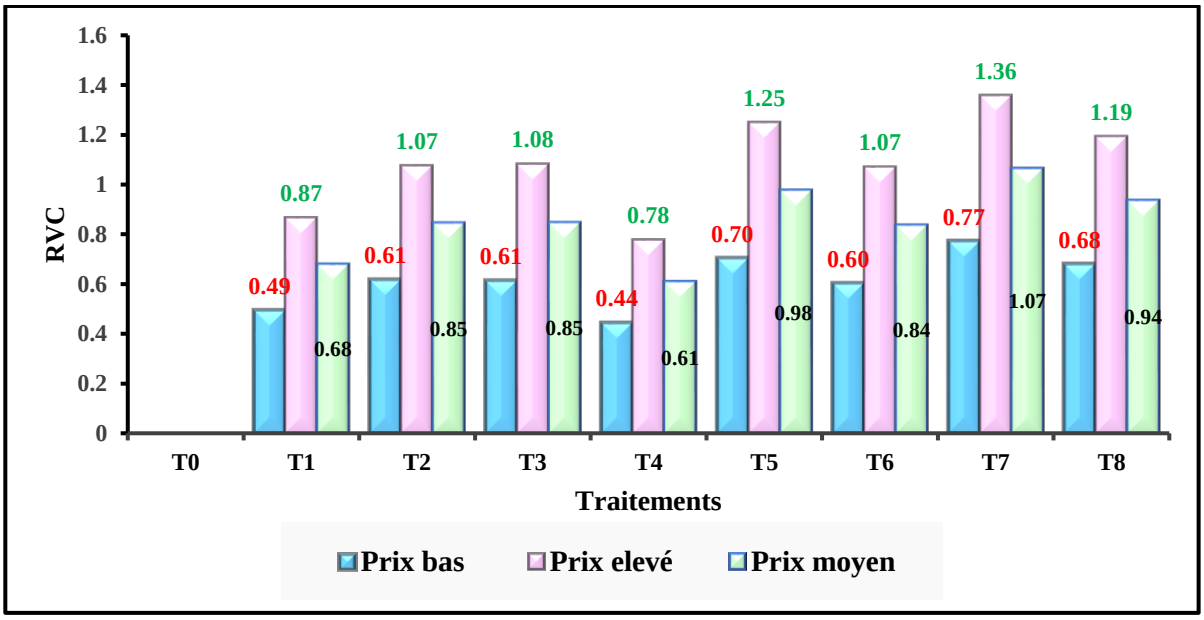


Fig. 3. Détermination du ratio RV/C

NB: T0: Micro dose vulgarisée (MD); T1: MD+ compost + paillage +zaï (MD+C); T2: MD+ fumier+ paillage +zaï (MD+F); T3: MD+ compost+ extrait de moringa+ paillage +zaï (MD+C+EM); T4: MD+ compost+ sulfate de magnésium+ paillage +zaï (MD+C+SM); T5: MD+ compost+ engrais liquide+ paillage +zaï (MD+C+EL); T6: MD+ fumier+ extrait de moringa+ paillage +zaï (MD+F+EM); T7: MD+ fumier+ sulfate de magnésium+ paillage +zaï (MD+F+SM); T8: MD+ fumier+ engrais liquide+ paillage +zaï (MD+F+EL).

4 DISCUSSION

Pour ce qui concerne les rendements, la culture sans apport de fertilisants biologiques n'a pas favorisé la croissance de rendement. Par contre, une bonne variation du rendement a été observée au niveau des traitements ayant reçus les fertilisants combinés et l'application du paillage et du zaï. Les traitements MD+C+EL et MD+F+SM ont été les plus performants. Les rendements de ces traitements ont significativement augmenté par rapport à celui du traitement témoin T0. Cette performance pourrait être due à la quantité non négligeable d'éléments tels que l'azote et le phosphore assimilable que contiennent ces traitements, éléments qui sont indispensables à la croissance et au développement des plantes, et qui agissent immédiatement sur le développement et sur la production des plantes. Pour le traitement à base de l'engrais liquide, il a dû être plus soluble et par conséquent présenter des aptitudes adéquates pour être facilement absorbé par la plante par rapport à l'engrais minéral [11]. Ces résultats sont similaires à ceux de [12] qui ont montrés avec le turbo-bio (engrais organique liquide) applicable au niveau des feuilles et au niveau des racines, que les traitements avec du Turbo-bio présentent un nombre de fruits et de fleurs plus élevés par rapport aux traitements avec fumure minérale. Des résultats similaires ont été également trouvés par [13] à travers l'application d'un engrais organique liquide sur le piment. S'agissant à base de sulfate de magnésium, sa performance pourrait s'expliquer par l'effet additionnel de ce dernier au fumier. En effet, le soufre agit en synergie avec l'azote et entre dans la constitution de la chlorophylle [14]. Le magnésium quant lui est un élément central indispensable des molécules de chlorophylle [15]. Le traitement à base d'extrait de feuilles de Moringa a présenté également un bon rendement comparativement au témoin. Ce résultat pourrait s'expliquer par l'apport combiné du compost et sans doute de l'extrait des feuilles de moringa. [6] ont montré que l'apport du compost, même à faible dose, a un effet positif sur les rendements du maïs. Sa combinaison avec l'extrait de feuilles de moringa qui selon [16] peut être utilisé pour produire une hormone de croissance végétale efficace appelé le zéatine, permettant d'accroître de 25 à 30 % le rendement de presque n'importe quelle culture [17] aurait donc permis une amélioration du rendement.

La même tendance est observée avec les quantités de paille provenant du maïs cultivé dans les traitements ayant reçus les fertilisants biologiques, la paille et le zaï qui a augmenté significativement par rapport à celle du maïs en culture exclusivement minérale. Par ailleurs, les traitements MD+C+EL, MD+F+SM et MD+C+EM à l'instar des rendements en grains, ont produit de meilleures biomasses comparativement aux autres traitements. Ces résultats d'une façon générale confirment les tendances obtenues sur la croissance et le développement agro-morphologiques. En outre, ces résultats pourraient d'autant être expliqués par le paillage fait au semis sur les parcelles ayant bénéficiées de fertilisants biologiques. En effet, l'application de tiges de mil (seules ou en combinaison avec les engrais minéraux) accroît la fertilité chimique des sols et la production du mil [18]. Les traitements les plus performants se trouvent être ceux-là qui ont présenté les meilleures valeurs en azote et en phosphore. Cependant, [19] ont montré avec le blé que l'apport de la paille par enfouissement pourrait avoir un effet dépressif dû à la confiscation de l'azote minéral du sol par les microorganismes décomposeurs,

communément appelée immobilisation ou faim d'azote. Cette situation selon [20] justifie l'apport de matières azotée organique (engrais vert, engrais organique) ou minérale (urée).

De façon générale, les rendements obtenus sont inférieurs au rendement potentiel de la culture qui est de 5100 kg/ha [8]. Toutefois, il faut signaler que les rendements en grains de maïs obtenus avec les traitements à base de fertilisants biologiques combinés à la micro dose au paillage et au zaï ont été supérieurs à ceux observés en milieu paysan qui était de 1671 kg/ha sur la période 2012-2021 [4]. Ce qui montre le rôle bénéfique des fertilisants combinés aux pratiques agroécologiques sur la culture.

Pour l'efficacité agronomique qui nous renseigne sur le surplus de rendement engendré par une fertilisation donnée comparativement au témoin montre que le traitement T5 à base de compost, de l'engrais liquide combiné à la micro dose minérale au paillage et au zaï a donné la meilleure efficacité (EAF=81%). Cela signifie que ce traitement a engendré 81% de plus de rendement par rapport à la fumure exclusivement minérale (témoin). Il est suivi par le traitement T7 (MD+F+SM) avec une EAF=79% et de T3 (MD+C+EM) avec une EAF=78%. Par ailleurs, tous les traitements excepté le témoin (MD) ont montré une efficacité agronomique supérieure à 70%. L'apport des fertilisants biologiques et les pratiques agroécologiques améliore les rendements du maïs.

Sur la base d'une comparaison du bénéfice net, trois traitements avec T7 (à base de fumier +sulfate de magnésium) en tête suivi de T5 (à base de compost + d'engrais liquide) et de T8 (fumier + l'engrais liquide) ont été les plus performants. Ces performances sont d'autant plus importantes que les prix de vente de la production sont élevés. Les coûts additionnels engendrés par l'utilisation des fertilisants biologiques, du paillage et du zaï sont donc inférieurs aux revenus additionnels générés pour ces traitements. Cela signifie que la rentabilité est fonction non seulement du gain de production enregistré mais également dépend du coût d'acquisition des intrants et du niveau de prix de vente de la production. La rentabilité s'est donc sensiblement améliorée avec l'usage des fertilisants et de l'application des pratiques agroécologiques comparativement au témoin. Toutefois, nos résultats ne sont pas similaires à ceux de [21] et [22] qui ont montré que plus le coût de production était moindre, plus les traitements étaient rentables. Ce qui n'est pas vérifié à dans notre étude où les traitements qui présentent les plus faibles coûts de production (T0= 164750 FCFA/ha; T2= 382750 FCFA/ha; T6= 395750 FCFA/ha) ne sont pas les plus rentables.

Par ailleurs, les résultats d'analyse économique sur la performance des traitements présentent des Ratio Valeur/Coût inférieurs à 1,5 (RV/C< 1,5) quel que soit le niveau de prix. Selon [10], cela correspond à une perte d'argent et à rejet d'adoption auprès des producteurs.

En effet, les bénéfices des pratiques agroécologiques vont au-delà de la rentabilité économique mais intègrent la rentabilité sociale et écologique. Pour ce faire, il est important de tenir compte du prix de vente dans la construction de la rentabilité des produits issus de la production agroécologique comme dans notre cas. Ce qui pose la problématique de trouver un marché pour ces produits avec des prix rémunérateurs pour améliorer la rentabilité du système. L'agroécologie ne devrait pas être vue seulement sous l'angle du bien être écologique mais doit permettre aux agriculteurs d'atteindre un équilibre économique dans leurs exploitations seul gage pour la durabilité du système. Pour ainsi, corroborer les propos de [23] qui déclarait à ce sujet que « *si l'on consomme moins d'énergies fossiles, moins de phytosanitaires, moins d'antibiotiques, le résultat est bon non seulement pour l'environnement, mais également pour l'équilibre économique des exploitations ».*

5 CONCLUSION

L'évaluation de l'efficacité agronomique et économique de la culture du maïs a permis de montrer que le niveau de bénéfice était fonction du rendement mais surtout du niveau de prix de vente des produits. Les résultats ainsi présentés conduiront donc à un rejet de la technologie. L'utilisation des fertilisants biologiques combinés à la micro dose dans un système agroécologique est économiquement rentable donc facilement adoptable par les producteurs**.**

L'analyse agronomique a permis de montrer que la fertilisation à base de compost, d'engrais liquide combinés à la micro dose, au paillage et au zaï a été plus performant suivi de la fertilisation à base fumier, de sulfate de magnésium combinés à la micro dose, au paillage et au zaï. Quant à l'analyse économique, elle a permis de montrer que les fertilisants biologiques ne peuvent être rentables qu'à condition d'avoir des prix plus attractifs sur le marché, faute de quoi, les avantages écologiques seulement ne pourront assurer sa pérennisation auprès de producteurs. Aussi, l'analyse économique des résultats de l'expérimentation agronomique a permis de mettre en évidence que les traitements aux rendements physiques les plus élevés ne sont pas nécessairement les plus rentables. Au terme de nos travaux de recherche, nous suggérons de faire une évaluation socioéconomique entre la production conventionnelle et la production agroécologique en intégrant les dimensions sociale et environnementale pour mesurer les impacts.

REMERCIEMENT

Les auteurs traduisent leur gratitude à l'Université Yembila Abdoulaye TOGUYENI de Fada N'Gourma, pour avoir financé cette étude.

REFERENCES

[1] INSD. Les comptes nationaux de 2022 (Premières estimations à partir des CNT) Base 2015, SCN 2008 (Burkina Faso), 10p. 2023.

[2] IFDC. La flambée des prix des engrais: Une menace pour la sécurité alimentaire en Afrique sub-saharienne. Consulté à 22h030 le 24/10/2023 https://ifdc.org/2021/12/21/la-flambee-des-prix-des-engrais-une-menace-pour-la-securite-alimentaire-en-afrique-sub-saharienne/. 2021.

[3] Chambre de Commerce et d'Industrie du Burkina Faso (CCI-BF). Rapport sur l'état du commerce et de la concurrence au Burkina Faso.65p. 2018.

[4] MARAH. Annuaire des statistiques agro-sylvo-pastorales 2021, Ouagadougou (Burkina Faso), 54p. 2022.

[5] A.P. Gomgnimbou, A. A. Bandaogo, K. Coulibaly, A. Sanon, S. Ouattara, H.B. Nacro Effets à court terme de l'application des fientes de volaille sur le rendement du maïs (Zea mays L.) et les caractéristiques chimiques d'un sol ferralitique dans la zone sud-soudanienne du Burkina Faso', International Journal of Biological and Chemical Sciences, 13 (4), 2041–2052 p. 2019.

[6] B. Koulibaly, D. Dakuo, A. Ouattara, O. Traoré, F. Lompo, P.N. Zombré, Y. Kouamé. Effets de l'association du compost et de la fumure minérale sur la productivité d'un système de culture à base de cotonnier et de maïs au Burkina Faso, Tropicultura, 33 (2), 125-134 p. 2015.

[7] P. Morant Recherche développement Ouest Burkina, Rapport analytique 1982, Ouagadougou: IVRAZ, 15 p. 1984.

[8] Ministère de la Recherche Scientifique et de l'Innovation (MRSI). Catalogue national des espèces et variétés agricoles du Burkina Faso. Comité national des semences. 81p. 2014.

[9] S.S.H. Traoré. Etude des impacts agro-pédologiques des apports continus et en rotation de fertilisants organo-minéraux sur le cotonnier en stations de recherche: cas de Sana et Farako-Bâ 66p; 2012.

[10] L. Delville. Gérer la fertilité des terres dans les pays du Sahel, coll. Le point sur, Paris, GRET/Ministère de la Coopération/CTA. 1996.

[11] A.J.A. Kotaix, P.T.K. Angui, C.Z.K. Pierre, N.L. Diby, D. Dao, B. Bonfoh. Effet de l'engrais organique liquide « dragon 1«, sur le développement de la tomate au sud et au Centre-Ouest de la Côte d'Ivoire. Agronomie Africaine, 25 (1): 37-52p. 2013.

[12] Z. Konfé, B. Zonou, E. Hien. Influence d'intrants innovants sur les propriétés du sol et la production de tomate (*Solanum lycopersicum* L.) et d'aubergine (*Solanum melongena* L.) sur un sol ferrugineux tropical en zone soudano-sahélienne au Burkina Faso, International Journal of Biological and Chemical Sciences 13 (4): 2129-2146p. 2019.

[13] G.B. Deoré, A.S. Limaye, B.M. Shinde, S.L. Laware. Effect of Novel Organic Liquid Fertilizer on Growth and Yield inChilli (*Capsicum annum* L.). Asian J. Exp. Biol. Sci. Spl., 2010: 15-19p. 2010.

[14] H. Niknahad-gharmakher. Minéralisation du soufre associé à la décomposition des matières organiques dans les sols et relations avec les dynamiques du carbone et de l'azote, Thèse de Doctorat de l'Institut des Sciences et Industries du vivant et de l'environnement; spécialité Agronomie et environnement; France, 145p. 2008.

[15] P. Denoroy, C. Le Souder, J.P. Fardeau. Comprendre le fonctionnement des agroécosystèmes pour ajuster l'offre de phosphore, potassium et magnésium aux besoins des cultures. 29p. 2005.

[16] L.J. Fuglie. New Uses of Moringa Studied in Nicaragua. ECHO Development. http://www.echotech.org/network/modules.php. 2000.

[17] M. L. Price. Le Moringa. In Note technique- ECHO (revue en 2000, en 2002 et en 2007). [En ligne] Accès Internet: http://www.Echonet.org/ tropicalag / technotes/Moringa.pdf (Page consultée le 14 Octobre 2010). 2007.

[18] L. Eltrop, B.E. Allison, K. Michels, M.V.K. Sivakumar. Effects of different rates of crop residue application on w ind erosion, so il properties and mill et growth. ln: Buerkert B, Allison BE, von Oppen M, eds. Wind erosion in Niger. Implications and contrai measures in amillet-based farming system 1996: 139-51p. 1996.

[19] S. Kaboneka, W.E. Sabbe, A. Mauromoustakos. Carbon decomposition kinetics and nitrogen mineralization from corn, soybean and wheat residues Commun. Soil Sci. Plant Anal. 28: 1359-1373 p. 1997.

[20] Z. Yu, Z. Huang, M. Wang, R. Liu. Nitrogen addition enhances home-field advantages during litter decomposition in subtropical forest plantations. Soil Biol. Biochem. 90: 188-196 p. 2015.

[21] J.T. Upite, A.K. Misonga, E.K.M. Lenge, L.N. Kimuni. Effets des composts ménagers sur les propriétés du sol et sur la productivité des cultures légumières: cas de la tomate (Lycopersicon Esculentum Mill), International Journal of Biological and Chemical Sciences 13 (7): 3411-3428p. 2019.

[22] T.K. Alla, L.E. Bomisso, T. Seydou, E.A Dick. Effets de la fertilisation organique à base de pelure de banane plantain et de fiente de poulet sur les paramètres agronomiques et la rentabilité financière de l'aubergine N'drowa (*Solanum aethiopicum* L.) en Côte d'Ivoire, Afrique SCIENCE 18 (6): 25-38p. 2021.

[23] S. Le Foll. Déclaration au Sénat sur les enjeux du projet de loi d'avenir pour l'agriculture, l'alimentation et la forêt, Sénat, 9 avril 2014.

International Journal of Innovation and Applied Studies
ISSN 2028-9324 Vol. 43 No. 4 Oct. 2024, pp. 1106-1112
© 2024 Innovative Space of Scientific Research Journals
http://www.ijias.issr-journals.org/

Study of the cutaneous toxicity and antifungal activity of Senna podocarpa, a plant used to treat cutaneous affection

Agré Don Josette[1], Assemian Ines Christelle[2], Konan Gbê Kouakou N'Dri Ange[1], Koné Check Hamed Baba[1], Bolou Gbouhoury Eric-Kevin[3], and Djaman Allico Joseph[1]

[1]Laboratory of Biology and Health, UFR Biosciences, Félix Houphouët-Boigny University, Côte d'Ivoire

[2]Laboratory of Biotechnology, agriculture and valuation of biological resources, Côte d'Ivoire

[3]National Center of Floristics, Félix Houphouët-Boigny University, Côte d'Ivoire

Copyright © 2024 ISSR Journals. This is an open access article distributed under the ***Creative Commons Attribution License***, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

ABSTRACT: The study aims to assess the cutaneous toxicity and antifungal activity of the hydroethanol extract of *Senna podocarpa,* a plant used in traditional medicine. This research is essential to determine both the safety of using the extract on the skin and its efficacy against various fungal infections.
Following OECD guideline 404 (2015), twelve Hyplus rabbits were treated with 200 mg/kg and 500 mg/kg doses of the extract to observe skin reactions, such as erythema and oedema, over 14 days. Antifungal activity was assessed using the double dilution slant tube method, followed by inoculation with *Candida albicans, Aspergillus fumigatus,* and *Trichophyton mentagrophytes*. Antifungal parameters such as MIC, MFC, and IC50 were determined.
Senna podocarpa extract showed no dermal toxicity, with a mean irritation index (MII) of 0, indicating that it is neither irritant nor corrosive to rabbit skin. No skin lesions were observed, and the rabbits' coats grew back 24 hours after application. In addition, the extract did not affect the weight of the rabbits, with those given 500 mg/kg even showing greater weight gain than those given 200 mg/kg. In terms of antifungal activity, the extract inhibited the growth of the fungi tested in a dose-dependent manner. The MIC and MFC were 6.25 mg/mL and 12.5 mg/mL for *A. fumigatus,* 25 mg/mL and 100 mg/mL for *C. albicans,* and 100 mg/mL for *T. mentagrophytes*.

KEYWORDS: *Senna podocarpa,* Antifungal, Cutaneous toxicity.

1 INTRODUCTION

Fungal infections represent a growing threat to global public health, affecting various tissues and organs, including the skin, nails, mucous membranes, and sometimes internal organs. Cutaneous mycoses, in particular, affect around 20-25% of the world's population, with prevalence rates varying considerably between regions, reaching as high as 66% in Côte d'Ivoire [1]. These infections include not only onychomycosis, but also dermatomycoses such as ringworm, athlete's foot, and cutaneous candidiasis. They are often characterised by symptoms such as skin thickening, pruritic lesions, and alterations in nail colour and texture, leading to physical discomfort and a significant psychological impact [2], [3]. Conventional antifungal treatments, although effective in many cases, are increasingly limited by pathogen resistance and adverse side effects [4]. This has led to a growing interest in alternative therapies, including the use of medicinal plants. *Senna podocarpa,* a plant widely used in traditional African medicine, is recognised for its varied pharmacological properties, including its laxative, antimicrobial and antimycotic effects. Its leaves and bark contain bioactive compounds such as flavonoids, anthraquinones and tannins, which are responsible for its antifungal activity. These compounds act by inhibiting the growth of fungi and disrupting their cell structure [5], [6].

Corresponding Author: Agré Don Josette

However, the efficacy of a medicinal plant is not enough to guarantee its safety. It is essential to assess the cutaneous toxicity of *Senna podocarpa* before its therapeutic use to prevent possible adverse effects such as allergic reactions or skin irritation. The aim of this study is therefore to assess both the antifungal activity and cutaneous toxicity of this plant on Hyplus rabbits, with a view to determining its potential as a safe and effective alternative treatment for cutaneous mycoses.

2 MATERIALS AND METHODS

2.1 PLANT MATERIAL

The plant used for the various tests was *Senna podocarpa*. It was collected in a village called Gbena, located 7 km from Séguéla in the Worodougou region. The authentication of this plant was carried out at the National Floristic Center (CNF) of the Félix Houphouët-Boigny University (UFHB), where the *Senna podocarpa* specimen is cataloged under the number UCJ009177.

2.2 ANIMAL MATERIAL

The animal material consisted of six (6) Hyplus rabbits, aged between 3 and 4 months and weighing between 1.15 and 2.12 kg. They were acclimatised for 2 weeks in the CNF shadehouse in a 6-compartment hutch with a waste evacuation system that allows the discharge of urine and faeces in order to maintain good hygiene, a feed trough and a bowl for water. The rabbits were marked according to the extract used and the concentration of the extracts.

2.3 PREPARATION OF THE HYDROETHANOL EXTRACT OF S. PODOCARPA

The leaves of S. podocarpa were cut into small pieces, then dried in the open air away from the sun. They were then ground to a fine powder using an electric grinder. One hundred grams (100 g) of each fine powder obtained was added to an Erlenmeyer flask containing 1 L of 70% hydroethanol solution. Maceration lasted 30 minutes. The macerate obtained was then ground and filtered once (1) using a white cloth, three (3) times through cotton wool, and finally once (1) using Whatman No. 1 filter paper. The various filtrates obtained were dried in an oven at 45°C for 48 hours.

2.4 METHOD FOR STUDYING THE CUTANEOUS TOXICITY OF THE HYDROETHANOL EXTRACT OF S. PODOCARPA

The study was conducted in accordance with OECD guideline 404 [7].

2.4.1 PRINCIPLE OF THE IN VIVO TEST

The skin of the animals selected for the experiment was treated with a single dose of Senna podocarpa extract, with untreated areas serving as controls. The degree of irritation or corrosion was observed and recorded according to a scale of values at specified intervals, with a detailed description provided by the experimenter for a complete assessment of the effects. The duration of the study was adapted to assess the reversibility of the effects observed. Animals showing persistent signs of distress and/or pain were euthanised and these signs were taken into account in the evaluation of the results.

2.4.2 PREPARATION OF IN VIVO TESTS

2.4.2.1 ANIMAL SELECTION

The study was conducted on six (6) Hyplus rabbits, aged 3 to 4 months, nulliparous and non-pregnant. They were divided into two groups for each dose of *Senna podocarpa* extract. The Hyplus breed was chosen due to the lack of suitable albino rabbits.

2.4.2.2 PREPARATION OF THE ANIMALS

The rabbits were first weighed and then the dorsal region of their trunk was shorn flush 24 hours before each test, taking care not to leave any scratches on their skin. The animals were marked according to the doses administered.

2.4.2.3 DOSE OF EXTRACT

The hydroethanol extract of *Senna podocarpa* was administered at doses of 200 and 500 mg/kg body weight to the skin of rabbits.

2.4.2.4 EVALUATION OF THE IRRITANT AND CORROSIVE EFFECT

The extract was applied to a 6 cm^2 area of the dorsal region of the trunk of the animals, using a vehicle consisting of alcohol diluted to 10%, considered non-aggressive to the skin. A volume of 0.5 mL of the solution was applied to the test areas.

2.4.2.5 INITIAL TEST

This test required one female rabbit for each dose of extract, for a total of two (02) rabbits. Each rabbit received three successive test patches in different shorn areas. One rabbit received 200 mg/kg body weight and the other 500 mg/kg. The extract was first applied evenly to compresses and then placed on the skin of each rabbit. The compresses were held in place with a non-irritating plaster. The first patch was removed after three (3) minutes, the second after one hour (1 h), and the last after four hours (4 h). At each removal, the presence or absence of skin reactions was noted, with the untreated areas serving as controls. The rabbits were then observed for 14 days. Skin reactions were recorded 24 h, 48 h and 72 h after removal of the last patch. At the end of this period, the animals were weighed.

2.4.2.6 CONFIRMATORY TRIAL

For this test, four (04) rabbits were used, i.e. two (02) rabbits for each dose of 200 and 500 mg/kg body weight. A single patch was applied to the skin of the rabbits for 4 hours. Observation and scoring of skin reactions were performed one hour after patch removal, as well as 24 h, 48 h, and 72 h during the observation period. Animal weights were measured at the end of the study.

2.4.2.7 EVALUATION AND CALCULATION OF SKIN REACTIONS

Reactions were assessed using an arbitrary skin reaction rating scale. Erythema and oedema scores were recorded for each rabbit. The irritant power of each extract or average skin irritation index (ASI) was calculated from the two averages of the parameters (erythema and oedema) and the products studied were classified according to the ASI classification (following the modified Draize classification) [8].

$$ME = \frac{Sum\ of\ all\ erythema\ scores}{Total\ number\ of\ erythema\ scores}$$

$$MO = \frac{Sum\ of\ all\ oedema\ scores}{Total\ number\ of\ oedema\ scores}$$

$$IIM = \frac{ME+MO}{2}$$

ME: Mean erythema; MO: Mean oedema; IIM: irritation index Mean.

The scores obtained during the observation period for the initial trials were determined from the mean of the erythema or oedema scores obtained on the three (03) patches received (3 min, 1h and 4h).

2.5 EVALUATION OF THE ANTIFUNGAL ACTIVITY OF S. PODOCARPA

The agar was prepared according to the manufacturer's instructions and distributed in various test tubes (3cm x 12cm).

2.5.1 INCORPORATION OF EXTRACTS INTO AGAR

The tests were carried out separately for each extract and each fungal species in order to determine the values of the antifungal parameters. Comparison of these parameters will enable the most active plant extract to be selected. The double dilution method in inclined tubes was used to incorporate the extracts into the agar. The pre-cooked agar was poured into 10 test tubes numbered 1 to 10, with 20 mL in tube 1 and 10 mL in the other tubes (2 to 10) in each series.

Of these 10 tubes, 8 contained plant extracts and 2 were control tubes without plant extracts: one serving as a control for the growth of germs (GC) and the other without germs serving as a control for the sterility of the culture medium (SC). In general, and depending on the series of tests, concentrations varied from 1000 µg/mL to 0.38 µg/mL. For the 8 tubes in each series, concentrations varied geometrically by a factor of ½, from tube 1 to tube 8. After incorporation of the extract, the 10 tubes from each series were sterilised in an autoclave at 121°C for 15 minutes, then tilted with a small base at room temperature to allow the agar to cool and solidify.

2.5.2 INOCULUM PREPARATION

For the antifungal assays, samples were prepared individually from 48-hour-old cultures of the three types of fungi on slant agar media. At least one or two isolated colonies were picked from each type of fungus using a 2 mm diameter loop, then mixed in 10 mL of sterilised distilled water. This suspension resulted in a parent suspension noted $10^{0,}$ with a concentration of 10^6 cells/mL. Starting from suspension 10°, suspension 10^{-1} was created by diluting 1 mL of suspension 10^0 in 9 mL of sterilised distilled water to obtain a total of 10 mL, with 10^5 cells per mL [9].

2.5.3 INOCULATION OF CULTURE MEDIA

The fungal species *Candida albicans, Aspergillus fumigatus* and *Trichophyton mentagrophytes* were cultured in all tubes in the series, with the exception of sterility control tube 10. Inoculation was carried out in streaks until exhaustion with 10 µL of suspension 10^{-1} (at a concentration of 10^5 cells/mL), equivalent to 1000 cells inoculated. The cultures were incubated at 30°C in a MEMMERT incubator for 2 to 7 days, depending on the variety of pathogenic fungi examined [9], [10].

2.5.4 GERM COUNT

After two days for *Candida albicans* and *Aspergillus fumigatus* and 5 to 7 days for *Trichophyton mentagrophytes,* the different species of fungi were counted by direct colony counting. The growth of the fungi was assessed in the experimental tubes of each series on the basis of the survival rate, which was calculated in comparison with the growth control tube with 100% survival using the formula below:

S= (n/N) ×100; With: S = Germ survival (expressed as a percentage); N = Number of colonies in the control tube; n = Number of colonies in the experimental tube.

Analysis of the experimental data led not only to the plotting of activity curves, but also to the identification of the following antifungal parameters:

The Minimum Fungicidal Concentration (MFC) corresponds to the lowest concentration of extract that eliminates 99.99% of fungal species compared with the growth control, leaving a survival rate of 0.01%;

The MIC is the lowest concentration of extract above which no growth visible to the naked eye is observed.

The dose required to obtain 50% inhibition (IC_{50}). This corresponds to the quantity of extract that caused 50% inhibition of the growth of the fungal species. This value is obtained visually by analysing the sensitivity curve.

3 RESULTS

3.1 SKIN TOXICITY

The irritant and corrosive effects of the crude extract of *S. podocarpa* were determined by calculating erythema and edema scores and observing the rabbits after the tests over 14 days.

The MII (Mean Irritation Index) of the crude extract of *S. podocarpa* at doses of 200 mg/kg BW and 500 mg/kg BW was 0. Therefore, it is considered non-irritant and non-corrosive to the skin based on the modified Draize classification. Similarly, the results of the confirmatory tests of the crude extract of *S. podocarpa* on the rabbits' skin revealed an MII of 0, further confirming the initial test results.

The rabbits showed slight agitation, without further effects, following the application of the adhesive bandage for a few minutes but eventually calmed down after becoming accustomed to the presence of this foreign body. Additionally, no other skin lesions were observed during the testing and observation periods, and the fur began to regrow within 24 hours.

Effect of *Senna podocarpa* Extract on the Weight Gain of Rabbits

The *Senna podocarpa* extract had no adverse effect on the weight of the rabbits, which gained weight during the observation period. Additionally, the rabbits that received the 500 mg/kg BW dose experienced slightly higher weight gain compared to those that received the 200 mg/kg BW dose.

- Average weight gain of rabbits that received the 200 mg/kg BW dose: 0.63 g
- Average weight gain of rabbits that received the 500 mg/kg BW dose: 0.90 g.

3.2 RESULTS OF ANTIFUNGAL ACTIVITY TEST

The analysis of the impact of hydroethanolic extracts of *Senna podocarpa* on the in vitro growth of *Candida albicans, Aspergillus fumigatus,* and *Trichophyton mentagrophytes* showed that after incubation, the number of colonies in the experimental tubes decreased progressively compared to the control as the concentration of the extract increased.

This demonstrated that the various extracts studied inhibited the in vitro growth of the three fungal species in a dose-dependent manner, allowing the determination of the minimum fungicidal concentrations (MFC) and minimum inhibitory concentrations (MIC).

- In the presence of *Senna podocarpa*
  - MIC = 6.25 mg/mL and MFC = 12.5 mg/mL for *Aspergillus fumigatus*
  - MIC = 25 mg/mL and MFC = 100 mg/mL for *Candida albicans*
  - MIC = 100 mg/mL and MFC = 100 mg/mL for *Trichophyton mentagrophytes*

The antifungal tests were based on counting the colonies in 10 experimental tubes where the growth of the microorganisms was evaluated as a percentage of survival compared to the control tube with 100% survival. These antifungal tests allowed for the graphical determination of the inhibitory concentrations necessary to ensure the survival of 50% of the microorganisms (IC50).

- In the presence of *Senna podocarpa*
  - IC50 = 6.36 mg/mL for *Candida albicans*
  - IC50 = 2.7 mg/mL for *Aspergillus fumigatus*
  - IC50 = 26.75 mg/mL for Trichophyton mentagrophytes

4 DISCUSSION

These results indicate that the crude extract of *Senna podocarpa,* tested at doses of 200 mg/kg and 500 mg/kg in rabbits, did not exhibit any significant irritant or corrosive effects based on the criteria for erythema and edema evaluation. This is confirmed by a Mean Irritation Index (MII) of 0, in accordance with the modified Draize classification for skin irritation. Previous research on extracts of *Senna alata,* a plant from the same family as *Senna podocarpa,* also demonstrated a low potential for skin irritation in laboratory animals. In a study conducted by Yaméogo et al. [11], the topical application of an ethanol extract of *Senna alata* did not induce significant skin reactions, corroborating the non-irritation findings observed with *Senna podocarpa* in the present study. Additionally, a study on *Aloe vera* by Saghir et al. [12] demonstrated that plant extracts often possess soothing properties on the skin, which could explain the absence of skin reactions. This type of skin tolerance may be linked to the presence of bioactive compounds common in plant extracts from the Fabaceae family, to which *Senna podocarpa* belongs. Another study by Ali et al. [13] on *Azadirachta indica* (Neem) showed that even at higher doses, certain plant extracts can not only be non-irritating but also have beneficial effects on the skin, such as reducing skin inflammation. The results of this study align with the non-irritation and good tolerance observations made with *Senna podocarpa.*

Furthermore, the extract did not adversely affect the weight gain of the rabbits during the observation period. The rabbits treated with the higher dose (500 mg/kg) even showed slightly more weight gain than those treated with the lower dose (200 mg/kg). These observations suggest a general tolerance of the extract on the overall health and body weight of the test animals. A study by Oliveira et al. [14] on the effects of *Moringa oleifera* extracts in rats showed that even at high doses, these extracts did not have a detrimental effect on the animals' body weight. On the contrary, as observed in our study with *Senna podocarpa,* some groups showed slightly higher weight gain, suggesting good tolerance and the absence of systemic toxicity.

Additionally, a study by Uche et al. [15] on the effects of *Garcinia kola* revealed that administering extracts at moderate doses did not have adverse effects on the weight gain of the tested rodents and was even associated with a slight increase in

body mass. This result is similar to the observations made in our study, where rabbits exposed to the higher dose of *Senna podocarpa* (500 mg/kg) showed greater weight gain. Regarding the slight initial agitation observed in the rabbits after applying the adhesive tape, it is important to note that in a study by Sethi et al. [16] on rabbits, a similar response was reported during the administration of external substances. According to these authors, this transient agitation is generally attributed to temporary discomfort due to the novelty of the situation rather than a specific reaction to the tested extract. The observations of rapid recovery and normal hair growth in the rabbits align with the findings of a study conducted by Akah et al. [17], where the animals also showed normal hair regrowth after stopping the application of topical extracts, confirming the absence of prolonged side effects.

The antifungal activity tests of hydroethanolic extracts of *S. podocarpa* reveal varying levels of effectiveness depending on the fungal species tested. Among them, *Aspergillus fumigatus* showed the greatest sensitivity to the extract, with a Minimum Inhibitory Concentration (MIC) of 6.25 mg/mL and a Minimum Fungicidal Concentration (MFC) of 12.5 mg/mL. This indicates that relatively low concentrations of *Senna podocarpa* are sufficient to inhibit and kill this fungus. In contrast, *Candida albicans* and *Trichophyton mentagrophytes* required much higher concentrations to achieve similar effects, with respective MICs of 25 mg/mL and 100 mg/mL, and MFCs of 100 mg/mL for both species. These results suggest a relative resistance of *Candida albicans* and *Trichophyton mentagrophytes* compared to *Aspergillus fumigatus.*

The relative effectiveness of the *Senna podocarpa* extract is also highlighted by the IC_{50} (50% Inhibitory Concentration) values. *A. fumigatus* displays the lowest IC50 (2.7 mg/mL), confirming its high sensitivity to the extract. Conversely, *C. albicans* and *T. mentagrophytes* exhibit higher IC50 values, 6.36 mg/mL and 26.75 mg/mL respectively, reflecting their greater resistance to fungal growth inhibition.

These results are consistent with observations from other studies on plant extracts, which also show significant but variable antifungal activity depending on the fungal species. Studies on *Azadirachta indica* (Neem) and *Curcuma longa* (Turmeric) have demonstrated that some fungi are more sensitive than others, as reported by Ali et al. [13] and Rathod et al. [18], respectively.

Compared to other works, the *Senna podocarpa* extract shows superior efficacy. In a study conducted by Bagré [19], *Candida albicans* was inhibited with a total aqueous extract of *Morinda morindoides* at a concentration of 300 mg/mL after 48 hours of incubation, a much higher concentration than that required for *Senna podocarpa*. Additionally, extracts of *Mitracarpus villosus* (MV1) and *Spermacoce verticillata* (SV1) evaluated by Zihiri et al. [20] showed less effective antifungal activity against *Aspergillus fumigatus,* with MFC values of 100 mg/mL for MV1 and 50 mg/mL for SV1. By comparison, *Senna podocarpa* presents an MFC of 12.5 mg/mL, making it four and two times more active than *Mitracarpus villosus* and *Spermacoce verticillata,* respectively.

Senna podocarpa appears to be a promising candidate for the development of new natural antifungal agents, particularly for the treatment of infections caused by *Aspergillus fumigatus*. However, further research is needed to optimize its efficacy against other fungal pathogens such as *Candida albicans* and *Trichophyton mentagrophytes.*

5 CONCLUSION

This study shows that the crude extract of Senna podocarpa is non-irritating and non-corrosive to the skin at the tested doses of 200 mg/kg and 500 mg/kg, with excellent tolerance observed in rabbits. The absence of adverse effects on weight gain further supports the overall safety of the extract. Additionally, the antifungal activity of the hydroethanolic extract of Senna podocarpa demonstrates significant efficacy against Aspergillus fumigatus, although the effectiveness is lower against Candida albicans and Trichophyton mentagrophytes. These findings highlight the potential of Senna podocarpa as a natural antifungal agent, particularly for treating infections caused by Aspergillus fumigatus. However, further studies are needed to optimize its effectiveness against other resistant fungal species and to explore its potential for broader therapeutic applications.

ACKNOWLEDGMENTS

We would like to thank:

- To the traditional practitioners who revealed to us the benefits of this plant in traditional environment.
- All the members of the Biology and Health laboratory for their active participation in this work.
- To the national center of floristics of Ivory Coast for the identification of this plant.

REFERENCES

[1] A. Konaté, W. Yavo, K.F. Kassi, V. Djohan, K.E. Angora, H. Bossoa-Vanga, P. Barro-Kiki and E.H.I. Menan, «Profile of Onychomycoses in Abidjan (Côte d'Ivoire),» *Journal of Medical Mycology,* vol. 24, pp. 205-210, 2014.

[2] A.K. Gupta, N. Stec, R.C. Summerbell, N.H. Shear, V. Piguet, A. Tosti, B.M. Piraccini, «Onychomycosis: a review. *Journal of the European Academy of Dermatology and Venereology,* » 34, o. 9, pp. 1972-1990, 2020.

[3] S.R. Lipner, R.K. Scher, «Onychomycosis: Treatment and Prevention Strategies,» *Journal of the American Academy of Dermatology,* vol. 80, no. 4, pp. 853-867, 2019.

[4] L.E. Cowen, D. Sanglard, S.J. Howard, P.D. Rogers, D.S. Perlin, «Mechanisms of Antifungal Drug Resistance,» *Cold Spring Harbor Perspectives in Medicine,* vol. 5, pp.19-27, 2015.

[5] O.A. Adebesin, J. Okpuzor, O.O. Iroanya, S.O. Adenekan, C. Aniekwena, «Antioxidant and Cytotoxic Properties of *Senna alata* and *Senna podocarpa* Leaf Extracts,» *Planta Medica,* vol. 79, p. 27, 2013.

[6] M. Adebayo, O. Lawal, A. Sikiru, I. Ogunwande, O. Avoseh, «Chemical Constituents and Antimicrobial Activity of Essential Oil of *Senna podocarpa* (Guill. et Perr.) Lock,» *American Journal of Plant Sciences,* vol. 5, pp. 2448-2453, 2014.

[7] Organisation for Economic Co-operation and Development (OECD), «Guideline 404 for the Testing of Chemicals: Skin Corrosion/Irritation,» OECD Publishing, Paris, 2015.

[8] M. Farmaca, «Guide d'évaluation de l'irritation cutanée selon la classification de Draize modifiée,» Laboratoire di Analisi e Ricerca, Protocol No. 23004660, Bosco Marengo, 2023.

[9] K.E. Kporou, A.K.M. Kra, S. Ouattara, F. Guede-Guina, A.J. Djaman, «Improvement by Chromatographic Fractionation of the Anticandidal Activity of a Hexane Extract of *Miltracarpus scaber* Zucc. on In Vitro Growth of *Candida albicans* and *Candida tropicalis*,» *Phytotherapy,* vol. 8, no. 5, pp. 290-294, 2010.

[10] F. Guédé-Guina, G. Zihiri, C. Bahi, D. Traoré, «Analysis of the Antifungal Properties of Medicinal Plant Extracts,» *Journal of African Ethnopharmacology,* vol. 5, no. 1, pp. 45-53, 1997.

[11] B.G.J. Yaméogo, S. Ouédraogo, B.C. Sombié, M. Zambelongo, F. Wango, H. Zimé-Diawara, R. Semdé, «Formulation of Dermatological Creams Based on Shea Butter and Hydro-Ethanolic Extracts of *Mitracarpus scaber* Zucc. (Rubiaceae) and *Senna alata* (L.) Roxb. (Fabaceae) for the Treatment of Skin Infections,» *African Journal of Pharmaceutical Technology and Biopharmacy (JATPB),* vol. 2, no. 3, 2023.

[12] S.A. Saghir, K. Saeed, M. Athar, «Skin Soothing Effects of Aloe Vera: A Preliminary Study,» *Journal of Dermatological Treatment,* vol. 12, no. 2, pp. 127-130, 2001.

[13] M.I. Ali, T. Ahmed, S.H. Ansari, «Evaluation of the Topical Anti-Inflammatory Activity of *Azadirachta indica* (Neem) in Animal Models,» *Pharmacognosy Research,* vol. 7, no. 1, pp. 37-42, 2015.

[14] J.T.A. Oliveira, S.B. Silveira, K.M. Vasconcelos, B.S. Cavada, R.A. Moreira, «Assessment of Toxicological Effects of *Moringa oleifera* Lam. Leaves in Mice,» *Journal of Ethnopharmacology,* vol. 125, no. 2, pp. 239-242, 2012.

[15] F.I. Uche, P.N. Okafor, «The Effects of *Garcinia kola* Seed Extract on Liver Enzymes, Serum Total Protein and Uric Acid Levels of Adult Rats,» *Journal of Ethnopharmacology,* vol. 159, pp. 43-49, 2015.

[16] N. Sethi, R.K. Srivastava, R.K. Singh, «Assessment of Irritation Potential of Different Surfactant-Based Creams Using In Vivo Methods,» *Indian Journal of Dermatology,* vol. 56, no. 6, pp. 718-722, 2011.

[17] P.A. Akah, J.A. Alemji, O.A. Salawu, T.C. Okoye, V.N. Offiah, «Effects of Administration of Crude Aqueous and Methanol Extracts of *Alchornea cordifolia* Leaves on the Liver Function of Albino Rats,» *Journal of Medicinal Plants Research,* vol. 1, no. 1, pp. 30-33, 2007.

[18] S. Rathod, M. Patel, «Antifungal Activity of *Curcuma longa* Extracts against *Aspergillus niger*,» *Journal of Medicinal Plants Research,* vol. 5, no. 9, pp. 1512-1515, 2011.

[19] I. Bagré, «Evaluation of the Antifungal Activity of Aqueous Extracts of *Morinda morindoides* against *Candida albicans*,» *Journal of Ethnopharmacology,* vol. 90, no. 1, pp. 81-84, 2004.

[20] G. Zihiri, D. Traore, F. Guédé-Guina, «Antifungal Activity of *Mitracarpus villosus* and *Spermacoce verticillata* on Dermatophytes and *Candida albicans,» Journal of Ethnopharmacology,* vol. 112, no. 2, pp. 346-352, 2007.

International Journal of Innovation and Applied Studies
ISSN 2028-9324 Vol. 43 No. 4 Oct. 2024, pp. 1113-1125
© 2024 Innovative Space of Scientific Research Journals
http://www.ijias.issr-journals.org/

Etude lithologique du réservoir « Mengo » dans l'onshore du bassin sédimentaire côtier congolais en République du Congo

[Lithological study of the « Mengo » reservoir in the onshore congolese sedimentary coastal basin in the Republic of Congo]

Anselme Mavambou Mbadou[1], Gustave Ngalamulume Bantu[1], Erick Mantuila Tadila[1], Aurelie Nkayilu Wa Luvuvamu[1], Blaise Baludikay Kabamba[1], Jean-René Kabamba Bantu[2], Valentin Kanda Nkula[2], and Albert Ongendangenda Tienge[2]

[1]Faculty of Oil, Gas and Renewable Energy, University of Kinshasa, RD Congo

[2]Faculty of science and technology, University of Kinshasa, RD Congo

Copyright © 2024 ISSR Journals. This is an open access article distributed under the ***Creative Commons Attribution License***, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

ABSTRACT: In the onshore Congolese coastal basin, a borehole (kundji-203) encountered a sandstone reservoir from 1480 m MD. Three Runs of 27m each were lowered into the well at the level of the Top-reservoir for the purpose of an in-depth study. The lithological study of this reservoir shows that it is made up of a succession of four compact sandstone levels, interspersed with clayey layers. Its present facies is made up of very fine to medium grains, sometimes coarse or sometimes conglomeratic, brown with clay-carbonate cement. The clayey pastes are gray to greenish, indurated, flaky. The figured elements are made up of rock debris. The mineralogical study of the clay process shows the presence of four types of clay, the most abundant of which is chlorite, followed by illite or smectite and some rare traces of kaolinite.

KEYWORDS: Mengo, Kundji, Bindi, onshore, coastal basin, drilling, sandstone reservoir, lithology.

RESUME: Dans l'onshore du bassin côtier congolais, un forage (kundji-203) a rencontré à partir de 1480 m MD un réservoir gréseux. Trois Runs de 27m chacun ont été descendus dans le puits au niveau du Top-réservoir dans le but d'une étude approfondie. L'étude lithologique de ce réservoir montre qu'il est constitué, d'une succession de quatre niveaux gréseux compacts, intercalés par des passées argileuses. Son faciès présente est constitué de grains très fins à moyens parfois grossiers ou quelques fois conglomératiques, marron à ciment argilo-carbonaté. Les passées argileuses sont grises à verdâtre, indurée, feuilletée. Les éléments figurés sont constitués des débris de roches. L'étude minéralogique du cortège argileux montre la présence des quatre types d'argiles dont la plus abondante est constituée par la chlorite, suivie de l'illite-smectite et quelques rares traces de kaolinite.

MOTS-CLEFS: Mengo, Kundji, Bindi, onshore, bassin côtier, forage, réservoir gréseux, lithologie.

1 INTRODUCTION

La république du Congo regorge dans son sous-sol d'énormes potentialités en ressources naturelles, notamment le pétrole. Celui-ci est extrait dans son bassin côtier congolais et sa contribution dans le PIB national est d'une importance capitale.

Le bassin côtier sédimentaire congolais s'étend le long de la marge atlantique, il est constitué par des formations datant du méso-cénozoïque parmi ces formations, on peut distinguer des roches mères et plusieurs roches réservoirs dont celle constituant le réservoir Mengo qui est exploité dans le gisement Kundji du permis MKB, dans la zone onshore de ce bassin.

Corresponding Author: Anselme Mavambou Mbadou

Dans la plupart des puits traversés, le réservoir Mengo rencontré est structuré en bancs métriques de l'ordre de 20 m en moyenne (Puits Men-102; 105; et puits Kun-1; 4bis; 203...), intercalés avec des couches d'argiles vertes de Pointe-indienne.

Les observations pétrographiques faites à travers à travers les carottes de puits couplées de la diffraction X, ont servi à déterminer le faciès lithologique de ce réservoir.

2 MATÉRIELS ET MÉTHODES

La première méthode a consisté au prélèvement d'au moins 25 échantillons des clabs provenant du puits Kun-203 qui ont fait l'objet d'étude minéralogique par diffraction X afin de déterminer la composition minéralogique du cortège argileux du réservoir Grès de Mengo.

La deuxième méthode a consisté au prélèvement de 3 Runs de carottier conventionnel de 27 m chacun pour la description pétrographique du réservoir Mengo.

Enfin, nous avons procédé à une sélection des 15 échantillons prélevé dans des carottes du puits Kun-203 pour la confection des lames minces pour l'étude microscopique afin de confirmer la nature lithologique du réservoir Mengo.

3 RÉSULTATS

3.1 PRESENTATION DE LA ZONE D'ÉTUDE

Le permis MKB est localisé dans la partie onshore du bassin côtier congolais (fig.1), situé à 50 km à l'est de la ville de Pointe-Noire entre les coordonnées 11°53'42" et 12°9'28" de longitude Est et entre 4°40'30" et 4°49'14" de latitude Sud.

Fig. 1. Localisation du Permis MKB dans l'onshore du bassin côtier congolais

3.2 DESCRIPTION DU LITHOFACIES GRES DE MENGO

On appelle grès de Mengo, la formation de grès argilo-micacés, quelquefois carbonaté très compacte et imprégnée d'hydrocarbures presque dans tous les forages qui la traversent **[1].**

Ses équivalents dans le bassin du sud-Gabon, au Cabinda et en RDC sont constitués respectivement par la Formation Dentale (Grès Dentale), par les Sables de Vovo et par la Bucomazi supérieure **[2].**

Elle est rencontrée vers la base de la formation des Argiles de Pointe Indienne dans la plupart des forages des permis MKB et Cayo Sud.

3.3 ETAT DE CONNAISSANCE SUR LE CRETACE DU BASSIN COTIER SEDIMENTAIRE CONGOLAIS

L'histoire géologique du bassin côtier congolais débute il y'a 145 Ma environ, dans un régime purement continental, au « Néocomien » qui comprend trois étages: le Berriasien, le Valanginien et l'Hauterivien. Elle se termine au Tertiaire dans un contexte marin **[3], [4], [5].**

Ces formations surmontent directement les formations granito-métamorphiques du socle précambrien suite à une inconformité observée entre le socle et les formations datant du Jurassique au Trias ainsi que celles du Paléozoïque qui sont absents. L'évolution géodynamique du bassin côtier congolais peut être décrite en deux périodes: l'Anté-salifère et le Post-salifère:

- Anté-salifère

Cette épisode est marquée par une série de dépôts des six formations d'âge crétacé inferieur, d'origine fluvio-lacustres. Au stade initial du rifting, où on assiste au début de la séparation du supercontinent Gondwana avec l'apparition de failles d'extension et un début de subsidence **[3], [5].**

Ce sont des sédiments matures constitués des grès fluviatiles « Grès de Vandji ». A la suite d'une phase distensive, la plaine alluviale devient marécageuse avec une stagnation des eaux et un transport des sédiments ralenti ou nul. Le milieu devient réducteur **[3], [6]** et confiné occasionnant ainsi un dépôt pélitique à tendance organo-chimique (ce sont des marnes légèrement micacées parfois bitumeuses), à intercalations silteuses et sableuses, qui constituent les « Marnes de Sialivakou ». L'approfondissement se poursuit et subit même une accélération dans les fosses liées aux failles du type « rift valley » (épisode syn-rift 1).

On note des mouvements de basculement de blocs induisant la formation des panneaux synthétiques et antithétiques. Les zones basses deviennent des lacs profonds dans lesquels viennent se jeter des cours d'eau qui y déposent des sédiments constitués d'une alternance de grès « Grès de Djeno » qui reposent en continuité sur les marnes de Sialivakou et d'une sédimentation fine constituée d'argiles silteuses grises carbonatées riches en matière organique de type turbidite lacustre « Marnes noires de Pointe-Noire » **[7], [8].**

A l'épisode syn-rift (2), on assiste à une faible activité tectonique dans les grands panneaux basculés. Il se produit un enfoncement accentué et généralisé de tout le bassin **[3]** suivit d'un comblement de fosses barrémiennes par une série monotone constituée essentiellement d'argiles gris-vert relativement oxygénées et feuilletées « Argiles vertes de Pointe-Indienne ». Cette formation présente des variations de faciès totales ou partielles. En effet, sur les hauts fonds et les zones bordières, se déposent respectivement des sédiments de type plate-forme lacustre **[9], [10], [8]:** les carbonates de la « Toca » et les « Grès de Mengo » qu'on retrouve généralement dans l'onshore congolais, suivi enfin des grès de « Tilapia » vers le sommet. Quant aux sables de Tchibota/Dentale, ils sont situés dans la partie supérieure de la formation des argiles de Pointe Indienne. On les retrouve dans un offshore plus profond **[11].**

A l'Aptien, a lieu une émersion généralisée avec incursion possible des premières eaux marines **[3].** Le sable de Chéla est le premier dépôt d'influence marine de faible épaisseur (15 à 60 m). Il marque la fin du cycle sédimentaire dit « Anté-salifère", en se reposant en discordance et scelle l'épisode Syn-rift II. D'après **[8],** la formation de Chéla fut déposée dans un environnement très variant, allant d'un milieu marin à fluvio-lacustre ou fluvial précédé d'une épisode pénéplanation marquée par une érosion.

Cette période correspond aussi avec une intense activité tectonique aboutissant à la mise en place des failles de direction NO/SE suivi des phases de structuration engendrant le basculement successif des blocs ainsi délimités. Cette structure est induite par le rifting associé à la dérive des continents lors de la séparation de l'Afrique et l'Amérique du sud suite à l'ouverture de l'océan atlantique partant de son segment septentrional.

- salifère

Il est constitué essentiellement par la formation évaporitique de Loémé d'âge Aptien supérieur. Elle surmonte en concordance la formation des Sables de Chéla. En effet, le passage entre les épisodes rift et drift (rupture entre les deux continents) correspond à une phase de transition durant laquelle se dépose le sel à la fin de l'Aptien.

- post-salifère

A l'Albien, après la sédimentation évaporitique, le bassin est le siège d'une transgression marine générale **[3], [4], [5], [12], [13].** On retrouve ainsi dans la formation de « Sendji » (50 à 1700 m), une alternance de dolomies calcaires et de calcaires dolomitiques. Les dépôts qui s'ensuivent sont des sables moins consolidés alternant avec des grès et des intercalations (d'argile, d'anhydrite, d'argiles bariolées et de calcaires argileux) formant ainsi les « Grès de Tchala », qui sont des dépôts de milieu littoro-continental. La formation « Silto-argileuse de Likouala » est l'équivalent latéral des grès de Tchala. Cette formation prend le relais des grès de Tchala et d'une partie des formations de Sendji vers l'ouest du bassin. Elle s'est déposée en milieu littoral à margino-littoral.

Au Turonien-Sénonien, le bassin est de nouveau le siège d'une transgression qui donne lieu à un dépôt de dolomie et de calcaire: les « Dolomies de Loango ». S'ensuit un dépôt de marnes (silteuses ou sableuses) avec des intercalations de calcaires, d'argiles fossilifères qui constituent les « Marnes de Madingo ». On y rencontre de fois un faciès silteux avec intercalations argileuses et dolomitiques: les « Silts d'Emeraude ».

Le milieu de dépôt est marin franc. A l'Oligo-Miocène s'instaure un milieu marin ouvert avec une puissante série argileuse à intercalations sableuses ou calcaires et de silts fossilifères riche en foraminifères formant ainsi les argiles sableuses de Paloukou. Ils marquent la fin du cycle sédimentaire post-salifère **[3].**

Son épaisseur varie de 100 m sur la plate-forme continentale à plus de 1000m dans la zone du talus.

La figure 2 ci-contre montre la succession chronostratigraphique des formations qui se sont déposées dans le bassin côtier congolais depuis le Néocomien (±145 Ma).

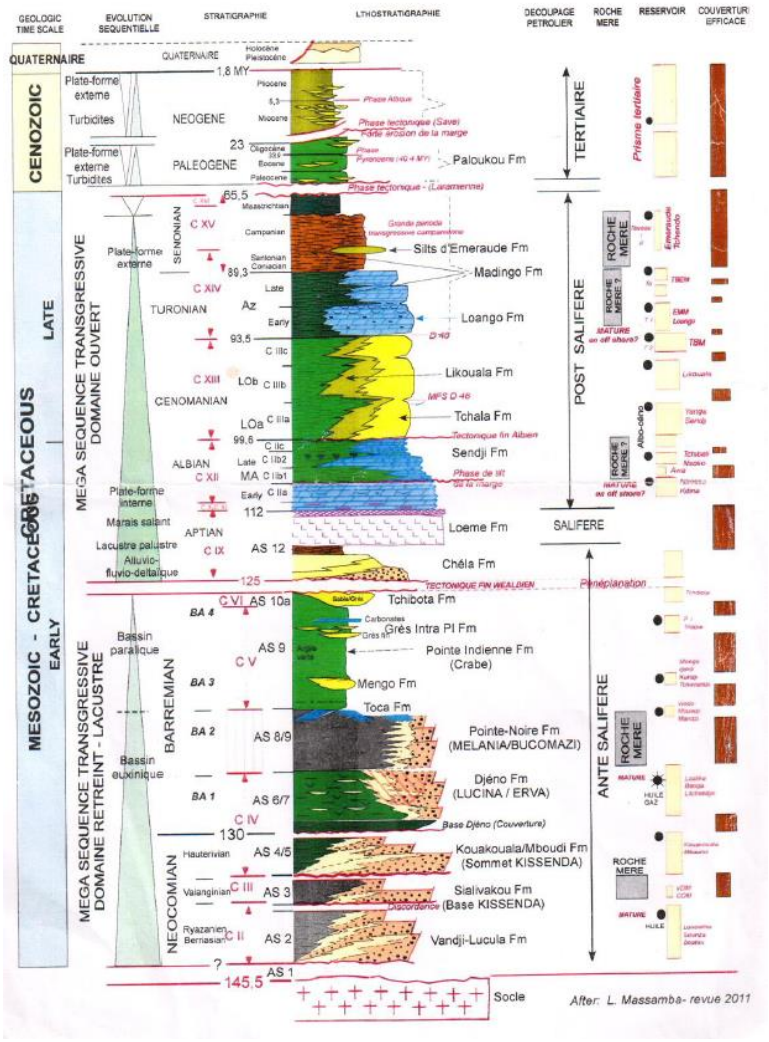


Fig. 2. Colonne chrono-lithostratigraphique du bassin côtier congolais [14]

4 DISCUSSION

4.1 DESCRIPTION DU LITHOFACIES GRES DE MENGO

On appelle grès de Mengo, la formation de grès argilo-micacé, quelquefois carbonaté très compacte et imprégnée d'hydrocarbures dans tous les forages qui la traversent **[1].**

Ses équivalents dans le bassin du sud-Gabon, au Cabinda et en RDC sont constitués respectivement par la Formation Dentale (Grès Dentale), par les Sables de Vovo, ainsi que par la Bucomazi supérieure **[2].**

Elle est rencontrée vers la base de la formation des Argiles de Pointe-Indienne dans la plupart des forages des permis MKB et Cayo Sud.

Fig. 3. Carottes du reservoir Mengo, puits Men-203: à gauche, grès dur compact de granulométrie fine à conglomératique; àdroite, grès tendre, friable de granulométrie fine à moyenne et imprégné d'huiles

- Observation lithologique du puits Kundji-203

Les observations de la lithologie en cours de forage du puits sont résumées dans le tableau 1 ci-dessous, la profondeur étant verticalisée avec l'élévation de la table de rotation au-dessus du niveau de la mer prise comme le niveau de référence.

Tableau 1. Description lithologique du puits Kun-203

Observation lithologique du puits Kun-203			
Formations	**Profondeur (MD)**	**Epaisseur (m)**	**Description**
Diosso	-	-	Sables blancs, grains fins à grossiers, argile rouge ocre
Tchala	210	210	Grès blanc, beige, bleuté à grains fins à grossiers
Sendji	310	72	Dolomie grise, marron, gréseuse, vacuolaire, compact ciment dolomitique
Loémé	382	565	Anhydre blanchâtre, halite translucide, saccharoïde, intercalations de sylvinite
Chéla	947	23	Calcaire beige, brune, tendre, Sable à grains de quartz isolé, sub-arrondis, siltstone gris-clair
Argiles de Pointe-Indienne	970	434,42	Argile grise, verdâtre, tendre, feuilletée, micacée, peu carbonatée
Toit Grès de Mengo	1402	177	Alternance de grès marron très fin à moyen grossier à ciment carbonaté et d'argile grise à verdâtre, indurée, feuilletée
Mur Grés de Mengo	1579		
Argiles de Pointe-Indienne	1620	78	Argile brune, grise, tendre, feuilletée, micacée, légèrement carbonatée
Marnes de Pointe-Noire	1698		Argile grise, noire, indurée à hydrocarbures résiduelles, riche en matière organique

Sur la figure ci-dessous (fig.4), la coupe lithologique reconstituée du puits Kun-203:

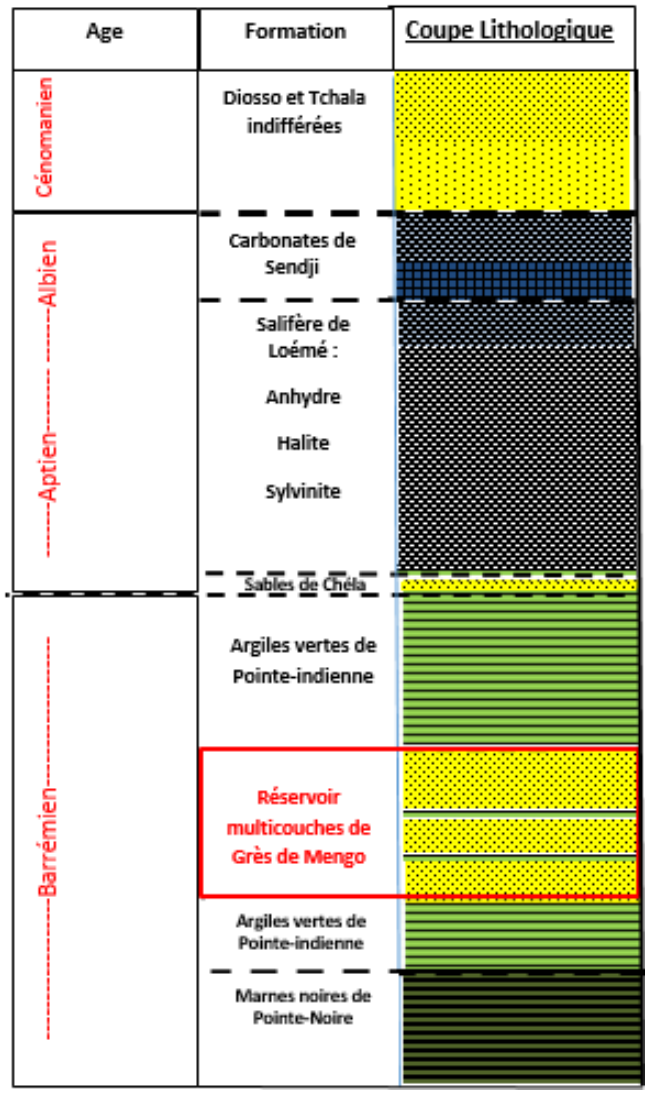


Fig. 4. Coupe lithologique du Puits Kun-203 [15]

- Observation lithologique du réservoir Kundji-203

Pour y parvenir, trois Runs de carottier conventionnel de 27m chacun ont été descendus dans le puits au niveau du Top-réservoir Mengo, de ces trois carottiers, seul le deuxième avait accusé une récupération inférieure à 100%:

RUN 1 (FIG.5)

- Profondeur: de 1480 à 1507m
- Récupération: 100 %
- Description:
  - Faciès gréseux à grains grossiers, mal classés à éléments non jointifs, sub-arrondis à arrondis en alternance avec des passées d'argiles litées
  - Ciment: argileux et siliceux
  - Plage de calcite et de bitume
  - Eléments figurés: micas (biotite verdâtre et muscovite), minéraux lourds.

RUN 2 (FIG.6)

- Profondeur: de 1507,43 à 1534,7 m
- Récupération: 68 %
- Description:
  - Faciès gréseux imprégné d'huiles à éléments grossiers épars, mal classés, quartzeux, microconglomératique, anguleux à arrondis, quelques micas peu orientés.
  - Ciment: argileux et siliceux
  - Eléments figurés: débris de roches, minéraux lourds.

RUN 3 (FIG.7)

- Profondeur: de 1535 à 1562 m
- Récupération: 100 %
- Description:
  - Ici on observe une puissante bande de grès micacé, intercalé au toit par de l'argile indurée et au mur par des passées d'argiles litées.
  - Faciès gréseux à grains moyens, microconglomératiques, mal classé et imprégné d'huiles, quartzeux, les éléments paraissent anguleux à arrondis, avec la présence de micas (marqué par un litage)
  - Ciment: argileux
  - Plage de bitume
  - Eléments figurés: minéraux lourds

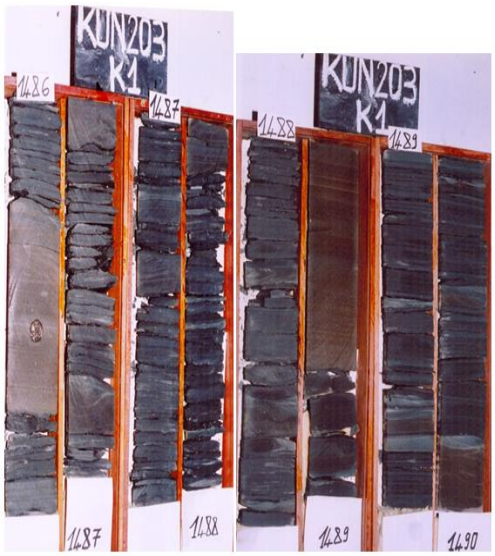


Fig. 5. Alternance de grès avec des passées d'argiles laminées dans des Caisses métriques de stockage des carottes [16]

Fig. 6. Vue d'ensemble des carottes de K3, le faciès est gris à brun-verdâtre, microconglomératique et imprégné d'huiles [16]

Fig. 7. Un aperçu des carottes de K2, on remarque un faciès microconglomératique, avec une légère imprégnation d'huiles, [15]

- Observations pétrographiques des microfaciès

Les observations microscopiques ont été fait dans les carottes prélevées à la profondeur allant de 1480,15 m à 1562,43 m soit 82,28 m de carotte. Ici nous allons présenter les descriptions de lames minces qui ont présenté des caractéristiques particulières.

DESCRIPTION DE LA LAME PRÉLEVÉE À LA COTES N° 33 / 1480,15 M

Grès à grains moyens à grossiers, quartzeux, feldspathique, mal classé, à éléments non jointifs, sub arrondis à arrondis (fig.8). Le ciment est constitué par de plages argileux, de calcite, de bitume, et de plage siliceux, tandis que les éléments figurés sont des micas (biotite, verdâtre, muscovites) avec des minéraux lourds.

DESCRIPTION DE LA LAME PRÉLEVÉE À LA COTES N° 37/ 1480,85M

Grès à grains moyens à grossiers, mal classés, quartzeux, feldspathique, argileux, micacé (biotite verdâtre), débris de roche, plages de carbonate, quelques minéraux lourds, porosité matricielle, intergranulaire (fig.9). Le ciment étant argileux et calcaire alors que les éléments figurés sont constitués des minéraux lourds.

DESCRIPTION DE LA LAME PRÉLEVÉE À LA COTES N° 49/ 1483,46M

Grès à grains très grossiers à microconglomérat, très mal classés, quartzeux, feldspathique, sub-anguleux à arrondis, peu jointifs, matrice argileuse, plages de carbonate, plages de bitume abondantes, quelques minéraux lourds (fig.10). Le ciment est argileux ou carbonaté, et quelques fois bitumeux, les éléments figurés sont constitués par des minéraux lourds ainsi que des débris de roches.

DESCRIPTION DE LA LAME PRÉLEVÉE À LA COTES N° 58/ 1493,05M

Grès à grains fins à grossiers épars, très mal classés, quartzeux, feldspathique, argileux, micacé (fig.11). Le ciment est argileux.

DESCRIPTION DE LA LAME PRÉLEVÉE À LA COTES N° 90 / 1502,27 M

Grès à grains moyens à grossiers, quartzeux, feldspathique, sub-anguleux à sub-arrondis, jointif, bien classé, siliceux, faiblement argileux, plages de bitume, cristaux de calcite épars, rares débris de roches (fig.12). Le ciment étant siliceux, argileux et calcaire, les éléments figurés sont des débris de roches.

DESCRIPTION DE LA LAME PRÉLEVÉE À LA COTES N° 193 / 1549,35M

Argile finement micritique, sableuse, quartzeux et feldspathique, à éléments grossiers épars et débris de roche (quartzite), (fig.13). Le ciment est constitué par la micrite avec la présence des débris de roche.

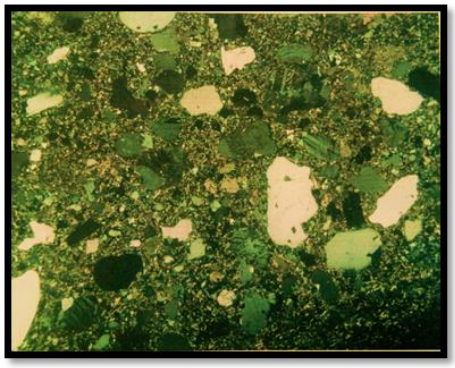


Fig. 8. Observation d'une lame mince de grès grossier à la profondeur de 1480,15 m, [15]

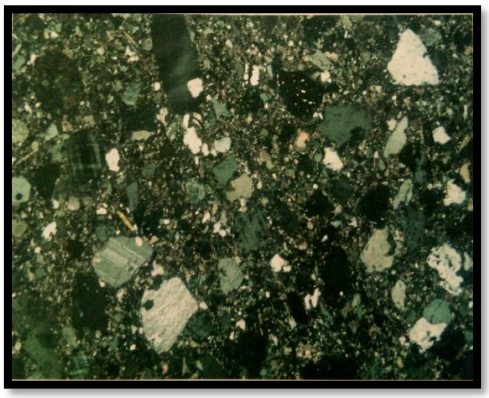


Fig. 9. Observation d'une lame mince de grès grossier à la profondeur de 1480,85 m, [15]

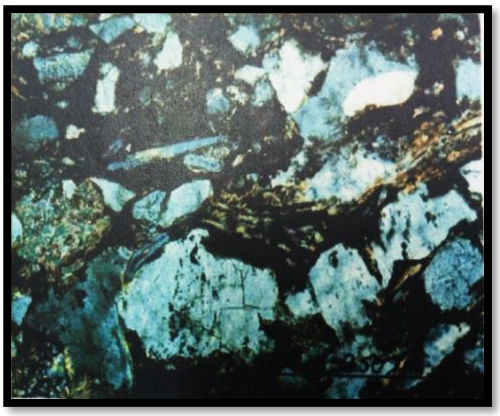


Fig. 10. Observation d'une lame mince de grès très grossier à la profondeur de 1483,46 m, [15]

Fig. 11. Observation d'une lame mince de grès fin argileux à la profondeur de 1493,05 m, [15]

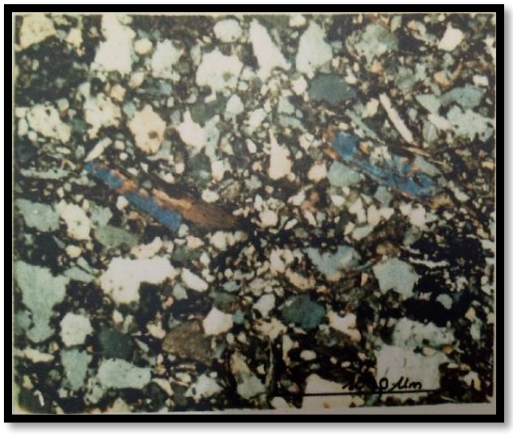


Fig. 12. Observation en LPA d'une lame mince de grès moyen à grossier à la profondeur de 1502,27 m, [15]

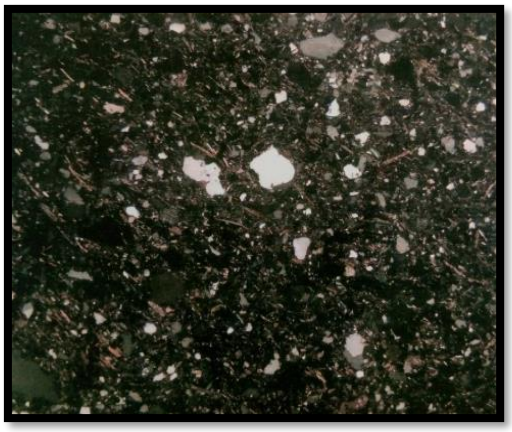


Fig. 13. Observation en LPA de la lame mince d'une argile micritique sableuse à la profondeur de 1549,35 m, [15]

4.2 MINERAUX ARGILEUX DU RESERVOIR GRESEUX DE KUN-203

Le cortège moyen de minéraux argileux déterminé par diffraction X a montré la présence des quatre compositions minéralogiques des argiles comme l'illustre le tableau 2 et la figure 14 comme suit:

Tableau 2. Comptage minéralogique moyen des Bancs 1-2-3-4 du réservoir Kun-203

Cortège minéralogique du réservoir Kun-203						
Bancs	**Cotes (m/TR)**	**Chlorite**	**Kaolinite**	**Illite**	**Illite /Smectite**	**Total**
A	1414-1422	81	0	8	9	100,0
B	1471-1484	66	6	11	17	100,0
C	1494-1539	72	4	9	15	100,0
D	1553-1580	78	2	9	11	100,0

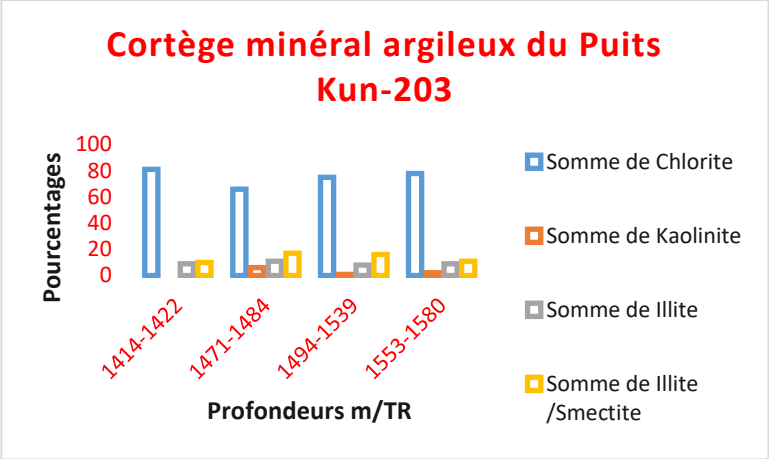


Fig. 14. Coupe lithologique du Puits Kun-203 [15]

4.3 Analyses Des Résultats

L'étude lithologique du réservoir Mengo réalisée dans le Puits Kundji-203 montre qu'il est constitué d'une succession des couches-réservoirs qui sont intercalées par des passées argileuses dont le cortège minéralogique est dominé par la chlorite.

Du point de vue macrofaciès, le réservoir Mengo présente un faciès gréseux compact et induré intercalé par des passées argileuses délimitant ainsi le réservoir en bancs imprégnés d'huiles. Les carottes prélevées montrent dans l'ensemble que ce réservoir est constitué de grains moyens, microconglomératiques, quartzeux, mal classés, anguleux à arrondis, argileux à carbonaté, micacés (marqué par un litage) à ciment argileux parfois siliceux avec des plages de bitume. Les éléments figurés sont constitués des minéraux lourds.

Du point de vue microfaciès, les lames minces montrent tous que ce réservoir gréseux est constitué de quartz et de feldspath, sub-anguleux à arrondis, peu jointifs, dont la matrice principalement étant argileuse ou siliceuse de fois carbonatée. Un taux élevé d'argile est constaté dans ce réservoir.

Le cortège argileux montre un fort pourcentage de la Chlorite presque dans tous les réservoirs Mengo où l'argile est rencontrée. Cette tendance demeure presque uniforme tant bien à Kundji, Mengo, Bindi qu'à Cayo. Par contre, la kaolinite reste très marginale derrière l'illite.

Quant à la smectite très instable en phase d'altération, elle a subi tour à tour une illitisation et la chloritisation, ce qui prouve leurs abondances dans ce cortège à minéraux argileux. Le même constat est fait sur la kaolinite, qui suite à des interactions chimiques en face de ces minéraux dominants (chlorite et illite) a conduit à sa dissolution presque totale.

5 Conclusions

Le réservoir « Mengo » retrouvé dans le puits Kun-203, a fait l'objet d'études lithologique et minéralogique dans cette partie de l'onshore.

Du point de vue lithologique, elle est rencontrée vers la base des argiles vertes de pinte-indienne, à partir de 1402 m MD. Les carottes ont démontré que c'est un réservoir qui se présente sous forme de bancs sur une hauteur équivalente de 93 m dont la hauteur utile est estimée à 56 m et imprégnés d'huiles.

Son faciès montre une lithologie plus ou moins constante, compacts indurés, grisâtre, argilo-micacé, à grains mal classés allant de fins à moyen-grossiers, parfois microconglomératiques avec un ciment qui varie de plage argileux à siliceux ou même carbonaté. On observe aussi des éléments figurés comme des traces de bitumes ou des minéraux opaques aussi quelques fossiles y sont présents.

En moyenne la composition minéralogique montre que ce réservoir est constitué principalement de quartz (moins de 40%), suivi d'argile avec plus de 25% de feldspaths dont la teneur ne dépassant pas les 20%, les éléments mineurs sont constitués de moins de 5 % de calcite et 10 % de micas.

Le cortège argileux est composé de 75 % de Chlorite; 9 % d'illite, de 2% de Kaolinite et de 13% d'association Illite/Smectite. Ce qui montre qu'il y' a eu chloritisation et illitisation de la quasi-totalité de la kaolinite, et ce phénomène serait dû à une intensité croissance d'altération suite à des températures et précipitations élevées qui ont affecté la roche mère qui a subi le phénomène d'altération.

REFERENCES

[1] Workshop sur le grès de Mengo, SNPC-RC, 76p, 2012.
[2] Kebi-Tsoumou Sage Paterne Chandrich: La phase d'hyperextension (sag) du rift de l'océan atlantique Sud au Congo: milieux de dépôt, provenance des sédiments et paléoreliefs, UMR6118UR1 CNRS, Thèse de doctorat, Université de Rennes, 399p, décembre 2018.
[3] Reyre, D. 1984 Caractères pétroliers et évolution géologique d'une marge passive. Le case du bassin Bas Congo-Gabon. Bulletin - Centres de Recherches Exploration-Production Elf- Aquitaine 8 (2), pp. 303-332.
[4] Moulin, M., 2003 Étude géologique et géophysique des marges continentales passives: exemple du Zaïre et de l'Angola, Thèse de doctorat de l'université de Bretagne occidentale spécialité: géosciences marines Soutenue le 28 novembre 2003.360p.
[5] Macdonald, D., Gomez-Perez, I., Franzese, J., Spalletti, L., Lawver, L., Gahaganc, L., Dalziel, I., Thomas, C., Trewin, N., Holed, M., Patona, D., 2002 Mesozoic break-up of SW Gondwana: implications for regional hydrocarbon potential of the southern South Atlantic.
[6] Brownfield, M.E., and Charpentier, R.R., 2006, Geology and total petroleum systems of the West-Central Coastal Province (7203), West Africa: U.S. Geological Survey Bulletin 2207-B, 52 p.
[7] Baudouy, S., and Legorjus, C., 1991. Sendji field—People's Republic of Congo, Congo Basin, in Foster, N.H., and Beaumont, E.A., eds., Treatise of petroleum geology, Atlas of oil and gas fields— Structural traps V: Tulsa, Okla., American Association of Petroleum Geologists, p. 121–149.
[8] Harris, N.B., 2000, Toca carbonate, Congo Basin—Response to an evolving rift lake, in Mello, M.R., and Katz, B.J., Petroleum systems of South Atlantic margin: American Association of PetroleumGeologists Memoir 73, p. 341–360.
[9] Brice, S.E., Cochran, M.D., Pardo, Georges, and Edwards, A.D., 1982, Tectonics and sedimentation of the South Atlantic rift sequence, Cabinda, Angola, in Watkins, J.S., and Drake, C.L., eds., Studies in continental margin geology: American Association of Petroleum Geologists Memoir 34, p. 5–18.
[10] McHargue, T.R., 1990, Stratigraphic development of proto-South Atlantic rifting in Cabinda, Angola—A petroliferous lake basin, in Katz, B.J., ed., Lacustrine basin exploration case studies and modern analogs: American Association of Petroleum Geologists Memoir 50, p. 307–326.
[11] Vernet, R., Assoua-Wande, C., Massamba, L. & Sorriaux, P., 1996. Paléogéographie du Crétacé (Albien-Maastrichtien) du bassin côtier congolais. In: S. Jardiné, I. de Klasz & J.-P. Debenay (Editors), Géologie de l'Afrique et de l'Atlantique Sud, Compte Rendus des Colloques de géologie d'Angers, 16-24 juillet 1994, Mémoires du Bulletin des Centres de Recherche et d'Exploration-Production de Elf, 16: 39-55.
[12] Cameron, N.R., Bate, R.H., and Clure, V.S., 1999, The oil and gas habitats of the South Atlantic: Geological Society [London] Special Publication 153, 474 p.
[13] Mello, M.R., and Katz, B.J., 2000, Petroleum systems of South Atlantic margins, American Association of Petroleum Geologists Memoir 73, 451p.
[14] Massamba L., Révision de la colonne lithostratigraphique du bassin côtier congolais, 2011 (inédit).
[15] Mavambou M. Anselme, Rapport de stage, Département de géologie/DGE-SNPC, 25p, 2020 (inédit).
[16] SNPC: Carothèque, Pointe-Noire, RC, 2020.

International Journal of Innovation and Applied Studies
ISSN 2028-9324 Vol. 43 No. 4 Oct. 2024, pp. 1126-1133
© 2024 Innovative Space of Scientific Research Journals
http://www.ijias.issr-journals.org/

SCAPS-based numerical simulation of an organic heterojunction OTC/ED/EA solar cell

S. Tuo[1], K. J. Datte[2], S. A. Yapi[3], and D. Kone[3]

[1]Faculty of Sciences and Technologies, Université de Man, Man, Côte d'Ivoire

[2]Department of sciences and Technologies, Ecole Normale Supérieure, Abidjan, Côte d'Ivoire

[3]UFR SSMT, Université Felix Houphouët Boigny, Abidjan, Côte d'Ivoire

Copyright © 2024 ISSR Journals. This is an open access article distributed under the ***Creative Commons Attribution License***, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

ABSTRACT: In this study, we propose a simple structure of an organic heterojunction solar cell of OTC/ED/EA type. Material energy values are used for the first time. The study concerns a numerical simulation using SCAPS. Under standard conditions: AM1.5 and T = 300K, the cell parameters are: V_{oc} = 1.186V, J_{sc} = 14.314mA/cm^2, FF = 88.57% and Eff = 15.04%. The effects of parameters such as thickness, energy band gap, ND and NA charge carrier density of state, of the active layers were observed. It appears that, apart from the ND density of state, all the other material parameters influence the values of the cell parameters. It is still necessary to limit the value of NA to avoid degenerated cells. The influence of temperature has also been studied. It was found that when the temperature increases, the performance of the cell decreases. This work is essential because it provides the scientific community with data to make organic solar cells more efficient.

KEYWORDS: solar cell, ED, EA, charge carrier, thickness, temperature.

1 INTRODUCTION

The need for energy is increasingly crucial. Energy is at the heart of the development of nations. African countries, faced with their galloping demography and their need for industrialization, need to have abundant energy. As for developed countries, they need to consolidate their energy needs. Thus, a lot of efforts are made in research as well as in policies to diversify energy sources, but particularly renewable sources that are environmentally friendly. In this context, solar photovoltaic is an interesting solution if we manage to diversify active materials and deposition techniques at lower cost. Indeed, most of the solar panels marketed so far are made from silicon ([1], [2]). However, silicon is widely used in electronic devices. This leads to its scarcity and consequently its cost [2]. Faced with this situation it is necessary to develop other materials, especially organic ones, to address the problem of silicon abusive. Organic materials are particularly interesting because they are abundant, diversified, flexible and easy to obtain ([3], [4], [5]).

Simulation is an interesting technique that allows apprehending the behavior and performance of a physical system. A photovoltaic cell is a physical system that by receiving light wave produces electricity. All the physical mechanisms taking place in the cell are governed by equations. These include the phenomena of charge generation, recombination and diffusion. Numerical programs can be designed to solve these equations. The photovoltaic cell is a stack or blend of active materials. The most efficient solar cells in terms of efficiency are made of inorganic materials. The efficiency can exceed 26% [6]. However, organic solar cells would be interesting if they could compete with inorganic solar cells in terms of conversion rates. Indeed, organic materials are light, easy to obtain and less expensive ([7], [5]) reported yields of 16% with organic solar cells. Many works are published to improve the conversion efficiency ([4], [8], [9], [10], [11]). It all depends on the choice of materials and their properties. Our work aims at studying the influence of the properties of the active layers of the solar cell by simulation. SCAPS is a powerful tool to simulate the influences of the parameters of the photovoltaic cell ([12, [13]). However, it is true that the experimental results do not necessarily reproduce the results of the simulation. This is due to the complex manufacturing processes that introduce defects and impurities. However, this does not detract from the effectiveness of the

simulation in providing the scientific community with manufacturing possibilities. In this work the simulation concerns a solar cell with stacked layers of organic materials of the OTC/ED/EA type. More precisely in this study, we want to simulate the influence of the donor and acceptor materials respectively. ED and EA constitute the active layers. The OTC material constitutes the optical window. These materials have adjustable properties. This means that we can vary for example the energy gap, the LUMO, HOMO values, the carrier densities of states.

2 METHODOLOGY

The physics of semiconductors is quite classical. The phenomena of generation, recombination of charge carriers are governed by equations. The Poisson and continuity equations are fundamental equations in semiconductors. Based on these equations (Eqn 1- Eqn 5), it is possible to develop algorithms to describe and simulate the physical phenomena at the interface and in materials. This is what SCAPS does [14]. Indeed, SCAPS is a powerful program for the simulation of solar cells. It is understood that the solar cell is a superposition of layers of active materials and charge collection electrodes. Figure 1 shows the structure of the solar cell to be simulated.

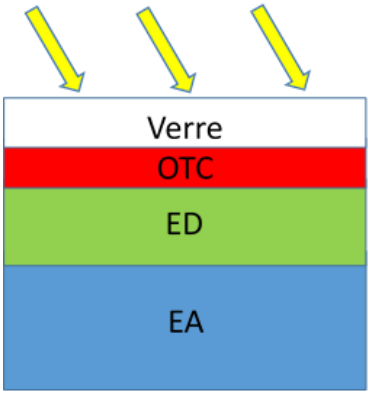


Fig. 1. Structure of the OTC/ED/EA solar cell

$$\frac{\partial^2\psi}{\partial^2 x} = -\frac{q}{\varepsilon}(p - n + N_D^+ - N_A^-)$$ Eqn 1: Poisson Equation

$$\frac{\partial n}{\partial t} = \frac{1}{q}\cdot\frac{\partial J_n}{\partial x} + G - U$$ Eqn 2: Continuity equation for electrons

$$\frac{\partial p}{\partial t} = -\frac{1}{q}\cdot\frac{\partial J_p}{\partial x} + G - U = 0$$ Eqn 3: Continuity equation for holes

$$J_n = qD_n\cdot\frac{\partial n}{\partial x} - q\mu_n\cdot n\cdot\frac{\partial \psi}{\partial x}$$ Eqn 4 : Electron diffusion current

$$J_p = -qD_p\cdot\frac{\partial p}{\partial x} - q\mu_p\cdot p\cdot\frac{\partial \psi}{\partial x}$$ Eqn 5 : Hole diffusion current

With ψ: Electric potential, ρ: Charge density, N+D: Trap density of ionized donors, N-A: Trap density of ionized acceptors, n electron density, p: hole density, q: electric charge, ε: permittivity. Jn (p): electron (holes) current, G: Generation rate, U: Recombination rate. Dn (p): electron (hole) diffusion constant, µn (p): electron (hole) mobility

SCAPS was developed at the Department of Electronics and Information Systems (ELIS) of the University of Ghent in Belgium supervised by Dr. Marc Burgelman [15]. This program is free to download and is compatible with almost all Windows versions. It was originally developed to simulate CdTe or $CuInSe_2$ solar cells. However, it has been improved to take into account heterojunction thin film solar cells, even organic ones. 3310 version was used to integrate the Gaussian type defect levels. This

version allows to have the J(V) curves under darkness and under illumination, the energy band diagrams, the charge carrier densities, the generation and recombination profiles. It is possible to determine the energetic values of materials by electrochemistry [16]. By integrating these values into the SCAPS program, one can see the influence of the ED donor material layer or EA acceptor material layer on the cell parameters. Table 1 gives the standard values of the parameters of the material layers of the cell.

Influence parameters of interest are the thickness Ep, the gap energy Eg, the charge carrier density. We can also see the influence of temperature. Only one parameter varied at a time, the other parameters are kept constant. A similar study was done by [7]. The radiation spectrum chosen is the AM1.5 standard and the default operating temperature is 300K.

Table 1. Standard parameters of the cell in the simulation

Parameters	Materials		
	OTC	**ED**	**EA**
Thickness (nm)	5,000	200	1000
Gap energy (eV)	3,8	1,7	1,5
Electronic Affinity (eV)	4.6	4.8	5,2
Dielectric Permittivity	10,000	10,000	10,000
Effective density of states in BC (cm-3)	4.10^{+18}	2.10^{+18}	2.10^{+18}
Effective density of states in BV (cm-3)	9.10^{+18}	9.10^{+19}	2.10^{+18}
Thermal velocity of the electrons (cm/s)	1.10^{+7}	1.10^{+7}	1.10^{+7}
Hole thermal velocity (cm/s)	1.10^{+7}	1.10^{+7}	1.10^{+7}
Electron Mobility (cm^2/V.s)	2.10^{*2}	2.10^{+2}	2.10^{+2}
Hole mobility (cm2/V.s)	1.10^{+2}	1.10^{+2}	1.10^{+1}
Donor density ND (cm-3)	5.10^{+17}	1.10^{+15}	0
Donor density ND (cm-3)	0	0	5.10^{+17}

3 RESULTS AND DISCUSSION

J(V) curve in Fig. 2 is the curve simulated with the standard values from Table 1 above, and at temperature T = 300K. Under these conditions, the cell parameters are such that V_{oc} = 1.186V, J_{sc} = 14.314mA/cm^2 FF = 88.57% and Eff= 15.04%. The voltage has been varied between 0 V and 1.200 V and it can be seen that the current increases with the voltage. This means that the current depends on the voltage and the load carrying mechanisms. Thus, at high voltages, there is an increase in the number of photo-generated charge carriers, which leads to an increase in current. These good results are certainly also due to the good agreement between the energy levels between the donor and acceptor materials. Indeed, the electronic affinities of ED and EA are respectively 4.8 eV and 5.2 eV.

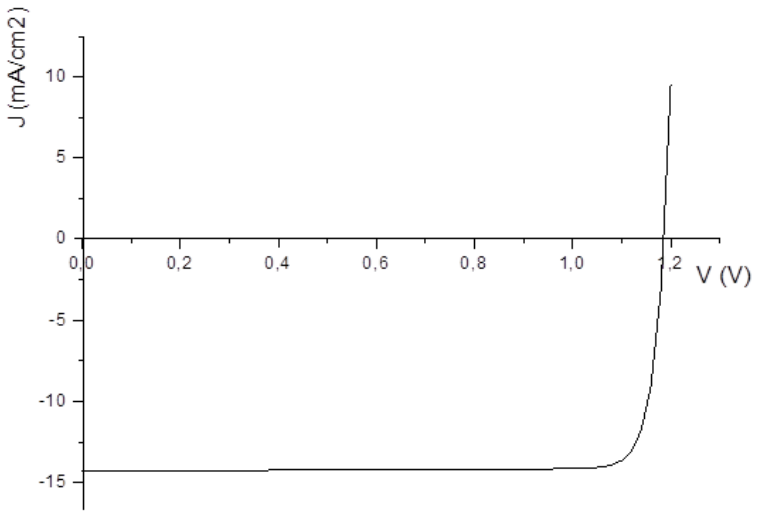


Fig. 2. J(V) curve of the simulated solar cell under standard conditions

These interesting results led us to investigate the influence of the variation of the properties of both active materials on the one hand and the influence of temperature on the other hand.

3.1 VARIATION OF THE THICKNESS OF THE ACTIVE LAYERS

It is known that the mobility of electrons is greater than holes ones [19]. So, it is logical to make the electron-accepting layer (layer whose fermi level is close to the valence band) thicker than the donor layer (layer whose fermi energy is close to the conduction band). So that there is a large number of charge carriers reaching the opposite electrode without recombination. In this view, the thickness of EA is 1000 nm and that of ED is 200 nm (Table 1). Thus, by maintaining the thickness of EA at 1000 nm, the thickness of the ED layer was first varied from 100 nm to 1000 nm (Figure 3a) in steps of 100 nm. There is an increase in Voc from 1.173 V to 1.198 V. The short circuit current increases from 10.987 mA/cm^2 to 21.732 mA/cm^2. Form factor FF increases from 77.11% to 89.69. Regarding the efficiency, it increases with the increase of ED thickness from 9.94 % to 23.36 %. The increase in thickness increases the number of absorbed photons. It is then logical to observe the increase of the current J_{sc} and the open circuit voltage V_{oc} by increasing the thickness of ED. This also increases efficiency as all parameters increase.

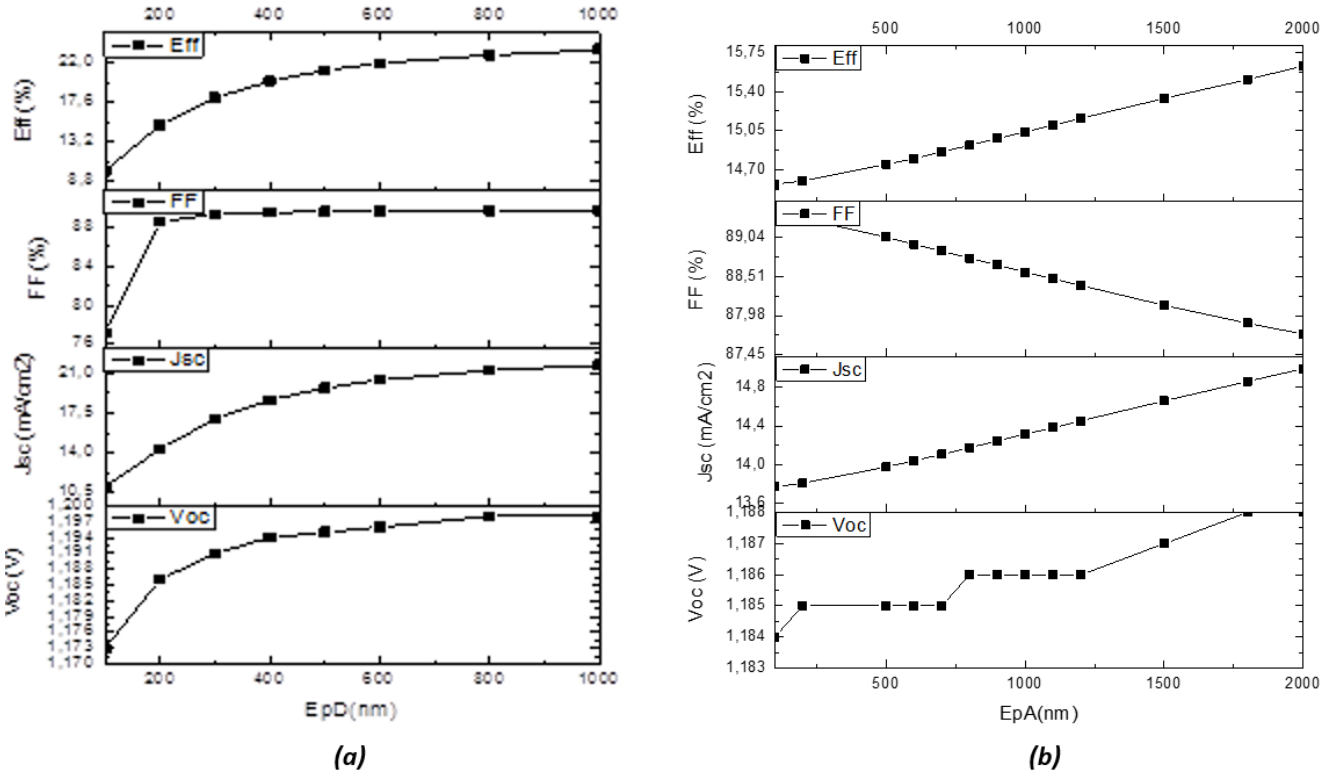


Fig. 3. Variation of the parameters Voc, Jsc, FF and Eff as a function of thickness: (a). ED, (b). EA

In the same way the thickness of EA varied from 100 nm to 2000 nm in steps of 100 nm, maintaining the thickness of ED at 200 nm (Fig. 3b). It can be seen that Voc increases slightly from 1.184 V to 1.188. Jsc also increases slightly from 13.766 mA/cm^2 to 14.998 mA/cm^2. Form factor FF decreases from 89.36 % to 87.73 %. However, the efficiency increases from 14.57 % to 15.63 %. The decrease in FF form factor could be explained by the fact large thicknesses induce resistive components that affect the form factor. Thus, it appears large thicknesses of EA do not affect the Voc whereas this is not the case for an increase in the thickness of ED. But the efficiency of the solar cell is related to the thickness of EA and ED. Therefore, for a better compromise of efficiency the ED layer should not be too thin and also the EA layer should not be too thick. This study proves that better efficiencies would be obtained from thicknesses of ED = 1000 nm and EA = 2000 nm.

3.2 ENERGY BAND GAP VARIATION

In another time the energy band gap Eg of ED varied from 1.2 eV to 2.0 eV. Fig. 4 shows the variation of solar cell parameters as a function of energy band gap. It can be seen short-circuit current Jsc, form factor FF and efficiency Eff decrease, while the

open circuit voltage Voc varied little from 1.11 V to 1.12 V when Eg varied between 1.2 eV and 1.5 eV. Then from Eg = 1.5 eV to 2 eV, Voc increased up to 1.60 V. Current decrease can be explained by the fact long wavelength photons are not absorbed by wide band gap materials. Thus, a small amount of electron-hole pairs is observed. This affects the efficiency of the cell since all parameters decrease.

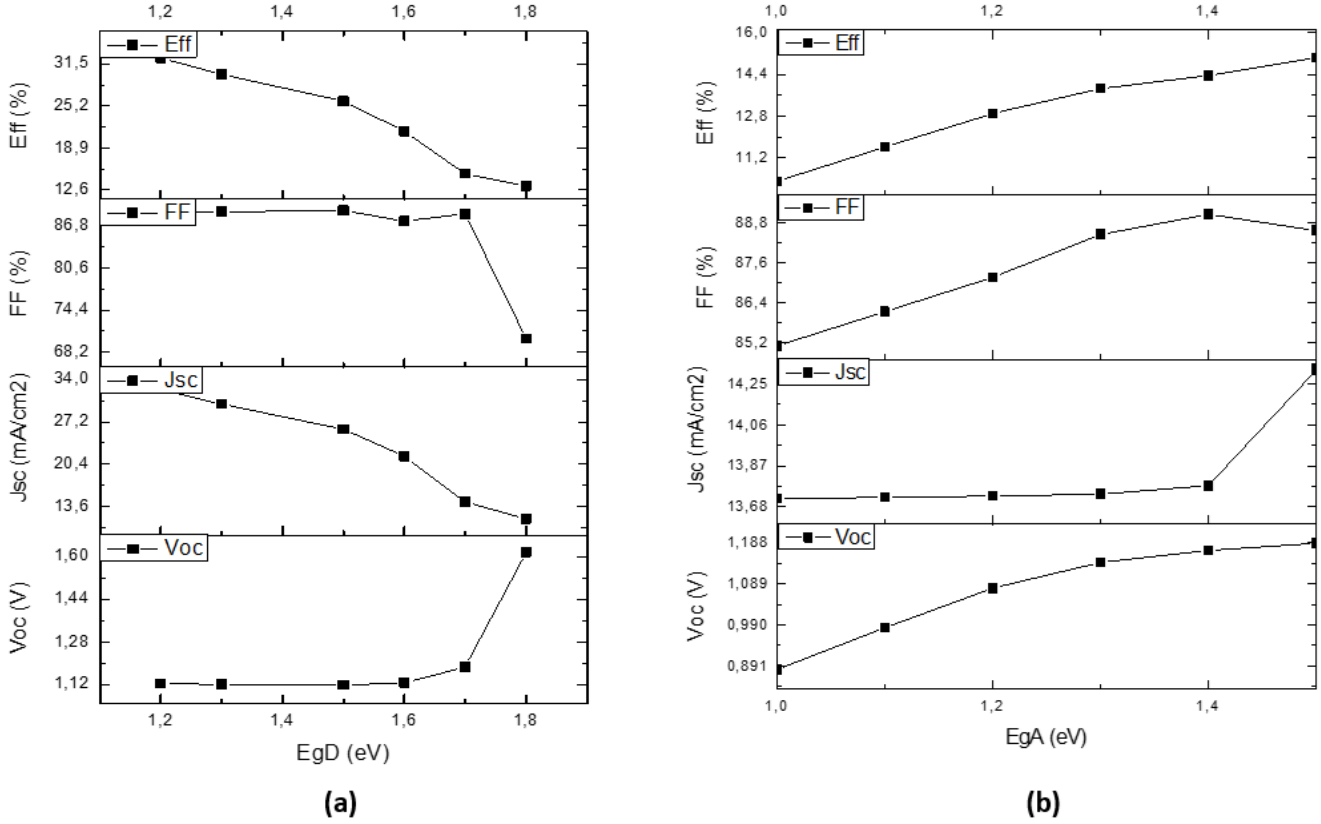


Fig. 4. Variation of the parameters Voc, Jsc, FF and Eff as a function of Eg: (a). ED and (b). EA

3.3 DOPING OF DONOR AND ACCEPTOR MATERIALS

In addition, we were interested in the doping of the active layers. Fig. 5 shows the influence of active layer doping on solar cell parameters. The doping of organic materials is different from inorganic materials ones. Here, it is a question of doping active layers of organic materials by raising HOMO level for the donor and lowering LUMO level for the acceptor. This is done by increasing the concentration of donor atoms ND for the donor and NA for the acceptor by adding specifics molecules. It can be seen the variation in ND does not affect the cell parameters since they all remain practically constant. Only the NA variation affects the parameters of the cell as confirmed by Joel et *al* [14]. Indeed, for a donor HOMO value, the process of generating free charges is governed by LUMO level value of the acceptor. We can see that Voc increases with NA up to 1.1017 cm^{-3}. Above this value of NA, problems of convergence arise. This supposes that doping must not exceed a certain value in order not to obtain degenerated semiconductors. Short-circuit current J_{sc} decreases as the charge carrier density increases. This can be explained by recombination phenomena that take place at high charge carrier densities. Thus, the collection of charge carriers by the electrodes decreases, which causes the Jsc to decrease.

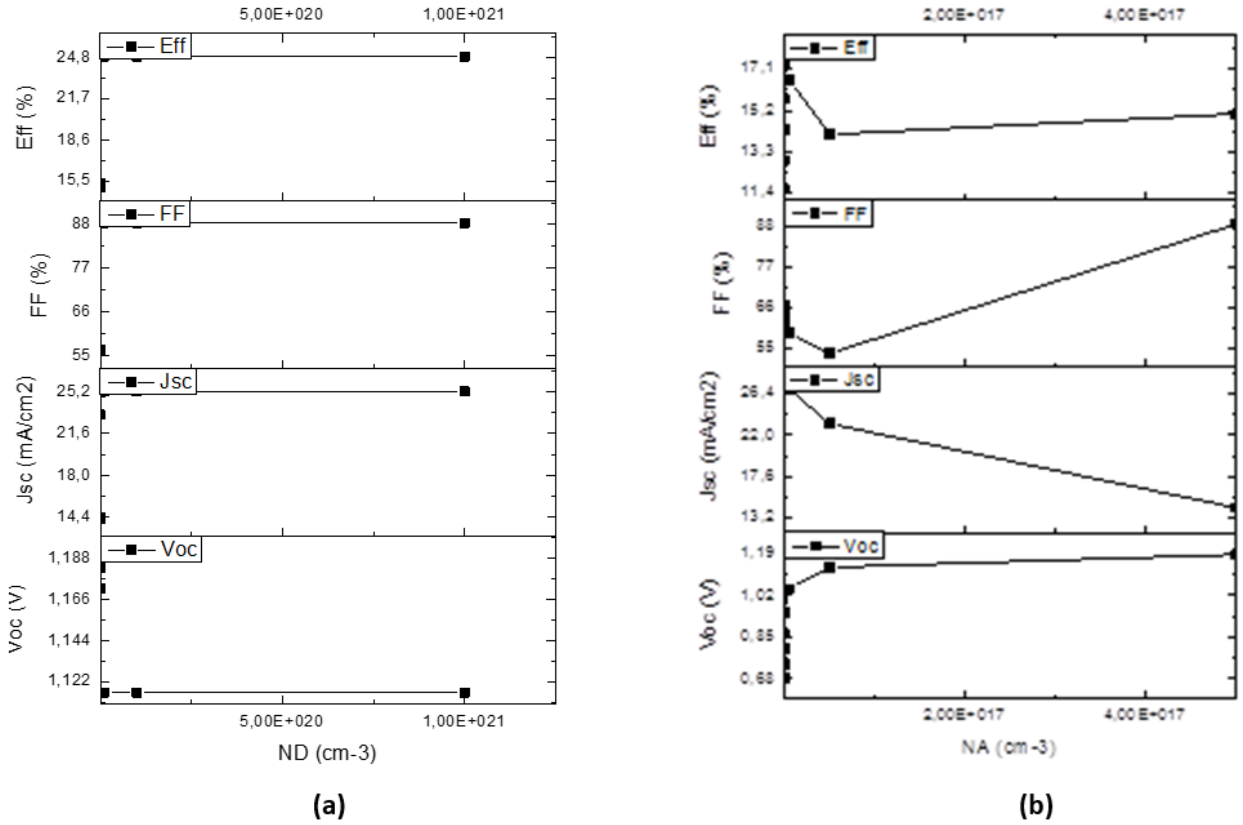


Fig. 5. Variation of the parameters Voc, Jsc, FF and Eff as a function of the state density of the charge carriers: (a). ND and (b). NA

3.4 TEMPERATURE VARIATION

The cell has to operate under various climatic conditions. It is therefore essential to study the influence of temperature on the stability of the cell. Thus, we have varied temperature from room temperature, 300 K to 400 K and even below 300 K, in steps of 10 K. Fig. 6 shows the influences on temperature on the parameters of the solar cell. A decrease in Voc, FF and Eff is observed as the temperature increase. Only short-circuit current increases with temperature. Indeed, when the temperature increases, the energy band gap of the semiconductor decreases and thus more photons have enough energy to generate electron-hole pairs, which justifies the increase of Jsc. On the other hand, the increase in temperature causes the electrons to gain more energy and become unstable. Then they are more likely to recombine with the holes before reaching the area of charge space. This contributes to decrease the values of Voc, FF and Eff.

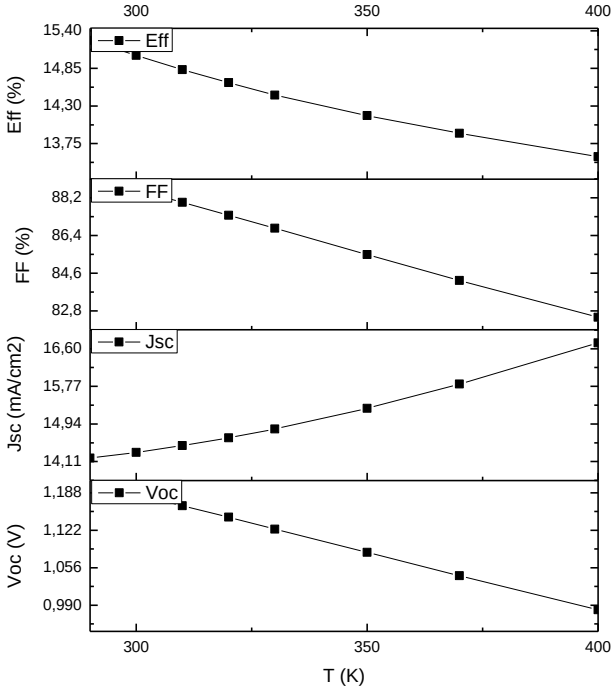


Fig. 6. Variation of the parameters Voc, Jsc, FF and Eff as a function of temperature T

4 CONCLUSION

In this study the influence of properties such as thickness, energy band gap, carrier concentration of the active layers of the organic solar cell was investigated. The simulation results showed that the cell parameters depend on the thickness, energy band gap and carrier density of the active layers. However, the study showed that the carrier density of the donor material does not have a significant effect on the cell parameters. For a good compromise it is preferable not to slice the electron donor layer too thinly and not to widen the acceptor layer too much. In addition, the performance of the cell degrades with increasing temperature.

ACKNOWLEDGMENT

The authors sincerely thank Dr. Marc Burgelmann and his team at the University of Gent, Belgium, for providing the scientific community with this simulation program.

DISCLOSURE STATEMENT

The authors declare that there are no conflicts of interest.

REFERENCES

[1] Maulid Kivambe, Brahim Aissa and Nouar Tabet, Emerging Technologies in Crystal Growth of Photovoltaic Silicon: Progress and Challenges, Energy Procedia 130 (2017) 7–13.

[2] V.V. Tyagi, Nurul A.A. Rahim, N.A. Rahim, Jeyraj A./L. Selvaraj, Progress In solar PV technology: Research and achievement, Renewable and Sustainable Energy Review 20 (2013) 443–461.

[3] Brishty Deb Choudhury, Bernabe Ibarra, Federico Cesano, Yuanbing Mao, Muhammad N. Huda, Aminur Rashid Chowdhury, Carolina Olivares, M.Jasim Uddin, The photon absorber and interconnecting layers in multijunction organic solar cell, Solar Energy, Volume 201, 1May 2020, pages 28-44.

[4] Jianqiang Qin, Lixiu Zhang, Zuo Xiao, Shanshan Chen, Kuan Sun, Zhigang Zang, Chenyi Yi, Yongbo Yuan, Zhiwen Jin, Feng Hao Yuanhang Cheng, Qinye Bao, Liming Ding, Over 16% efficiency from thick-film organic solar cells, Science Bulletin 65 (2020) 1979–1982.
[5] Jean-Pierre M. et Thierry T., Vers l'optoélectronique organique bas coût, Journée électronique 2005 - Optique intégrée et photonique, Volume 4, 2005.
[6] Yuqiang Liu, Yajuan Li, Yiliang Wu, Guangtao Yang, Luana Mazzarella, Paul Procel-Moya, Adele C.Tamboli, Klaus Weber, Mathieu Boccard, OlindoIsabella, Xinbo Yang, Baoquan Sun, High-Efficiency Silicon Heterojunction Solar Cells: Materials, Devices and Applications, Materials Science and Engineering: R: Reports, Volume 142, October 2020, 100579.
[7] A.M. Ali, D.A. Said, M. Khayyat, M. Boustimi, R. Seoudi, Improving the efficiency of the organic solar cell (CuPc/C60) via PEDOT: PSS as a photoconductor layer doped by silver nanoparticles, Results in Physics 16 (2020) 102819.
[8] Jianqiang Qin, Lixiu Zhang, Zuo Xiao b, Shanshan Chen, Kuan Sun, Zhigang Zang, Chenyi Yi, Yongbo Yuan, Zhiwen Jin, Feng Hao, Yuanhang Cheng, Qinye Bao, Liming Ding, Over 16% efficiency from thick-film organic solar cells, Science Bulletin, August 2020.
[9] L. Cattina, S. Ouro Djobo, C. Sanchez, M. Morsli, J.C. Bernède, The influence of the HOMO energy level of the organic electron donor on the effectiveness of the anode buffer layer in photovoltaic solar cells, Energy Procedia 31 (2012) 89 – 95.
[10] M.Hssein, S.Tuo, 1, S.Benayoun, L.Cattin, M.Morsli, Y.Mouchaal, M.Addou, A. Khelil, J.C. Bernède, Cu-Ag bi-layer films in dielectric /metal/dielectric transparent electrodes as ITO free electrode inorganic photovoltaic devices, Organic Electronics (2016).
[11] W. Abdelaziz, A. Zekry, A.Shaker, M. Abouelatta, Numerical study of organic graded bulk heterojunction solar cell using SCAPS simulation, Solar Energy, Volume 211, 15 November 2020, Pages 375-382.
[12] Aseena S, Nelsa Abraham, V.Suresh Babu Optimization of layer thickness of ZnO based perovskite solar cells using SCAPS 1D, MaterialsToday: Proceedings, October (2020).
[13] R.T. Mouchou, T.C. Jen, O.T. Laseinde, K.O. Ukoba, Numerical simulation and optimization of p-NiO/n-TiO 2 solar cell system using SCAPS, April (2020).
[14] Joël Hervé NKUISSI TCHOGNIA, Bouchaib HARTITI, Jean-Marie NDJAKA, Abderraouf RIDAH 1 et Philippe THEVENIN, Performances des cellules solaires à base de Cu2ZnSnS4 (CZTS): une analyse par simulations numériques via le simulateur SCAPS, Afrique SCIENCE 11 (4) (2015) 16 – 23.
[15] El Hassane Ihalane, Lahoucine Atourki, Hassan Kirou, Ahmed Ihlal, Khalid Bouabid, Numerical study of thin films CIGS bilayer solar cells using SCAPS, MaterialsToday: Proceedings, Volume 3, Issue 7, 2016, Pages 2570-2577.
[16] M. Burgelmann, P. Nollet, S. Degrave, Modelling polycrystalline semiconductor solar cells, Thin Solid Films, 361 (2000) 527-532.
[17] Juliusz Sworakowski, How accurate are energies of HOMO and LUMO levels in small-molecule organic semiconductors determined from cyclic voltammetry or optical spectroscopy?, Synthetic Metals Volume 235, January 2018, Pages 125-130.
[18] Juliusz Sworakowski, JózefLipiński, KrzysztofJanus, On the reliability of determination of energies of HOMO and LUMO levels in organic semiconductors from electrochemical measurements. A simple picture based on the electrostatic model, Organic Electronics, Volume 33, June 2016, Pages 300-310.
[19] T. Ghorbani, M.Zahedifar, M.Moradi, E.Ghanbari, Influence of affinity, band gap and ambient temperature on the efficiency of CIGS solar cells, Optik, Volume 223, December 2020, 165541.

International Journal of Innovation and Applied Studies
ISSN 2028-9324 Vol. 43 No. 4 Oct. 2024, pp. 1134-1145
© 2024 Innovative Space of Scientific Research Journals
http://www.ijias.issr-journals.org/

Évaluation de l'indice de qualité de la bande riveraine (IQBR) de la lagune Ebrié soumise à une forte anthropisation: Cas de la baie du banco, dans la zone urbaine du district d'Abidjan (Sud, Côte d'Ivoire)

[Evaluation of the quality index of the riparian strip of the Ebrié lagoon subject to strong anthropization: Case of Banco Bay, in the urban area of the Abidjan district (South, Côte d'Ivoire)]

Mevanly Ouattara[1-2], Aboubacar Ouattara[2-3], and Koffi Komoe[1]

[1]Laboratoire des Milieux naturels et Conservation de la Biodiversité, UFR Biosciences, Université Félix Houphouët-Boigny, 22 BP 582 Abidjan 22, Côte d'Ivoire

[2]Laboratoire des Systématiques Herbiers et Musée Botanique, Centre National de Floristique (CNF), UFR Biosciences, Université Félix Houphouët-Boigny, Abidjan, Côte d'Ivoire

[3]Laboratoire de Biologie Végétale et des Sciences de la terre, UFR des Sciences et Technologies, Université ALASSANE OUATTARA, BPV 18 Bouaké 01, Côte d'Ivoire

Copyright © 2024 ISSR Journals. This is an open access article distributed under the ***Creative Commons Attribution License***, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

ABSTRACT: The natural vegetation strip along water bodies acts as a crucial barrier against the influx of nutrients and sediments. Consequently, the progressive degradation of the riparian vegetation around Banco Bay has led to the silting of the bed of this section of the Ebrié Lagoon. The primary objective of this study was to enhance the understanding of the quality of Banco Bay's shores to identify priority intervention areas for potential re-vegetation efforts. To achieve this, a riparian quality index assessment protocol was applied. This involved delineating 200-meter-long and 10-meter-wide segments along the riparian vegetation strip. Within these sampling areas, a botanical survey was conducted to assign a coverage percentage to the different components of the riparian strip, allowing for the calculation of the riparian quality index. Data analysis revealed low floristic richness with 17 tree species, predominantly microphanerophytes and nanophanerophytes. The low IQBR values indicate a riparian zone in poor condition, with 92% of the segments classified as very low or low IQBR classes. Given the consequences of water silting, it is essential to use the results of this study as an awareness-raising tool for residents and decision-makers, encouraging collective action towards the re-vegetation of Banco Bay's shores.

KEYWORDS: riparian strip quality index, re-vegetation, Banco Bay, Côte d'Ivoire.

RESUME: La bande de végétation naturelle en bordure des plans d'eau constitue un véritable rempart contre l'apport de nutriments et de sédiments. Alors, la dégradation progressive de la végétation riveraine de la baie du Banco a entrainé l'ensablement du lit de cette portion de la lagune Ebrié. Cette étude s'est donc fixée comme objectif principal d'améliorer les connaissances de la qualité des rives de la baie du banco en vue d'identifier les secteurs prioritaires d'intervention en cas d'une ré-végétalisation. Pour ce faire, un protocole d'évaluation de l'indice de qualité de bande riveraine a été appliqué. Il s'est agi de délimiter des segments de 200 m de longueur et 10 m de largeur le long de la bande de végétation riveraine. A l'intérieur des surfaces d'échantillonnage, un inventaire botanique a permis d'attribuer un pourcentage de recouvrement aux différentes composantes de la bande riveraine en vue du calcul de l'indice de qualité de bande riveraine. L'analyse des données a révélé une faible richesse floristique avec 17 espèces d'arbres, dominée par les microphanérophytes et les nanophanérophytes. Les faibles valeurs de l'IQBR indiquent une bande riveraine en mauvais état. En effet, on note 92 % des segments dont les valeurs de l'IQBR sont de classes très faible et faible. Eu égard aux conséquences liées à l'ensablement

Corresponding Author: Aboubacar Ouattara

des eaux, il devient nécessaire d'exploiter les résultats de cette étude comme un outil de sensibilisation à l'endroit des riverains et des décideurs en vue de s'engager tous à la ré-végétalisation des rives de la baie du Banco.

MOTS-CLEFS: indice de qualité de bande riveraine, ré-végétalisation, baie du Banco, Côte d'Ivoire.

1 INTRODUCTION

La bande riveraine est une zone de transition entre les milieux terrestre et aquatique **[1].** Cet habitat riverain est inclus dans les zones humides qui se définissent selon la loi sur l'eau de 1992 du Code de l'environnement français comme « des terrains exploités ou non, habituellement inondés ou gorgés d'eau douce, salée ou saumâtre de façon permanente ou temporaire; la végétation, quand elle existe, y est dominée par des plantes hygrophiles pendant au moins une partie de l'année ». La référence **[2]** donnent une définition plus restreinte à la bande riveraine. D'après ces auteurs, c'est une zone de végétation d'une largeur minimale de 10 à 15 mètres entre le milieu aquatique et le milieu terrestre. La bande riveraine, lorsqu'elle est en bon état, joue plusieurs rôles. Elle assure des services de régulation en contribuant de manière très significative à la préservation de la qualité de l'eau à travers les racines des arbres qui captent les polluants **[3].**

En Côte d'Ivoire, les bandes riveraines du système lagunaire Ebrié connaissent ces dernières années une dégradation progressive de leur couvert végétal du fait de l'occupation des rives par de nombreuses activités socio-économiques **[4].** Selon **[5],** le déversement des déchets issus de ces activités sans traitement préalable a engendré la pollution des eaux lagunaires. Les eaux de ruissellement provenant des rives anthropisées sont aussi les principales sources de pollution des eaux de surface de la lagune Ebrié **[6].** Cette pollution affecte la survie des populations de poissons et d'autres micro-organismes aquatiques, entrainant ainsi le déséquilibre des chaînes alimentaires de la faune aquatique **[7].** Selon la référence **[8],** la pollution lagunaire et la raréfaction du poisson qui s'en suit, conduit à la réduction du capital financier des ménages de pêcheurs et à l'appauvrissement de l'alimentation des populations en protéines provenant des poissons. La pollution des eaux provoque également la contamination des poissons en ingérant des excès de cadmium et de plomb, susceptibles d'entraîner des affections aux consommateurs, telles que l'hypertension artérielle, des troubles neurologiques, rénaux et hépatiques, l'ostéopathie et les fausses couches **[9].**

Les rives de la baie du banco de la lagune Ebrié connaissent une détérioration accrue au profit de l'implantation de nombreuses infrastructures industrielles. Eu égard à l'impact de la pollution des eaux, il devient prioritaire à tous de se conformer à la cible 3 de l'objectif 6 des Objectifs du Développement Durable (ODD) qui envisage d'améliorer d'ici à 2030, la qualité de l'eau en réduisant la pollution. En effet, de nombreuses études ont montré que la préservation d'une meilleure qualité des eaux de surface des ressources en eau est liée à la conservation du couvert végétal de la bande riveraine **[10], [11].** Ainsi, dans l'optique de la mise en place d'une politique de restauration des bandes riveraines, le Canada à travers son ministère du développement durable, de l'environnement et de la lutte aux changements climatiques, a mis en place un outil cartographique **[12]** pour illustrer l'indice de qualité de la bande riveraine (IQBR) développé par la référence **[13].** Cet indice a fait l'objet de plusieurs études **([14], [15], [16]).**

Ce présent travail a été réalisé dans la même optique à l'effet d'évaluer l'IQBR de la baie du Banco, qui n'a jamais fait l'objet d'étude. Il vise à contribuer à mettre en place une base de données scientifiques fiables pouvant servir d'outil de sensibilisation des populations riveraines sur le niveau de dégradation de la bande riveraine, puis de percevoir l'intérêt de restaurer la végétation en bordure de la lagune Ebrié. Cette étude a pour objectif principal d'améliorer les connaissances de la qualité des berges de la baie du banco en vue d'identifier les secteurs prioritaires d'intervention pour une éventuelle ré-végétalisation. De façon spécifique, il s'est agi de: (1) recenser les espèces végétales ligneuses de la bande riveraine de la baie du Banco; (2) évaluer l'indice de qualité de bande riveraine de la baie; (3) réaliser la cartographie des différentes classes d'indice de qualité afin de pérenniser l'information.

2 MÉTHODOLOGIES D'ÉTUDE

2.1 SITE D'ÉTUDE

La présente étude a été menée dans la zone estuarienne de la rivière Banco qui rentre en contact avec la lagune Ebrié. Cette rivière prend sa source dans la forêt du Banco et se jette au sud de cette forêt dans une baie de la lagune Ebrié, d'où l'appellation de cette baie "Baie du Banco". Elle est délimitée au nord par la forêt du banco, à l'ouest par la commune d'Attécoubé, au sud par la commune de Treichville et à l'est par les communes d'Adjamé et Plateau (**Figure 1**). Ce secteur de la lagune a fait l'objet de cette étude car il représente une zone fortement anthropisée. En effet, l'installation d'industries de cimenterie, de garages et lavages d'automobiles etc., le long des rives lagunaires ont détruit toute la forêt ripicole originelle. La ville d'Abidjan appartient au régime équatorial de transition ou climat attien, caractérisé par un haut degré d'humidité et une forte pluviosité dont les hauteurs de précipitations sont abondantes de mai à juillet. La température moyenne est de 26,6 °C **[17].** La végétation originelle de la forêt du Banco est caractérisée par des forêts denses humides sempervirentes à *Turraeanthus africanus* et *Heisteria parvifolia* **[18].**

2.2 COLLECTE DE DONNÉES

Toute la méthodologie développée dans le cadre de cette étude repose sur le protocole d'évaluation de l'indice de qualité de la bande riveraine (IQBR), réalisé par le ministère du Développement durable, de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques du Québec **[12].** Ce protocole a été inspiré à partir des travaux de la référence **[13].** La collecte des données a débuté par la délimitation de la largeur de la bande riveraine. Celle-ci est définie comme étant la zone de végétation qui ceinture la lagune en partant du rivage, c'est-à-dire la limite de la surface du plan d'eau, jusqu'à 10 mètres de distance à l'intérieur de la rive **[19].** Ensuite, les rives gauche et droite de la baie ont été subdivisées en segments de 200 mètres jusqu'à la limite de la zone étudiée. Ainsi, du côté de chaque rive, la bande riveraine a été segmentée en des surfaces d'échantillonnage de 200 m de longueur et 10 m de largeur (2000 m^2) dont chacune a fait l'objet du calcul de l'indice de qualité de la bande riveraine (IQBR). A l'intérieur de chaque segment ou surface d'échantillonnage, un inventaire botanique a été réalisé pour recenser les espèces végétales rencontrées. Le relevé a porté essentiellement sur la strate boisée du fait que c'est elle qui joue le principal rôle de ralentir le ruissellement des eaux polluées en provenance des berges anthropisées **[20**]. Ensuite, il a été effectué l'inventaire de l'utilisation du sol et des aménagements observés dans la bande riveraine. Il a consisté précisément dans chaque surface échantillonnée de réaliser une évaluation visuelle et subjective du pourcentage de recouvrement occupé par chacune des neuf composantes de la bande riveraine comme si elles étaient perçues à vol d'oiseau. La somme des recouvrements doit donner 100 % **(Tableau I).**

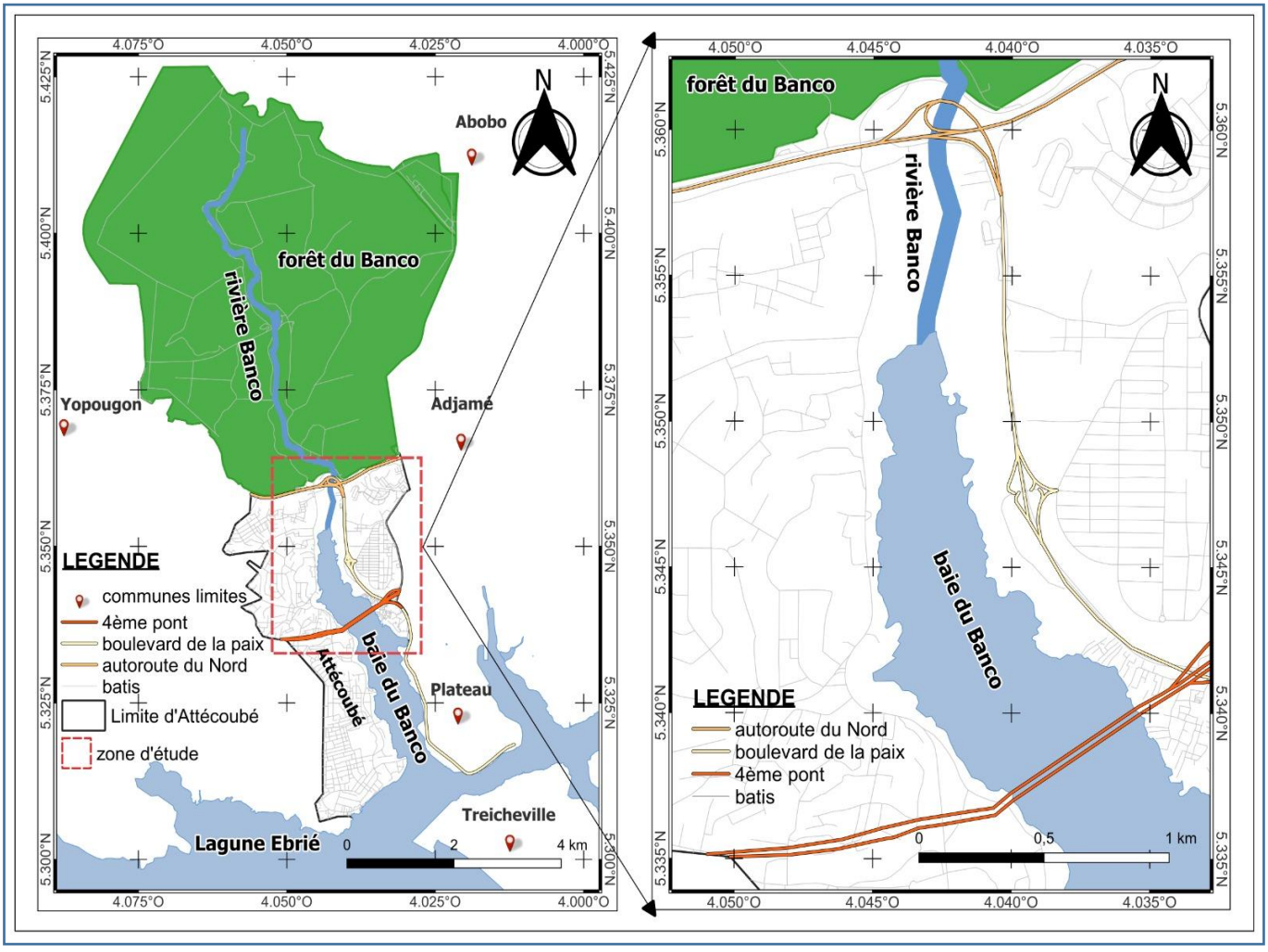


Fig. 1. Carte de localisation de la zone d'étude

Tableau 1. Liste des composantes à recenser dans la bande riveraine pour le calcul de l'IQBR

Composantes de la bande riveraine	Eléments répertoriés
Strate arborescente	Forêts, plantations
Strate arbustive	arbustes
Strate herbacée	Herbes (**tout herbe**)
Coupe forestière	Coupe à blanc (**toute coupe de bois est considérée coupe forestière**)
Friche, pâturage et gazon	Pelouse, pâturage (**gazon planté et entretenu**)
Culture	Plantes alimentaires, agricoles, fourragères
Sol nu	Argile, sable et gravier
Socle rocheux	Masse rocheuse solide
Infrastructure d'origine anthropique	Habitations, remblai, mur de soutènement, infrastructures routière, ferroviaire, industrielle et commerciale

Source: [13]

2.3 ANALYSE DES DONNÉES

2.3.1 RICHESSE SPÉCIFIQUE

Dans cette étude, la richesse spécifique a été déterminée en comptant toutes les espèces recensées sur le site sans tenir compte de leur fréquence, ni de leur abondance, ni de la taille et de la productivité des taxons rencontrés. Il a été également dénombré le nombre de genres et de familles des espèces en suivant la classification **[21].**

2.3.2 TYPE BIOLOGIQUE

Le type biologique des espèces a été déterminé afin d'identifier les aptitudes naturelles que chaque espèce développe pour faire face aux conditions défavorables du climat et aux perturbations du milieu. Les types biologiques des espèces d'arbres inventoriés dans cette étude ont été déterminés à partir des travaux des références **[22], [23] et [24].** Ainsi, quatre principaux types biologiques ont été retenus: les Mégaphanérophytes (MP), grands arbres d'au moins 30 m de hauteur; les Mésophanérophytes (mP), arbres de 8 à 30 m de hauteur; les Microphanérophytes (mp), arbustes de 2 à 8 m de hauteur; les Nanophanérophytes (np), arbrisseaux de 0,25 à 2 m de hauteur.

2.3.3 CALCUL DE L'INDICE DE QUALITE DE LA BANDE RIVERAINE (IQBR) PAR SEGMENT

L'IQBR a été calculé dans le tableur Excel selon la formule développée par la référence **[13]** dont l'équation mathématique est la suivante:

IQBR = [(% strate arborescente*10) + (% strate arbustive*8,2) + (% strate herbacée naturelle*5,8) + (% coupe forestière*4,3) + (% friche, fourrage, pâturage, gazon*3) + (% cultures*1,9) + (% sol nu*1,7) + (% socle rocheux*3,8) + (% infrastructures*1,9)] / 10

$IQBR = [\Sigma (\% i \times Pi)] / 10$ Où ***i*** est la nième composante (ex.: strate arborescente, arbustive etc.); ***% i*** = pourcentage du secteur couvert par la nième composante; ***Pi*** = facteur de pondération de la nième composante.

Le facteur de pondération spécifique à chaque composante (**Tableau II**) reflète la capacité de chacune d'entre elle à accomplir des fonctions écologiques pour la protection des écosystèmes aquatiques. Le calcul pondéré de l'IQBR est donc présenté ci-dessous:

Tableau 2. Liste des composantes de la bande riveraine et facteurs de pondération correspondants pour le calcul de l'IQBR

Composantes de la bande riveraine	Facteurs de pondération
Strate arborescente	10
Strate arbustive	8,2
Strate herbacée	5,8
Coupe forestière	4,3
Friche, pâturage et gazon	3
Culture	1,9
Sol nu	1,7
Socle rocheux	3,8
Infrastructure d'origine anthropique	1,9

Source: [13]

2.3.4 TRAITEMENT CARTOGRAPHIQUE DES VALEURS DE L'IQBR

Un indice cartographique a été attribué à chaque segment via un code de couleurs représentatives de l'IQBR obtenu. Les couleurs se distinguent par le rouge indiquant une très faible qualité de bande riveraine jusqu'à la couleur verte correspondant à une excellente qualité **[25], (Tableau III).** La cartographie des classes de qualité a été réalisée avec le logiciel QGis.

Tableau 3. Différentes classes de qualité de la bande riveraine

COULEURS	CLASSES	VALEURS DE L'IQBR
	Excellent	**90-100**
	Bon	**75-89**
	Moyen	**60-74**
	Faible	**40-59**
	Très faible	**17-39**

Source: [12]

3 RÉSULTATS

3.1 CARACTERISTIQUES FLORISTIQUES DE LA STRATE BOISEE DE LA BANDE RIVERAINE DE LA BAIE DU BANCO

L'inventaire floristique de la bande riveraine le long de la portion prospectée de la baie du banco a enregistré une faible richesse spécifique. En effet, il a été dénombré au total 17 espèces végétales boisées, réparties en 16 genres et 13 familles **(Tableau IV).** A l'exception du genre Senna qui est représenté par 2 espèces, tous les autres genres sont monospécifiques. Les familles les plus représentées sont les Fabaceae et les Malvaceae avec 3 espèces chacune, soit 17,6 %. Toutes les autres familles sont monospécifiques. Spécifiquement, il a été enregistré sur la rive droite 15 espèces, 15 genres et 11 familles avec une richesse moyenne de 5,4 ± 2,8 espèces par segment d'échantillonnage. Sur la rive gauche, ce sont 14 espèces, 14 genres et 10 familles qui ont été recensé avec une richesse moyenne de 4,9 ± 1,2 espèces par segment **(Tableau V).** Trois types biologiques ont été déterminés dans cette flore boisée de la bande riveraine de la baie du Banco. La rive droite est dominée par les microphanérophytes (60 %), suivis des nanophanérophytes (33,3 %) et des mésophanérophytes (6,7 %) **(Figure 2).** Par contre, sur la rive gauche, les microphanérophytes et les nanophanérophytes sont en proportion égale (42,8 %). On note une absence des megaphanérophytes dans toute la bande riveraine.

Tableau 4. Liste des espèces végétales boisées recensées dans la bande riveraine de la baie du banco

Espèces	Genres	Familles	Types biologiques
Acacia mangium	*Acacia*	Fabaceae	mp
Anacardium occidentale	*Anacardium*	Anacardiaceae	mp
Carica papaya	*Carica*	Caricaceae	mp
Cecropia peltata	*Cecropia*	Urticaceae	Mp
Elaeis guineensis	*Elaeis*	Arecaceae	Mp
Ficus exasperata	*Ficus*	Moraceae	mp
Psiduim guajava	*Psiduim*	Myrtaceae	mp
Ricinus comunis	*Ricinus*	Euphorbiaceae	np
Senna alata	*Senna*	Fabaceae	np
Senna occidendalis	*Senna*	Fabaceae	np
Sida acuta	*Sida*	Malvaceae	np
Sitrus sinensis	*Sitrus*	Rutaceae	mp
Solanum torvum	*solanum*	Solanaceae	mp
Theobroma cacao	*Theobroma*	Malvaceae	mp
Terminalia ivorensis	*Terminalia*	combretaceae	mp
Urena lobata	*Urena*	Malvaceae	mp
Vernonia colorata	*Vernonia*	Asteraceae	mp

Tableau 5. Richesse moyenne d'espèces boisées sur chaque rive

Rives	Nombre espèces	Nombre moyen/segment	Nombre genres	Nombre familles
Rive Droite	15	5,4 ± 2,8	15	11
Rive Gauche	14	4,9 ± 1,2	14	10

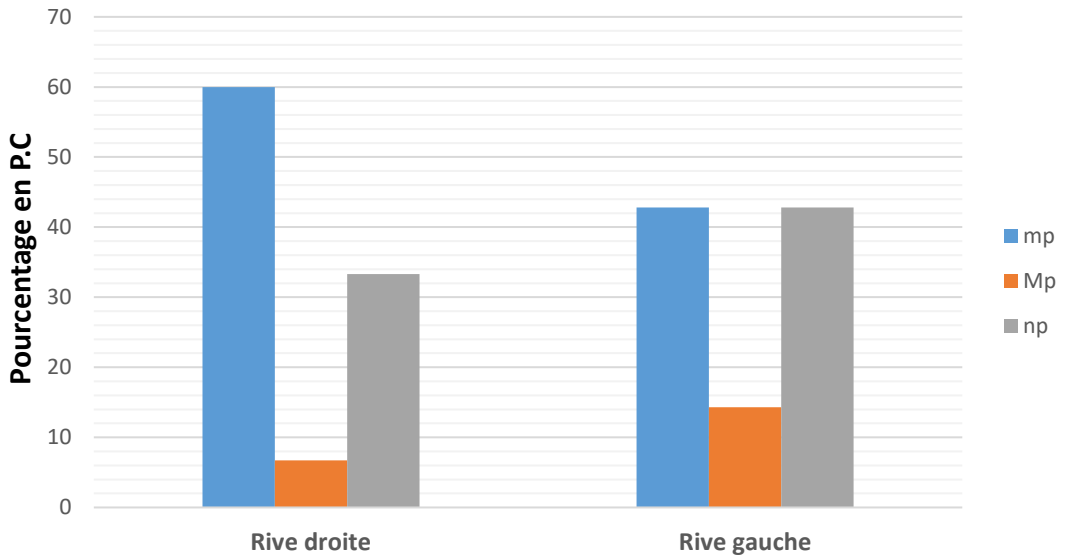


Fig. 2. Histogrammes de répartition du type biologique des espèces boisées de chaque rive mp: microphanérophytes; Mp: mésophanérophytes; np: nanophanérophytes

3.2 INDICE DE QUALITE DE BANDE RIVERAINE (IQBR) DE LA BAIE DU BANCO

Cette étude réalisée sur la rive droite de la baie du Banco a permis de caractériser 3,2 km de rive, soit 16 segments de 200 m de longueur. **La figure 3** indique que la moitié des segments (50%) a un IQBR de classe de qualité très faible. Ces segments s'étendent alors sur une distance de 1,6 km. La classe de qualité faible occupe 42 % de la portion de la bande riveraine étudiée, correspondant environ à une distance de 1,2 km. L'état de qualité d'aucun segment de la bande riveraine s'avère excellent, ni bon. Les composantes de la bande

riveraine de cette rive sont: les infrastructures, les socles rocheux, les cultures, le sol nu, les coupes forestières, les herbes, les arbustes et les arbres. Les infrastructures représentent la composante la plus dominante avec une proportion de 59,4 %, suivie par la strate herbacée (18 %) **(Figure 4).** Les coupes forestières sont moins présentes (0,1 %). Aucune trace de friche, ni de pâturage n'a été observée. Sur la rive gauche de la baie du Banco, ce sont 14 segments de 200 m de longueur qui ont été échantillonnés, soit une distance parcourue de 2,8 km. Sur cette rive, la classe de qualité moyenne de l'IQBR est en proportion égale avec la classe de qualité faible (40%), **(Figure 5).**

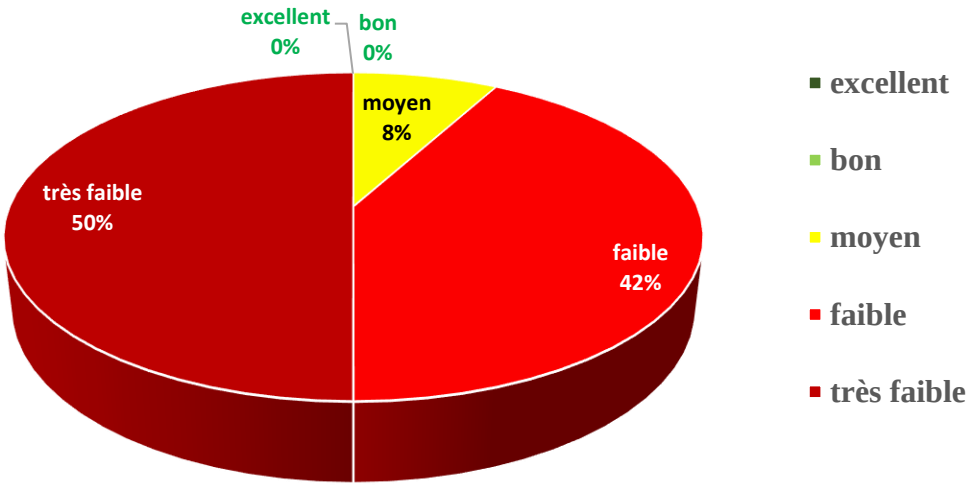


Fig. 3. Proportions des classes de qualité de bande riveraine de la rive droite

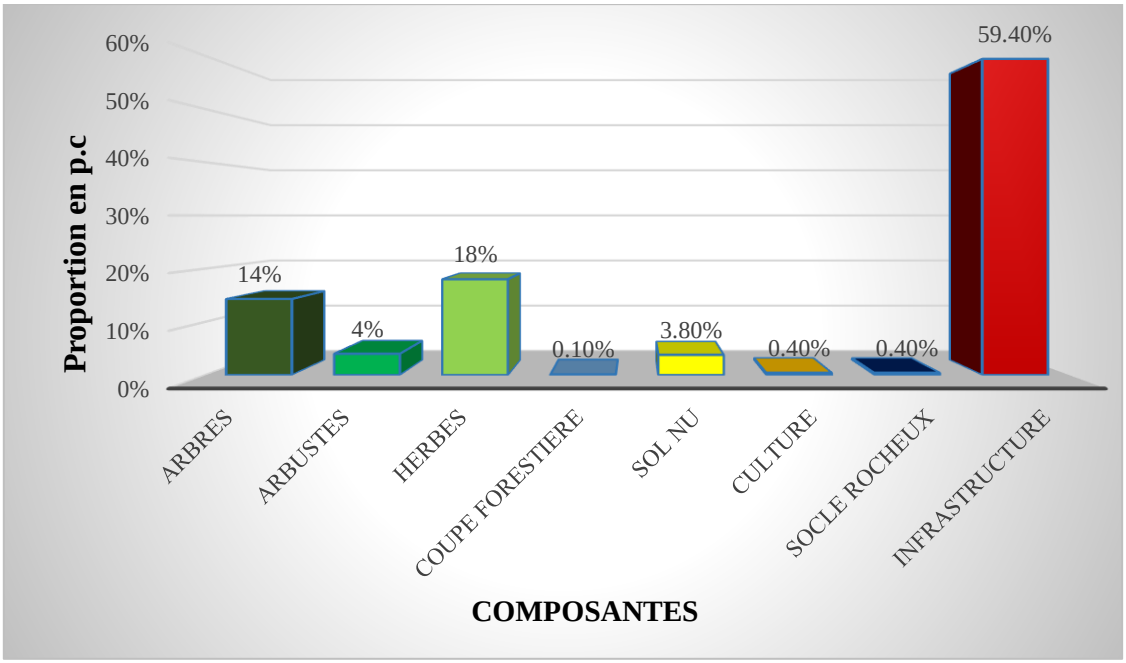


Fig. 4. Proportions des composantes de la bande riveraine de la rive droite

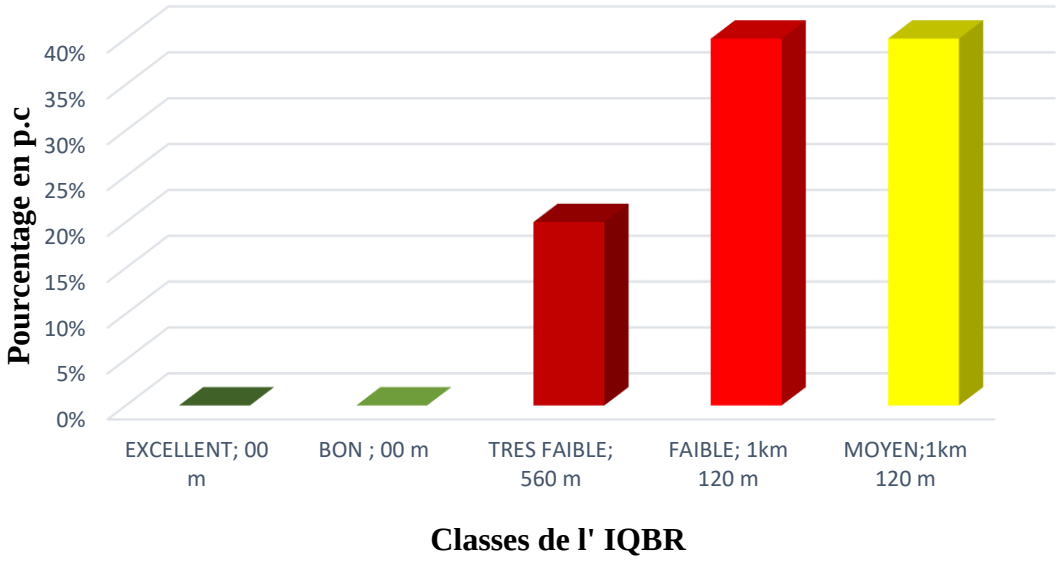


Fig. 5. Proportions des classes de qualité de bande riveraine de la rive gauche

Chacune de ces classes occupent une distance de 1,120 km le long de la bande riveraine. Aucun segment appartenant aux classes de qualité Bon et Excellent n'est présent sur la bande riveraine de cette rive. Ses composantes sont: les arbres, les arbustes, les herbes, les socles rocheux, le sol nu et les infrastructures. La strate herbacée et les infrastructures sont les composantes les plus dominantes avec respectivement des proportions de 58% et 20% **(Figure 6).** De rares socles rocheux ont été observés (1 %). Notons que les composantes telles la coupe forestière, le pâturage et les cultures sont absents de la bande riveraine de cette rive gauche.

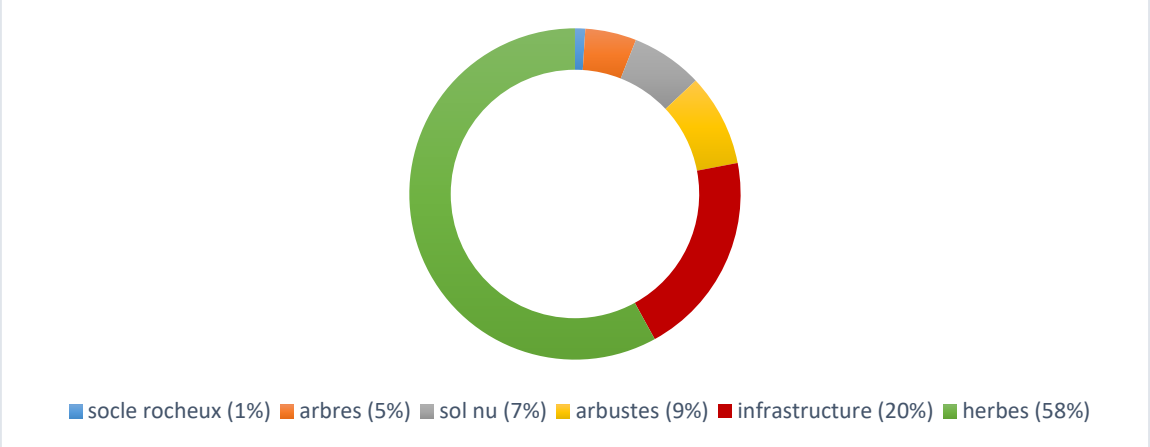


Fig. 6. Proportions des composantes de la bande riveraine de la rive gauche

3.3 Cartographie Des Classes De Qualite De Bande Riveraine Discriminees Autour De La Baie du Banco

Les segments de classe de qualité très faible de la bande riveraine, de couleur rouge vif, qui prédominent la rive droite sont localisés au niveau de l'embouchure de la rivière Banco, proche de l'autoroute du Nord, ainsi que dans la portion aval du secteur étudié, située dans les environs immédiats du 4ème pont érigé sur la lagune Ebrié, reliant les communes de Yopougon et d'Attécoubé **(Figure 7).** Sur la rive gauche, les segments de classe de qualité moyenne dominant la bande riveraine, représentés par la couleur jaune, sont plus concentrés au centre du secteur étudié. Les segments de classe de qualité faible de la bande riveraine occupant également une forte proportion, représentés par la couleur rouge clair, se situent à proximité des segments de classe de qualité moyenne.

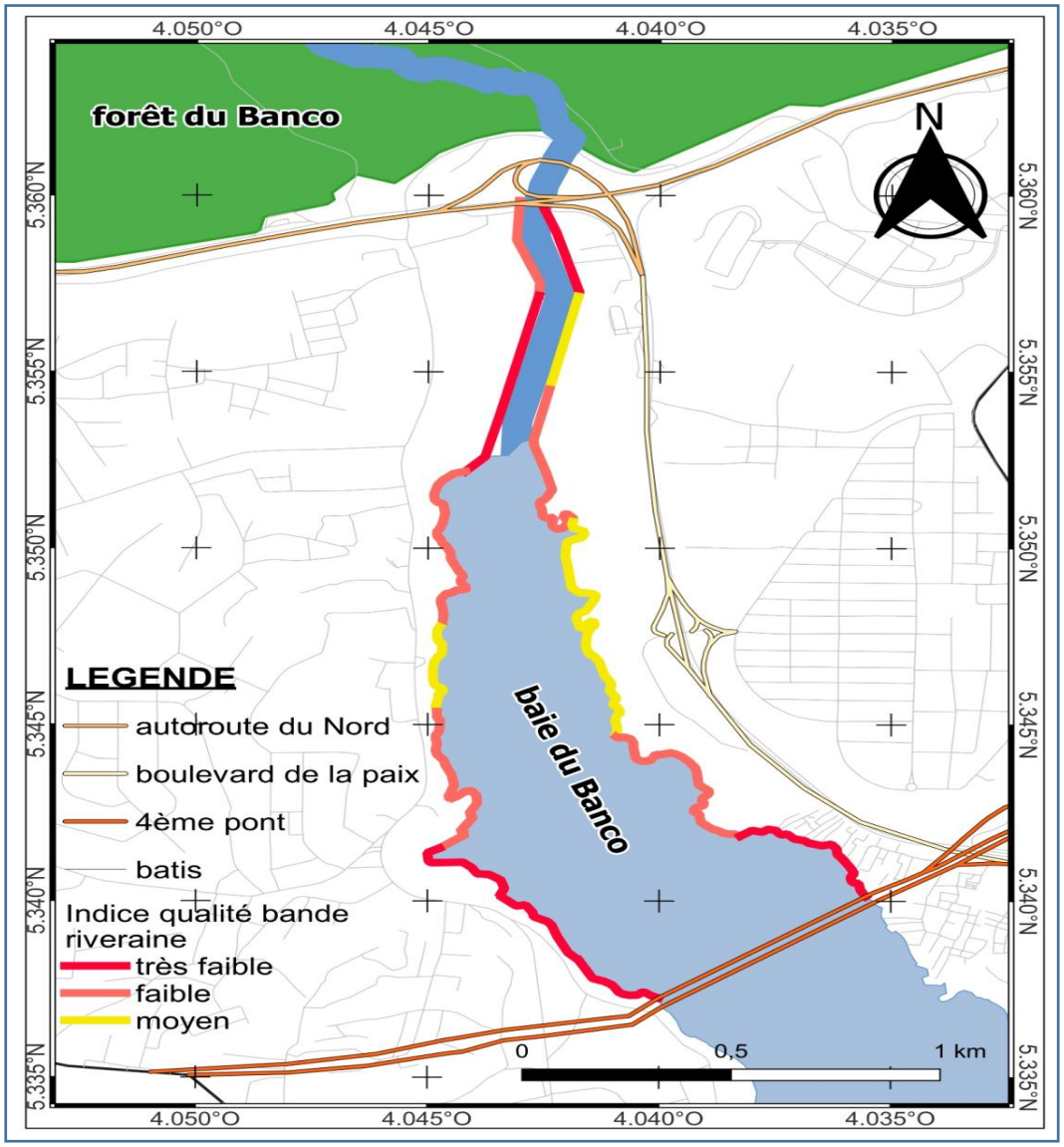


Fig. 7. Cartographie des classes de qualité de la bande riveraine de la baie du Banco

4 DISCUSSION

La présente étude a été réalisée pour déterminer la qualité des berges de la baie du banco de la lagune Ebrié en vue d'identifier les secteurs prioritaires d'intervention en cas d'une ré-végétalisation. Ces dernières années, cette baie est exposée à une forte implantation d'infrastructures socio-économiques sur ses rives. Les objectifs spécifiques de cette étude étaient de recenser les espèces végétales ligneuses de la bande riveraine, d'évaluer l'indice de qualité de la bande riveraine et de réaliser la cartographie des différentes classes de qualité de la bande riveraine.

L'étude a ainsi révélé une faible richesse spécifique d'arbres dans la bande riveraine de la baie du Banco. Ceci serait lié au degré d'anthropisation des rives. Une telle assertion corrobore les travaux de **[26]** qui ont également aboutit à un appauvrissement d'espèces végétales boisées des bandes riveraines du canal d'Assinie suite à leur déboisement progressif. **[27]** a démontré que la déforestation entraine l'extinction des espèces. La famille des Fabaceae est la plus représentée dans la flore inventoriée comme dans plusieurs biotopes étudiés dans la même zone d'étude. La référence **[28]** a fait remarquer depuis longtemps que la dominance de cette famille est un phénomène assez général dans la plupart des forêts tropicales. La dominance des nanophanérophytes et des microphanérophytes dans la bande riveraine est en accord avec les travaux de **[29]** qui ont souligné que ce sont les perturbations dues aux activités anthropiques qui sont à l'origine de l'abondance de ces types biologiques dans les formations ripicoles. Aujourd'hui, la forte pression anthropique sur les rives de la baie du Banco a été la principale source de motivation qui a suscité cette étude de caractérisation de la bande riveraine. Les valeurs de l'indice de qualité de la bande riveraine, réparties en cinq classes de qualité, auxquelles est associé un code de couleurs ont été transposées sur la carte de la baie. Cette tâche a mis en exergue une vue générale de la variation spatiale de la qualité de la bande

riveraine. Les résultats de la présente étude ont permis de constater dans l'ensemble une bande riveraine en mauvais état ou de mauvaise qualité. Sur la rive droite, la moitié des segments prospectés est caractérisée par la classe de qualité très faible, démontrant ainsi qu'une grande partie de la bande riveraine est fortement dégradée. De même, la rive gauche connait une dégradation marquée par des classes de qualité faible et moyen de la bande riveraine. En somme, on conclut que l'état de qualité de la bande riveraine de la baie du Banco est affecté négativement par les activités humaines. L'on observe diverses infrastructures socio-économiques et plusieurs activités d'origine anthropique le long des rives de la baie, sans tenir compte de la réglementation relative à la protection des rives des cours d'eau. Selon la référence **[30],** la domination des activités anthropiques dans la bande riveraine tout le long de la lagune Ebrié dans le secteur urbain d'Abidjan est due à l'urbanisation galopante de cette ville. Aujourd'hui, les rives lagunaires Ebrié sont en proie à de nombreuses constructions d'infrastructures hôtelières, industrielles et d'habitations.

La présente étude n'a identifié aucun segment de la bande riveraine de la baie du Banco présentant un indice de qualité de la bande riveraine (IQBR) excellent, ni bon. Alors que **[15]** a fait remarquer que seules les sections de bande riveraine présentant un IQBR Excellent sont jugées aptes à remplir leur rôle écologique. En effet, les rares pieds d'arbres rencontrés sur les rives de la baie ne peuvent pas assurer les services de régulation que doivent fournir une végétation en bon état. Les bandes riveraines, pour remplir adéquatement leur fonction de protection de la qualité des plans d'eau, doivent idéalement être composées de végétation naturelle, c'est-à-dire d'arbres, d'arbustes et de plantes herbacées **[20].** La référence **[2]** a souligné que toute cette végétation capte les éléments nutritifs comme le phosphore et l'azote, purifiant en grande partie l'eau de ruissellement venant des terres adjacentes**.** Ces éléments nutritifs, lorsque présents en trop grandes concentrations dans l'eau, occasionnent la croissance excessive des plantes aquatiques. Une telle observation a été faite sur la baie du Banco où le plan d'eau est quasi-totalement recouvert par de nombreuses touffes d'une plante envahissante, la jacinthe d'eau, *Eichhornia crassipes* (Mart.) Solms-Laub (Pontederiaceae).

Par ailleurs, il faut rappeler que la dé-végétalisation d'une bande riveraine occasionne de nombreuses conséquences écologiques, environnementales, socio-culturelles et économiques. Par exemple, l'absence de couvert végétal au-dessus de l'eau, tend à influencer les variations du pourcentage de saturation en oxygène dissous, dues à une mauvaise régulation de la température de l'eau comme l'a souligné la référence **[31].** De plus, les travaux de **[32]** ont montré que les particules issues de l'érosion et emportées dans le plan d'eau par le ruissellement peuvent rester en suspension dans l'eau ou encore se sédimenter au fond du plan d'eau**.** Par conséquent, les perturbations de certains processus biochimiques et physiques modifiant les conditions de l'habitat peuvent s'avérer néfaste pour la faune aquatique **[33].** La référence **[2]** a dans le même sens souligné la menace de la survie de nombreux organismes benthiques comme les invertébrés qui servent de nourriture à plusieurs espèces de poissons**.** En effet, la perte de la diversité de la faune piscicole pourrait occasionner un impact économique en affectant l'activité de pêche. **[15]** a fait remarquer que la dégradation de la bande riveraine au profit des espaces urbanisés est le fait de la méconnaissance du rôle des zones humides. **[34]** a relevé aussi que le manque de connaissances des autorités sur l'importance de la bande riveraine ne favorise pas l'utilisation des méthodes plus végétales et respectueuses de l'environnement dans la politique de protection des rives des cours d'eau. De même, les riverains ne perçoivent pas la bande riveraine comme un élément indispensable dans la régulation de la qualité des eaux de la lagune Ebrié. D'après la référence **[35],** l'espace en bordure de la lagune Ebrié représente pour les populations une bonne opportunité d'affaires propice au développement des restaurants et bars car beaucoup de gens aiment se détendre en plein air et observer la lagune. De ces faits, il devient urgent de vulgariser les résultats de cette étude qui pourrait constituer un outil de sensibilisation destiné aux riverains et aux décideurs en vue de favoriser des travaux de ré-végétalisation de la bande riveraine de la baie du Banco. Elle pourrait une fois restaurée, jouer ses rôles écologiques adéquatement et améliorer ainsi la qualité du plan d'eau lagunaire.

5 CONCLUSION

L'évaluation de l'indice de qualité de la bande riveraine de la baie du banco a permis de mettre en évidence les secteurs de cette baie dont les berges sont sérieusement dégradées. Actuellement, l'ensemble de la bande riveraine dans un état de mauvaise qualité mérite une attention particulière de la part des décideurs politiques en charge de la protection de l'environnement, mais aussi de la part des riverains. En effet, les résultats de cette étude peuvent constituer une base de données scientifiques fiable pouvant être vulgarisés pour des sensibilisations auprès de toutes les parties prenantes afin de prendre conscience de l'importance des bandes riveraines et de leur ré-végétalisation autour de la baie du Banco.

REFERENCES

[1] H. Claessens, J. Rondeux, N. Debruxelles, C. Burton & P. Lejeune, « Le suivi des bandes riveraines des cours d'eau de Wallonie », *Revue Forestière France, LXI* (6), pp. 595- 610, 2009.

[2] E. Gagnon et G. Gangbazo, « Efficacité des bandes riveraines: analyse de la documentation scientifique et perspective », Québec, Ministère du Développement durable, de l'environnement et des Parcs, Direction des politiques de l'eau, ISBN: 9782-550-49213-9, pp. 17, 2007.

[3] RJ Naiman, JS Bechtold, DC Drake, JJ Latterell, TC Okeefe & EV Balian, « Origins, patterns, and importance of heterogeneity in riparian systems. in G. Lovetté », M. Turner, C. Jones, and K. Weathers, editors. Ecosystem function in heterogeneous landscapes. *Springer New York,* pp. 279-309, 2005.

[4] A. Diarra et NHJ Kablan, « Pressions anthropiques et dégradations des berges de la lagune Ebrié de Treichville (Abidjan-Côte d'Ivoire)», *Revue de Géographie Tropicale et d'Environnement,* 1, pp. 19-28, 2014.

[5] GDF Dakouri, « Etude de la qualité de l'eau de la baie lagunaire de Yopougon », *International Journal of Science Academic Research,* vol. 2, no. 5, pp. 1521-1527, 2021.

[6] O. Kambire, « Surveillance des eaux de surface: cas de la pollution bactériologique et organique de la lagune Aby », Thèse Unique en Sciences et Technologies des Aliments, Université Nangui Abrogoua d'Abobo-Adjamé, pp. 195, 2014.

[7] VC Mbete, A. Ibala-zamba, P. Mbete, et Y. Mamonekene, « Inventaire et distribution des macroinvertébrés benthiques de la lagune Loya, dans Le Département de Pointe-Noire au Congo Brazzaville », *Afrique SCIENCE* vol. 17, no. 5, pp. 124–136, 2020.

[8] AA Adingra, AM Kouassi, « Pollution en lagune Ebrié et ses impacts sur l'environnement et les populations riveraines », *F. Tech. & Doc. Vulg,* pp. 48-53, 2011.

[9] E. Darboux « Contribution à l'évaluation de la relation entre les activités anthropiques, la pollution du lac Nokoué et l'état général de santé des populations riveraines: cas des zones Ladji-Ahouansori et Ganvié Sô-Tchanhoué », Mémoire de fin de cycle en Licence Professionnelle, pp. 92, 2008.

[10] G. Garner, IA Malcolm, JP Sadler, DM Hannah, « The role of riparian vegetation density, channel orientation and water velocity in determining river temperature dynamic », *Journal of Hydrology,* vol. 553, pp. 471- 485, 2017.

[11] J. Allostry, M. Paranjape, M. Varin, J. Théau, R. Fournier, « Développement d'un indice de suivi de l'état des écosystèmes riverains (ISÉÉR) dans le Québec méridional – Revue de littérature– Définitions et indicateurs », Centre d'enseignement et de recherche en foresterie de Sainte-Foy inc. (CERFO) – Université de Sherbrooke. Rapport 07- 2019, pp.120, 2020.

[12] Ministère du Développement Durable, de l'Environnement, de la Lutte contre le Changement Climatique (MDDELCC), Protocole d'évaluation et méthode de calcul de l'indice de la qualité de la bande riveraine, 2009.
[En ligne]: http://www.mddelcc.gouv.qc.ca/eau/eco_aqua/IQBR/protocole.htm, Consulté le 11 juillet 2023.

[13] N. Saint-Jacques et Y. Richard, « Développement d'un indice de qualité de la bande riveraine: Application à la rivière Chaudière et mise en relation avec l'intégrité biotique du milieu aquatique », Ministère de l'Environnement et de la Faune, Direction des écosystèmes aquatiques du Québec, pp. 61-641, 1998.

[14] R. Doucet, « Le climat et les sols agricoles », *Edition Berger, Eastman, Québec,* Vo. 15, pp. 443, 2006.

[15] Organisme de Bassin Versant Du Saguenay, « Caractérisation de la bande riveraine du lac à Bois », Rapport technique préparé pour l'Arrondissement de la Baie et le regroupement amical pour la protection du lac à Bois, Ville de Saguenay, pp. 21, 2015.

[16] BGE. « Indice de qualité de la bande riveraine de la rivière Etchemin », Université Laval, 2017, pp. 22, 2017.

[17] G. Girard, J. Sircoulon et P. Touchebeuf, « Aperçu sur les régimes hydrologiques, in Le milieu naturel de la Côte d'Ivoire », *Office de la Recherche Scientifique et Technique Outre-Mer,* Paris, vol. 50, pp. 109-155, 1971.

[18] G. Mangenot, 1955. « Etude sur les forêts des plaines et des plateaux de la Côte d'Ivoire, Etude Eburnéenne », *IFAN,* pp. 61

[19] Ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs (MDDEP) & Conseil régional de l'environnement des Laurentides (CRE Laurentides), « Protocole de caractérisation de la bande riveraine, 2è édition mai 2009, Québec, MDDEP et CRE Laurentides », 2009.

[20] P. Vidon, C. Allan, D. Burns, TP Duval, N. Gurwick, S. Inamdar, R. Lowrance, J. Okay, D. Scott & S. Sebestyen, « Hot Spots and Hot Moments in Riparian Zones: Potential for Improved Water Quality Management1.JAWRA », *Journal of the American Water Resources Association* vol. 46, pp. 278-298, 2010. https://doi.org/10.1111/j.1752-1688.2010.00420.x.

[21] APG III, « An update of the Angiosperm phylogeny group classification for the orders and families of flowering plants: APG III. Botanical », *Journal of The Linnean Society,* vol. 161, pp. 105-121, 2009.

[22] D. Traoré « Contribution à l'étude des milieux hydrophytiques ouverts de la Côte d'Ivoire », Thèse de Doctorat d'Etat ès Sciences Naturelles, Univ. Bordeaux III, pp. 394, 1985.

[23] L. Aké-Assi « Flore de la Côte d'Ivoire 1«, Catalogue, Systématique, Biogéographie et Ecologie, Genève, Suisse: Conservatoire et Jardin Botanique de Genève (Suisse) », *Boisseria,* vol. 57, pp. 396, 2001.

[24] L. Aké-Assi « Flore de la Côte d'Ivoire 2, Catalogue, Systématique, Biogéographie et Ecologie ». Genève, Suisse: Conservatoire et Jardin Botanique de Genève (Suisse), *Boisseria,* vol. 58, pp. 401, 2002.

[25] Ministère du Développement Durable, de l'Environnement de la Lutte contre le Changement Climatique. 2017., Politique de Protection des rives, du littoral et des plaines inondables.
[En ligne] Consulté le 11 juillet 2023: http://www.mddelcc.gouv.qc.ca/eau/rives/guideinterpretationPPRLPI.pdf

[26] O. Mévanly « Flore, végétation aquatique et riveraine du canal artificiel d'Assinie et évaluation des services écosystémiques dans les terroirs connexes (région du Sud-Comoé, Côte d'Ivoire) », Thèse de l'Université Félix Houphouët-Boigny, Abidjan, pp. 215, 2018.

[27] P. Martin « Influence de la fragmentation forestière sur la régénération des espèces arborées dans le Sud-ouest de la Côte d'Ivoire», Thèse de Doctorat: Université Genève, pp. 258, 2008.

[28] A. Aubréville 1959. « Flore forestière de la Cote d'Ivoire », Centre Technique Forestier Tropical, Nogent –s / Mane, 1-3: 310, 296, 186.

[29] MLO Kouamé, MW Égnankou & D. Traoré, « Ordination et classification de la végétation des zones humides du Sud-est de la Côte d'Ivoire », *Agronomie Africaine,* vol. 11, no. 1, pp. 11-15, 2009.

[30] KM Yao, BS Metongo, A. Trokourey & Y. Bokra, « La pollution des eaux de la zone urbaine d'une lagune tropicale par les matières oxydables (Lagune Ebrie, Côte d'Ivoire) », *Int. J. Biol. Chem. Sci*. vol. 3, no. 4, pp. 755-770, 2009.

[31] S. Aoubid, H. Gaubert, « Évaluation économique des services rendus par les zones », Études et documents, Commissariat Général Au Développement Durable, France, pp. 50, 2010.

[32] SH Luke, NJ Luckai, JM Burke & EE Prepas «Riparian areas in the Canadian boreal forest and linkages with water quality in streams», *Journal of Environmental Reviews,* vol. 15, pp. 79-97, 2007.

[33] Ministère du Développement Durable, de l'Environnement et la Lutte contre le Changement Climatique. 2015b. Fonctions écologiques de la bande riveraine, En ligne: http://www.mddelcc.gouv.qc.ca/eau/eco_aqua/IQBR/fonctions.htm, consulté le 10 juillet 2023.

[34] S. Drabo, « Contribution à la protection des berges du cours d'eau Gourouol dans la portion du bassin du Niger située au Burkina Faso », Mémoire de Fin de Cycle présenté en vue de l'obtention du diplôme d'Inspecteur des Eaux et Forêts, Ecole Nationale des Eaux et Forêts de Bobo-Dioulasso, Burkina-Faso, pp. 63, 2007.

[35] D. Coulibaly « Étude de la bande riveraine de la lagune Ebrié dans la commune de Cocody, Abidjan (Côte d'Ivoire) ». Mémoire de master de l'Université Félix Houphouët Boigny, pp. 28, 2021.

International Journal of Innovation and Applied Studies
ISSN 2028-9324 Vol. 43 No. 4 Oct. 2024, pp. 1146-1164
© 2024 Innovative Space of Scientific Research Journals
http://www.ijias.issr-journals.org/

Défis de l'évaluation des politiques publiques face aux exigences du développement des communautés africaines: Analyse critique du cas du Bénin

[Challenges of evaluating public policies in the face of the development requirements of African communities: Critical analysis of the case of Benin]

Kocou Edgard Romaric Akpovo[1], Rodrigue Sèwènan Chaou[2], Christian Duhamel Logozo[3], Sourou Juste Akakpo[4], and Sidoïne Bitho Gbetey[5]

[1]Département des Sciences et Techniques des Activités Physiques et Sportives, Institut National de la Jeunesse, du Sport et Education Physique, Université d'Abomey-Calavi, Centre d'Etudes et de Recherches en Education et Interventions Sociales pour le Développement (CEREID) - Centre d'Expertise en Sciences Sociales Appliquées, Benin

[2]Département des Sciences de Gestion, Chercheur en Sciences de Gestion, option Finances Publiques, Ecole Supérieure Robert de SORBON, Chercheur affilié au Centre d'Expertise en Sciences Sociales Appliquées, Benin

[3]Département d'Economie et de Gestion, Economiste, Doctorant à l'Ecole Doctorale des Sciences Economiques et de Gestion (ED SEG, UAC), Laboratoire de Recherche en Finance et Financement de Développement (LARFFID), Chercheur affilié au Centre d'Expertise en Sciences Sociales Appliquées, Benin

[4]Département de Géographie et Aménagement du Territoire, Université d'Abomey Calavi, Géographe, Attaché de recherche au Centre d'Expertise en Sciences Sociales Appliquées, Benin

[5]Département des Sciences de Gestion, Ingénieur économètre Statisticien, Institut Supérieur de Mathématiques de la Décision Bénin (ISMADE Bénin), Chercheur affilié au Centre d'Expertise en Sciences Sociales Appliquées, Benin

Copyright © 2024 ISSR Journals. This is an open access article distributed under the ***Creative Commons Attribution License***, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

ABSTRACT: The importance of public policy evaluation has made it a democratic, economic, social and environmental issue today. More than a simple process, the evaluative function of public action remains a real tool to support public decision-making that involves a significant correlation between the hypotheses and the results of policies without necessarily implying inverse causality. The objective of this study is to analyze the effectiveness of the public policy evaluation system in a triple context of results-based management, socio-economic and political reforms and the COVID-19 health crisis in Africa in general and in Benin in particular. Based on a documentary analysis, a survey and semi-structured interviews with political and administrative executives and authorities, this study addressed the issue of the effectiveness of the evaluative function from a dual empirical and operational perspective. From the results, it emerged that the analysis of the policy evaluation system in the Republic of Benin and in other African countries reveals quite significant progress in terms of content, availability of procedures, accessibility of policy documents or strategies developed and published. However, in practice, significant weaknesses remain and call for the implementation of corrective actions for a profound improvement of the system. Finally, this study made it possible to arrive at recommendations and suggestions with operational aspects oriented towards strategic axes for strengthening the contribution of different actors to greater effectiveness and efficiency in the implementation and evaluation of public policies in the Republic of Benin.

KEYWORDS: public policies, evaluation, procedures, socio-economic reforms.

Corresponding Author: Kocou Edgard Romaric Akpovo

RESUME: L'importance prise par l'évaluation des politiques publiques en fait aujourd'hui un enjeu démocratique, économique, social et environnemental. Plus qu'un simple procédé, la fonction évaluative de l'action publique reste un véritable outil d'aide à la décision publique qui met en jeu une corrélation significative entre les hypothèses et les résultats de politiques sans valoir forcément causalités inverses. La présente étude a pour objectif d'analyser l'efficacité du système d'évaluation des politiques publiques dans un triple contexte de gestion axée sur les résultats, de réformes socio-économiques, politiques et de crise sanitaire de la COVID-19 en Afrique en général et au Bénin en particulier. A partir d'une analyse documentaire, d'un sondage et des entretiens semi-structurés avec les cadres et autorités politico-administratives, cette étude a abordé la problématique de l'efficacité de la fonction évaluative sous une double dimension empirique et opérationnelle. Des résultats, il ressortait que l'analyse du système d'évaluation des politiques en République du Bénin et dans d'autres pays africains laisse apparaitre des avancées assez significatives en termes de contenu, de disponibilité de procédures, d'accessibilité des documents de politiques ou de stratégies élaborés et publiés. Cependant, dans la pratique, d'importantes faiblesses subsistent et appellent la mise en place d'actions correctives pour une amélioration profonde du dispositif. Enfin, cette étude a permis d'aboutir à des recommandations et suggestions avec des aspects opérationnels orientés vers des axes stratégiques pour le renforcement de la contribution de différents acteurs à une plus grande efficacité et efficience dans la mise en œuvre et l'évaluation des politiques publiques en République du Bénin.

MOTS-CLEFS: politiques publiques, évaluation, procédures, réformes socio-économiques.

1 INTRODUCTION

La difficile lecture de l'impact de l'action publique sur les conditions de vie des populations dissimule probablement des politiques obsolètes, inefficaces, ou détournés en servant de facto d'autres buts que ceux affichés. Ce constat oblige à vouloir évaluer chaque politique publique en rapprochant les hypothèses initiales des résultats obtenus. L'évaluation des politiques publiques étant, par essence, un jugement de valeur sur une action politique (dispositifs, projets, programmes, stratégies ou politiques...) conçue et appliquée sous la responsabilité d'une autorité publique, elle est fondée sur un système de valeurs en référence à une situation donnée et à la collecte, voire génération postérieure d'informations qui permettent de mesurer les effets propres de l'action publique visée, mais aussi les effets indirects voire pervers, c'est-à-dire les impacts (qui sont les effets au sens large). L'objectif visé par les gouvernants dans la recherche de l'efficacité de mise en œuvre des politiques publiques est l'amélioration du bien-être des communautés à la base, la résolution en mode optimal de problèmes structurels de la société, l'anticipation sur les perspectives positives ou négatives afin de tirer meilleurs profits de situations imprévues ou d'en limiter les impacts négatifs et maintenir les sociétés dans la bonne dynamique de changements transformationnels. En réalité, l'appréciation évaluative tient compte de la valeur, du mérite, de la portée, de l'importance ou de la qualité (Delahais, Devaux-Spatarakis, Revillard, Ridde, 1991). De plus, dans le langage courant, le mot évaluation renvoie aux notions de mesure approximative et de jugement (évaluer une personne ou une situation). En s'accordant à l'approche de mesure qui est la plus couramment utilisée, « l'évaluation d'une politique publique a pour objet d'apprécier l'efficacité de cette politique en comparant ses résultats aux objectifs assignés et aux moyens mis en œuvre »[1]. Il est ainsi perceptible que l'évaluation d'une action est un retour d'expérience objectivé par une mesure. Le progrès des méthodes d'évaluation a d'ailleurs été longtemps guidé par cette idée simple ligne directrice, d'où la tendance, notamment aux États-Unis, à considérer l'expérimentation avec échantillon témoin comme un idéal méthodologique indépassable (Duflo, 2013). Cependant, même lorsqu'il est possible d'objectiver par une méthode scientifiquement rigoureuse, un rapport de cause à effet entre une action et une modification attendue de l'état de la société, cette connaissance ne répond pas à elle seule aux besoins des acteurs de la politique. Décrire ce qui s'est réellement passé et comprendre les mécanismes d'action de la politique évaluée: « pourquoi et comment elle agit ? » s'avère en pratique, aussi important. L'évaluation d'une politique est toujours l'occasion de la décrire, de la modéliser et d'en former une vision plus cohérente. C'est un exercice qui s'inscrit au cœur de la stratégie de développement de toute nation car elle apporte la lumière sur les décisions prises et permet d'envisager le futur en cherchant à calibrer le présent (Legendre et Remvikos, 2018). C'est d'ailleurs pour cette raison qu'elle présente un intérêt majeur pour tous les gouvernants des grandes puissances mais plus encore des pays en voie de développement. Ces pays ont compris qu'aucun développement n'est possible sans la boussole de la fonction évaluative totalement intégrée au mécanisme de mise en œuvre de la politique publique.

[1] Décret du 18 novembre 1998 créant le Conseil national de l'évaluation en France

Dans le présent cadre, il y a besoin d'étudier l'impact des politiques publiques considérées comme « un ensemble d'actions coordonnées, réalisées par une puissance publique, dans l'optique d'obtenir une modification ou une évolution d'une situation donnée ». Une telle action permet de décrire la capacité qu'a une puissance publique à gérer les attentes et les problèmes propres à la société ou au pan de société concerné (e) et à agir en fonction d'une stratégie publique, de court, moyen ou long terme. Au regard de cette considération, il sera retenu dans cet article, que l'évaluation d'une action publique, politique, programme, plan d'action, projet, etc, consiste en un examen portant à la fois sur les conditions de mise en œuvre, le processus et les différentes conséquences de cette action (résultats, effets, impacts), mené dans un cadre institutionnel plus ou moins formalisé dans le but de rendre des comptes, d'améliorer cette action et/ou d'éclairer les décisions la concernant. De fait, avec les évolutions récentes, l'évaluation est devenue un véritable instrument au service de la prise de décision marqué par la volonté affichée de toutes les nations de la rendre plus efficace et plus performante dans ses dimensions de mesure, d'appréciation et d'orientations stratégiques des politiques publiques. Ainsi, à l'instar des autres régions du monde, l'Afrique de l'ouest s'est aussi engagée dans de nombreuses réformes qui visent une amélioration de l'efficacité des politiques publiques. L'un des principaux buts des réformes budgétaires opérées dans cette région de l'Afrique reste l'efficacité dans le dimensionnement des politiques et stratégies de développement. De nombreux pays de cet espace se sont alignés sur de nouvelles dispositions communautaires. Le Bénin ne se déroge pas à cette dynamique. Depuis l'adoption de la loi organique relative à la loi des finances, l'efficacité de l'action publique est en permanence recherchée. Des stratégies et politiques sont élaborées et mises en œuvre pour renforcer davantage les actions visant à réduire la pauvreté à la base en améliorant de façon significative le bien-être des populations. Toutefois, une des grandes difficultés de ce processus est de trouver les moyens appropriés pour mettre en cohérence les politiques publiques et leurs impacts réels sur les conditions de vie des populations. Il est donc important que pour trouver de véritables moyens de sortie, l'évaluation de la qualité des politiques publiques du pays fasse appel à des éléments essentiels de leur élaboration comme le diagnostic de base orienté par l'identification des besoins réels des populations, le traitement qui en est fait à travers la politique en cours de mise en œuvre et les pistes de solutions qui fondent les nouvelles orientations. En d'autres termes, la complexité de la fonction évaluative renvoie à la problématique des méthodes, techniques et outils d'évaluation de l'efficacité des politiques publiques au regard des contraintes et exigences de la Gestion Axée sur les Résultats (GAR) dans un contexte post-Covid 19. Le présent article s'invite dans cette étude qui pousse ses interrogations et analyses vers le contexte béninois plongé dans les réalités de l'environnement économique et politique de l'Afrique. Il cherche ainsi à réaliser un diagnostic qui permettra d'identifier les potentielles faiblesses et menaces dont les solutions constitueront une base de connaissances nouvelles offrant des pistes de réflexion sur la reformulation des techniques d'évaluation des politiques publiques dans le but de fournir aux pouvoirs publics des outils pour rendre leur action plus efficace. Il a aussi pour objectif d'analyser l'approche de l'évaluation des politiques publiques au Bénin, comme un véritable instrument d'aide à la décision, mais bien aussi comme une stratégie qui mobilise fortement un ensemble de techniques issues des sciences sociales (sociologie, économie, etc.), de la statistique et des sciences de gestion (finance, théorie des organisations, science de la décision etc.) dans une dimension quantitative et qualitative complémentaire pour apporter une solution avant tout productiviste aux insuffisances et incohérences contenues dans le processus d'analyse et d'évaluation de l'action publique. Cet article pourrait servir enfin de guide pratique d'orientations stratégiques pour les réformes économiques et budgétaires en cours de mise en œuvre au Bénin afin de bâtir un dispositif cohérent, simple, souple, rigoureux, efficace et applicable de l'évaluation des politiques publiques, gage d'une action publique plus forte et promotrice de développement durable.

2 METHODOLOGIE

En nous fondant sur le fait que l'évaluation permet de prévoir les impacts en amont (ex ante) des politiques publiques, de les ajuster au fil de leur mise en œuvre (in itinere) et de déterminer s'il y a lieu de les poursuivre, les abandonner ou les corriger à leur issue (ex post), une démarche méthodologique structurée et inclusive a été adoptée. Cette approche détaillée, claire et rigoureuse porte en effet sur plusieurs grandes étapes:

2.1 NATURE DE L'ÉTUDE

Au regard des objectifs spécifiques qui lui sont assignés, cette étude diagnostique de type transversal se réclame à la fois de nature quantitative et qualitative. Elle met en jeu des données empiriques et théoriques complémentaires nécessitant des analyses pouvant déboucher sur des options dont les aspects opérationnels se fondent sur les insuffisances relevées dans le dispositif de gestion des politiques publiques afin de positionner les outils et méthodes d'évaluation des politiques publiques comme levier stratégique et privilégié de la performance et de l'efficacité de l'action publique.

2.2 POPULATIONS CIBLES DE L'ÉTUDE

En nous inspirant des études similaires réalisées par d'autres institutions, il est retenu dans le cadre de la présente exploration, les cibles suivantes:

- Les offreurs (cadres et experts de la chaîne de gestion des politiques publiques);
- Les bénéficiaires (citoyens et responsables de la société civile);
- Les contrôleurs (députés, conseillers vérificateurs et cadres);
- Les personnes ressources (universitaires, responsables des ongs et autres associations).

2.3 COLLECTE DES DONNÉES

La collecte des données de la présente étude s'est faite au moyen d'outils appropriés. Ainsi, des données qualitatives ont été collectées par un guide d'entretien semi-structuré au niveau des cibles telles que: les Autorités Parlementaires, Juges de comptes ou conseillers vérificateurs, Personnes ressources, Responsables de la société civile, Responsable des ONGs et autres associations et les autorités politico-administratives. Par ailleurs, au moyen d'une enquête par sondage. Il a été également collecté auprès des citoyens les données d'ordre quantitatif pour ressortir leur perception de l'Evaluation des politiques publiques.

2.4 POPULATION D'ÉTUDE ET MÉTHODE D'ÉCHANTILLONNAGE

La population d'étude est constituée des cadres, autorités politico-administratives, des élus et cadres parlementaires; des cadres et responsables de la chambre des comptes des citoyens et des personnes ressources.

2.4.1 MÉTHODE D'ÉCHANTILLONNAGE

Pour cette étude, les investigations ont été menées sur un échantillon représentatif des cibles. L'échantillonnage a permis d'assurer un meilleur contrôle des opérations et une surveillance plus rigoureuse et d'avoir des données qualitatives et quantitatives en minimisant les biais. Des techniques rigoureuses ont été utilisées pour déterminer sa taille ainsi qu'un plan de sondage approprié. La méthode non probabiliste par commodité ou de convenance à choix raisonné a permis de constituer leur échantillon en raison de leur accessibilité et de leur disponibilité. Six (6) critères ont été tenus et utilisés pour opérer les choix. Ces critères sont définis sur la base de la position des acteurs ciblés dans l'administration et des informations à recueillir.

CRITÈRES:

- Avoir la nationalité Béninoise;
- Être député en exercice et appartenir soit à la commission des finances ou à la commission du plan;
- Être un juges des comptes, un vérificateur ou un conseiller vérificateur;
- Être un cadre intervenant dans l'administration publique (ministères, parlement et Cour des comptes);
- Avoir une expérience d'au moins cinq ans en poste;
- Être disponible à répondre aux questions du guide d'entretien.

Quant aux citoyens, la méthode d'échantillonnage probabiliste aléatoire simple a été utilisée pour le tirage.

2.4.2 TAILLE DE L'ÉCHANTILLON

Le nombre de catégorie de cibles à interroger a été déterminé sur la base de la technique de choix raisonné « à participation volontaire » et de façon aléatoire. Leur taille est présentée dans le tableau ci-après:

Tableau 1. Taille des cibles, méthodes et techniques d'échantillonnage

Cibles	Echantillonnage		Nombre attendu	Observations
	Méthode	Techniques		
Commission des finances et commission du plan	Non probabiliste	Commodité, à choix raisonné	6	Dont 4 cadres et 2 députés
Chambre des comptes de la cour des comptes			3	Néant
Conseillers vérificateurs de la cour des comptes			1	Néant
Ministères du Plan			3	Soit 1 DPP, 1 D/Politiques Publiques et 1 INStaD (Ex INSAE)
Ministère des Finances			3	Néant
Ministères sectoriels			4	Néant
Personnes ressources			2	Néant
Total			**22**	

Source: Les auteurs, 2024.

Au regard du temps disponible pour mener la présente étude, seul le département du littoral a été retenu pour la réalisation du sondage auprès des citoyens. Il semble important de noter que ce sondage a été réalisé dans l'ensemble des 13 arrondissements pour respecter les critères de représentativité de l'échantillon et pour s'assurer également que les résultats reflèteront réellement le point de vue des différents citoyens. Ce choix se fonde aussi sur le fait que le département du littoral regorge la majorité des ministères, directions, et structures étatiques. Il est donc le département le plus proche des autorités de l'Exécutif et pourrait donc être le département où les citoyens sont le plus informés des notions de politiques publiques et de leur évaluation.

2.4.3 TAILLE DE L'ÉCHANTILLON DES CITOYENS

Les méthodes de calcul et les indicateurs utilisés pour la détermination de la taille de l'échantillon sont inspirés de la méthodologie adoptée dans le plan de sondage de plusieurs études similaires. La taille n de l'échantillon des citoyens a été donc déterminée par la formule de Slovin qui est une dérivée de la formule de Cocran. La formule de Slovin permet d'échantillonner la population avec le degré de précision souhaité. Elle s'écrit:

$$n = N \div (1 + Ne^{2})$$

Avec: **n**: taille de l'échantillon; **N**: taille de la population, ici c'est le nombre total de citoyens dans la commune du littoral; **e**: marge d'erreur, ici nous choisissons e=5% qui est la marge conventionnelle en sciences économiques et sociales. Ceci conduit à un échantillon **n= 399,764502.**

Tableau 2. Calcul de la taille d'échantillon par arrondissement

N°	Arrondissement	Nombre d'individu	Proportion	N	n ajustée
1	1er arrondissement	57 962	0,08536226	34,124802	34
2	2e arrondissement	61 668	0,09082019	36,3066887	36
3	3e arrondissement	69 991	0,10307771	41,2068082	41
4	4e arrondissement	36 357	0,05354397	21,4049796	21
5	5e arrondissement	20 039	0,029512	11,7978487	12
6	6e arrondissement	75 336	0,11094944	44,3536469	44
7	7e arrondissement	27 535	0,04055157	16,2110766	16
8	8e arrondissement	32 420	0,04774584	19,0870929	19
9	9e arrondissement	57 691	0,08496315	33,9652523	34
10	10e arrondissement	38 728	0,05703581	22,8008925	23
11	11e arrondissement	34 879	0,05136728	20,5348154	21
12	12e arrondissement	97 920	0,14420953	57,6498501	58
13	13e arrondissement	68 486	0,10086125	40,3207479	40
14	**Total**	**679 012**	**1**	**399,764502**	**399**
15	**N**	**399,764502**			

Source: Calculs réalisés par les auteurs, à partir des données du RGPH4, 2024.

Ainsi, il est retenu un total de 399 citoyens en valeur absolue pour ce sondage.

Tableau 3. récapitulatif (cibles, méthodes et techniques d'échantillonnage)

Cibles	Echantillonnage		Nombre attendu		Observations
	Méthode	Techniques			
Commission des finances et commission du plan	Non probabiliste	Commodité, à choix raisonné	6		Dont 4 cadres et 2 députés
Chambre des comptes de la cour des comptes			3		Néant
Conseillers vérificateurs de la cour des comptes			1		Néant
Ministères du Plan			3		soit 1 DPP, 1 D/Politiques Publiques et 1 INStaD (Ex INSAE)
Ministère des Finances			3		Néant
Ministères sectoriels			4		Néant
Personnes ressources			2		Néant
Citoyens	Probabiliste	Aléatoire simple	1er arrondissement	34	Néant
			2e arrondissement	36	
			3e arrondissement	41	
			4e arrondissement	21	
			5e arrondissement	12	
			6e arrondissement	44	
			7e arrondissement	16	
			8e arrondissement	19	
			9e arrondissement	34	
			10e arrondissement	23	
			11e arrondissement	21	
			12e arrondissement	58	
			13e arrondissement	40	

Source: Les auteurs, 2024

2.5 TECHNIQUES ET OUTILS DE COLLECTE DE DONNEES

Afin de garantir la validité et la fiabilité des données, un questionnaire a été rédigé en s'inspirant des questionnaires utilisés lors des réflexions similaires réalisées dans la sous-région. Le guide d'entretien a été structuré en douze (12) parties distinctes de manière à avoir des informations critiques nécessaires aux objectifs poursuivis par la présente étude. Le questionnaire quant à lui a été structuré en 3 sections.

Le tableau ci- dessous présente le récapitulatif des techniques et outils utilisés par les équipes d'enquête pendant les interviews avec chaque groupe cible.

Tableau 4. Techniques et outils de collecte des données

Cibles/Catégories	Techniques de collectes de données	Outils utilisés
Bénéficiaires	**Enquête par questionnaire**	**Questionnaire d'enquête**
Offreurs	Entretien semi directif	Guide d'entretien semi structuré
Contrôleurs	Entretien semi directif	Guide d'entretien semi structuré

Source: Les auteurs, 2024.

2.6 TRAITEMENT DE DONNÉES

Le traitement des données s'est fait à la fois au niveau des données qualitatives et celui des données quantitatives. Pour le volet qualitatif, les points de discussion pertinents et/ou problématiques ont été approfondis lors des entretiens déroulés ultérieurement, et ce, jusqu'à parvenir à la saturation des données. L'analyse s'est faite par tri thématique. Ce plan d'analyse a été affiné par la recension documentaire. Les données issues de cette source ont été synthétisées et classées selon leur nature dans diverses catégories puis triangulées aux données d'entretiens. Pour chaque thématique, il a été mis en évidence, les points de convergence et/ou de divergence des acteurs, et les propos des acteurs les plus illustratifs de chaque position ont servi de verbatim.

3 PRESENTATION ET ANALYSE DES RESULTATS

3.1 VISAGE DE L'EVALUATION DES POLITIQUES PUBLIQUES AU NIVEAU INTERNATIONAL, REGIONAL ET NATIONAL

3.1.1 AU NIVEAU DE QUELQUES PAYS INDUSTRIALISES

De par sa notion et sa mise en pratique, l'évaluation est une activité proche de formes d'observation, telles que le contrôle, le contrôle de gestion ou l'audit. Ce processus reste donc très dynamique, multidimensionnel, multi-acteurs et doit s'adapter en permanence au contexte économique et social de chaque pays avec comme effets induits des réformes structurelles plus profondes. Bien que la notion soit très évolutive, l'intérêt et l'usage reste assez variable d'un pays à un autre. Aux États-Unis, l'évaluation des politiques publiques est une activité ancienne que l'on peut dater des années 1960. Des impulsions politiques fortes émanant de l'exécutif ont favorisé le développement des évaluations d'impact dans quasiment tous les domaines de la politique publique. L'approche de l'évaluation, sa définition ainsi que les méthodes associées ont également évolué au cours du temps. D'abord conçue comme une activité consistant à mesurer les résultats propres des programmes (l'évaluation causale), l'évaluation s'est ensuite développée sous des formes diverses pour juger plus largement de la mise en œuvre, de la pertinence et de l'efficacité des programmes. Les méthodes associées ont en conséquence évolué: reposant essentiellement sur les méthodes quantitatives dans les années 1960, en particulier sur les expérimentations aléatoires contrôlées (RCT), elles accordent aujourd'hui une place plus grande aux méthodes qualitatives et participatives (Desplatz, 2009). Il y a quelque temps, l'administration Obama a été à l'origine de l'adoption en 2018 de la loi *Foundations for Evidence-Based Policymaking Act* (FEBPA) qui améliore l'accès aux données sensibles et renforce les protections entourant la confidentialité des données ainsi que la capacité du gouvernement fédéral à produire et à utiliser les éléments de preuve. Les demandes d'évaluations d'impact de politiques publiques émanent principalement des ministères et des agences fédérales, en particulier les secteurs du marché du travail, de l'éducation et de la santé. L'externalisation est très largement pratiquée dans l'administration auprès d'acteurs multiples qui se réunissent en consortium pour répondre aux commandes. Les fondations privées financent également de nombreuses évaluations d'impact. Les principaux producteurs sont les grandes universités nationales en économie. Plusieurs grands organismes de recherche indépendants sont très souvent sollicités par le gouvernement pour évaluer ses programmes comme MDRC ou *Mathematica Policy Research* (Desplatz, 2009). En réalité, la pratique de l'évaluation se répand aux autres

pays anglo-saxons (États-Unis, Canada, Nouvelle-Zélande) et à l'Europe du nord après la deuxième guerre mondiale. Ce sont ces pays qui sont aujourd'hui à la pointe en matière d'évaluation (nombre de programmes, budgets, influence sur la décision publique). Il faut ajouter à cela des organisations internationales, telles que la Banque mondiale ou la Commission européenne, qui ont beaucoup recours à l'évaluation (Vie Publique au cœur du Débat public, 2009). Par contre en France, Il faut attendre les années 1970 et 1980 pour voir s'imposer l'évaluation comme un outil de la modernisation de l'État. Dans les années 1980, l'évaluation est principalement confiée au Commissariat général du Plan. Puis l'impulsion vient du gouvernement de Michel Rocard à la fin des années 1980 (Vie Publique au cœur du Débat public, 2009). Ce dernier voit dans l'évaluation un instrument indispensable pour améliorer l'efficacité de l'action publique dans un contexte de contrainte budgétaire. Actuellement, l'évaluation répond au besoin croissant de rationaliser l'action publique, compte tenu des contraintes qui s'exercent sur elle: (i) la diversité de la demande sociale (pouvoir d'achat, sécurité, services publics etc.) et des objectifs politiques (économiques, sociaux, environnementaux) qui entrent parfois en conflit; (ii) une situation économique difficile pour de nombreux États et (iii) une crise de confiance entre le peuple et ses dirigeants, qui force ces derniers à rendre des comptes de leur action. En France, les évaluations sont réalisées par des institutions publiques indépendantes telles que la Cour des comptes, la Haute Autorité de santé ou encore le Haut Conseil de l'évaluation de la recherche et de l'enseignement supérieur. Celles-ci ont recours à des "chargés d'évaluation" issus d'horizons très divers (économistes, chercheurs en sciences sociales, statisticiens, consultants, etc.) qui réalisent les travaux d'enquête en collaboration avec les fonctionnaires chargés de la politique. La méthode adoptée varie en fonction du type de politique à évaluer, des objectifs de l'évaluation etc. Cependant, toute évaluation comporte trois (3) différentes phases comme rappeler par le schéma ci-après représentant le plan d'action et de mise en œuvre de l'évaluation des politiques publiques en France.

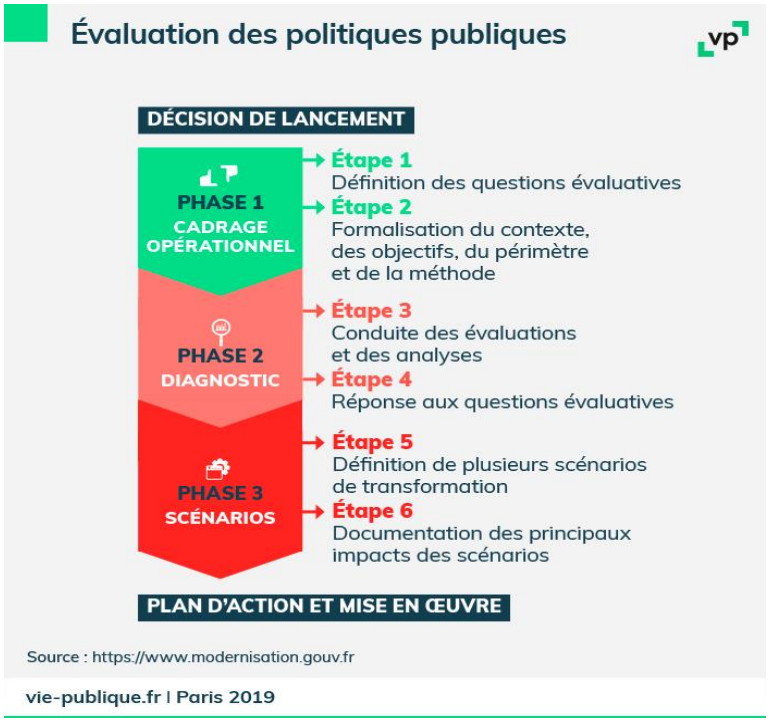


Fig. 1. Evaluation des politiques publiques

3.1.2 Au Niveau Des Institutions Internationales

L'évaluation des politiques publiques (EPP) ne répond pas seulement à un impératif budgétaire, elle permet aussi et surtout d'améliorer l'efficacité de l'intervention publique. C'est une pratique promue depuis plus de 20 ans en France et au plan international, notamment par les Nations-Unies, l'OCDE ou l'Union européenne. Nombreuses sont les agences gouvernementales (AFD, GIZ, etc...) participant à l'Aide Publique au Développement (APD) qui ont recours également à l'EPP pour évaluer les effets de leur intervention dans tous les secteurs, en tirer des leçons stratégiques et opérationnelles et préciser leur positionnement par rapport à l'évolution des besoins des bénéficiaires.

Au cours de la dernière décennie, le PNUD a progressivement modifié son approche de l'aide à la formulation de politiques et à la mise en place de programmes sur la gouvernance. Le positionnement traditionnel sur la réforme de l'administration publique a cédé la place à un programme plus vaste axé sur la gouvernance démocratique pour le développement humain, qui passe par l'encouragement de la participation inclusive, le développement de capacités d'action et de reddition de comptes de la part de l'État, et la promotion de principes internationaux bien établis en matière de droits de l'homme et d'égalité des sexes. Ces principes sont désormais pleinement intégrés dans l'aide technique et le soutien en matière de formulation de politiques que fournit le PNUD à ses partenaires nationaux. Aussi, cette approche de la gouvernance démocratique se trouve reflétée dans la méthode adoptée par le PNUD en matière d'évaluations de la gouvernance, telle qu'elle est définie et appliquée dans le cadre du programme stratégique 2008-2011.

Au total, pour la plupart des institutions internationales, la démarche est pratiquement la même. Une évaluation de politique publique s'appuie sur des techniques d'analyse (statistiques, économétrie, data sciences, coûts, impacts, effets de levier...), d'enquête (entretiens, déplacements de terrain...) et de consultation (questionnaires, sondages, focus groupe...). Chaque politique publique est étudiée à travers un ensemble de critères évaluatifs standards, notamment: efficacité, efficience, cohérence, utilité, pertinence. Le schéma ci-après présente le visage du processus le plus couramment utilisé par ces institutions.

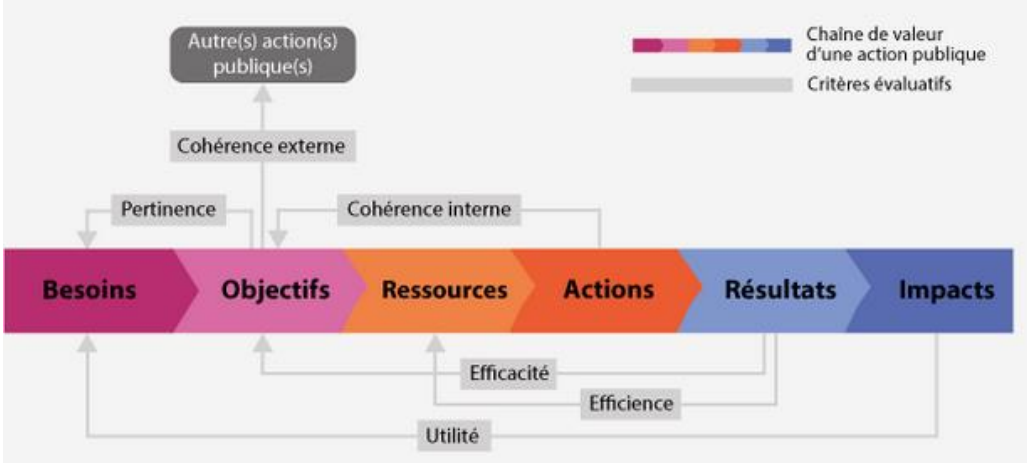


Fig. 2. Autres actions publiques

3.1.3 AU NIVEAU DES PAYS AFRICAINS

En Afrique, l'évaluation de l'action publique sur le plan institutionnel revêt un caractère plus ou moins primordial et occupe une place d'intérêt dans les politiques et stratégies. En réalité, même si au niveau pays, les pratiques s'apparentent avec quelques écarts non significatifs, un regard pluriel jeté sur celles observées au sein des institutions d'intégration africaines montre qu'elles diffèrent sur le fond mais aussi sur la forme. Ainsi, au niveau de l'Union Africaine, la seizième session ordinaire de la conférence tenue le 31 janvier 2011 à Addis Abeba en Ethiopie a adopté la « charte africaine sur les valeurs et les principes du service public et de l'administration ». Cette charte réitère l'engagement politique des États membres de l'Union africaine à renforcer le professionnalisme et l'éthique dans le service public en Afrique. En son article 7, alinéa 2, elle stipule que, « l'Administration publique doit mettre en place des mécanismes appropriés de d'évaluation périodiques de l'efficacité des prestations du service public ». Ainsi, la mise en place d'un mécanisme de l'évaluation de l'action publique au sein des Etats membres de l'Union Africaine n'est pas une question de choix, mais une obligation. Cela témoigne de l'importance que l'institution accorde à l'évaluation de l'action publique. De fait, les Etats membre de l'Union Africaine devraient pour le respect de cet engagement placé en priorité l'évaluation de l'action publique. Effectivement, au niveau régional, des évolution significatives ont été observées dans le cadre de l'évaluation des politiques publiques. Il existe en effet, un lien étroit entre, d'un côté, le progrès économique et social, et de l'autre, le processus d'évaluation des politiques publiques, lui-même en lien avec celui de l'évaluation de la démocratie et de la gouvernance politique. Au cours des dernières années, des pays africains ont multiplié les initiatives pour institutionnaliser et promouvoir l'évaluation de leurs politiques publiques. Sans être un gage de résultats probants ultérieurs, les mesures déjà prises ou annoncées sont toutefois révélatrices de la volonté affirmée d'améliorer la bonne gouvernance des Etats et de renforcer l'expression démocratique. Pour de nombreux pays en développement, l'évaluation est aujourd'hui reconnue comme un outil d'aide à la réduction de la pauvreté. Dans les Etats

africains francophones, les initiatives se relayent et commencent à inscrire l'évaluation dans une logique naturelle des projets de réformes (Lanson, 2014).

Evidemment, convaincu de l'impact de l'évaluation de l'action publique sur le développement économique et social, mais aussi sur la bonne gouvernance et la démocratie, la Côte d'Ivoire a, depuis avril 2011, choisi d'adosser son cheminement sur une véritable culture de l'évaluation des politiques publiques. Historiquement, l'État ivoirien s'est doté très tôt d'institutions susceptibles de mesurer l'impact réel des politiques publiques mises en œuvre, mais ces institutions n'ont jamais pu remplir véritablement leur rôle, dès l'instant qu'il n'existait pas de véritable volonté politique pour appliquer des principes de « bonne gouvernance » (Gambotti, 2015). Parmi les idées majeures qui structurent la pensée économique et politique du gouvernement ivoirien, figure la capacité de mesurer, en amont, l'impact des décisions budgétaires, et, en aval, le résultat des politiques mises en œuvre par les pouvoirs publics. En effet, La Côte d'Ivoire, est le seul pays au sud du Sahara qui a inscrit l'évaluation dans sa Constitution (AIP, 2021). Les résultats des politiques publiques sont mesurés par des indicateurs de performance et font l'objet d'évaluation régulière qui donnent lieu à des rapports de performance élaborés en fin d'exercice par les ministères et institutions concernés dans le cadre des budgets-programmes et de la gestion axée sur les résultats. Les politiques publiques sont évaluées par le mécanisme CPIA de la Banque Mondiale (Country Politicies and Instutition Assessment) qui est un outil de diagnostic basé sur 4 groupes d'indicateurs et 16 critères notés sur une échelle de 1 à 6.

Au Togo, il est constaté que le pays s'est doté en octobre 2013 d'un ministère de la prospective et de l'évaluation des politiques publiques. Ce faisant, le pays prenait de sérieuses options pour la bonne gouvernance, l'atteinte des Objectifs du Millénaire; et s'engageait à se doter des outils et mécanismes nécessaires pour une orientation rationnelle des politiques publiques. L'enjeu de cette option est d'affecter les ressources disponibles aux réels besoins, afin d'agir efficacement.

Au Burkina Faso, l'évaluation des politiques publiques reste relativement rare avec souvent des confusions dans la compréhension des notions de suivi et de contrôle, souvent assimilées à l'évaluation (OCDE, 2012). Selon l'étude diagnostique des capacités évaluatives réalisée en 2017, cette situation est en partie imputable à l'absence d'un cadre légal et réglementaire régissant la pratique de l'évaluation et à la faiblesse des capacités évaluatives nationales, de la demande et de l'utilisation des résultats des évaluations. Toutefois, ces dernières années, un effort d'intégration de l'évaluation dans la culture du contrôle parlementaire de l'action du gouvernement est fait à travers la création d'une commission spéciale d'Evaluation des politiques et du suivi des recommandations qui peine à trouver sa place dans un environnement politique délicat.

Pour ce qui est du cas du Maroc, en 2011, le pays a donné une valeur constitutionnelle à l'évaluation en l'intégrant dans plusieurs articles de sa nouvelle constitution. Cette dernière dispose en effet que:

- Les pouvoirs publics œuvrent à la création d'instances de concertation en vue d'associer les différents acteurs sociaux à l'élaboration, la mise en œuvre et l'évaluation des politiques publiques (article13);
- Le parlement vote les lois, contrôle l'action du gouvernement et évalue les politiques publiques (article70);
- Une séance annuelle est réservée par le parlement à la discussion et à l'évaluation des politiques publiques (article 101);
- Une loi organique fixe les règles de gouvernance relatives à l'évaluation des actions et à la reddition des comptes (article 146);
- Les services publics sont soumis aux obligations de contrôle et d'évaluation (article 156);
- Il est créé un conseil supérieur de l'éducation, de la formation et de la recherche scientifique. Ce conseil constitue une instance consultative chargée d'émettre son avis sur toutes les politiques publiques et sur toutes les questions d'intérêt national concernant l'éducation, la formation et la recherche scientifique, ainsi que sur les objectifs et la formation des services publics chargés de ces domaines. Il contribue également à l'évaluation des politiques et programmes publics menés dans ces domaines (article 168).

Evidemment, après que ce cadre institutionnel ait été établi, une série de mesures a ensuite été prise pour préciser les conditions de mise en œuvre de l'évaluation dans les domaines identifiés par la constitution. Dès 2011, un décret a prévu la fonction d'évaluation dans les attributions des inspections générales des ministères. En 2014, la Chambre des Représentants a installé une structure chargée du suivi et du contrôle des dépenses publiques. Selon le journal marocain « Les Eco", le gouvernement comptait pouvoir aboutir à un projet de charte de l'évaluation des politiques publiques, en s'inspirant des bonnes pratiques internationales et des standards universels en la matière.

Au Congo-Brazzaville, une loi organique adoptée en 2012 a également introduit la notion de « performance contrôlée par les résultats obtenus » dans le budget de la Nation. Aussi, un Programme Concerté Pluri-Acteurs (PCPA) a-t-il initié une série de formations des représentants des organisations de la société civile sur le suivi et l'évaluation des politiques publiques. Impulsé par le Ministère des Affaires Etrangères français, ce programme avait été élaboré et mis en œuvre dans le cadre d'une concertation permanente entre les organisations de la société civile et les pouvoirs publics. Mais il faut souligner que « Au

Congo, comme dans d'autres pays d'Afrique, l'évaluation des politiques publiques est un concept de management qui provoque des réticences. Les administrations publiques se montrent sceptiques, méfiantes à l'endroit de l'évaluation et des évaluateurs. En effet, l'évaluation est souvent assimilée au contrôle, voire à la sanction » (Okomb, 2014)

Au Niger, l'appréciation de l'action publique issue de la mise en œuvre des politiques, des plans, programmes et stratégies, s'est basée sur le contrôle d'ordre administratif et financier (inspections) qui a été progressivement complété par l'audit (analyse des risques). Les contrôles parlementaire et juridictionnel sont intervenus avec l'avènement de la démocratie et le respect de directives d'intégration régionale telles que:

- La directive 01/2009/CM/UEMOA portant code de transparence dans la gestion des finances publiques;
- La directive 06/2009/CM/UEMOA portant loi des finances au sein de l'uemoa;
- La directive 001/2011/CM portant régime financier des collectivités territoriales au sein de l'uemoa.

En effet, le suivi et l'évaluation sont consacrés par les dispositions de la loi 2011-20 du 8 août 2011, déterminant l'organisation générale de l'administration civile de l'Etat et fixant ses missions. Ils sont également mentionnés dans tous les documents de référence de pilotage et de gestion publique de l'économie nationale. En outre, des efforts appréciables peuvent être relevés quant à la mise en place de structures étatiques telles que les Directions des Statistiques (DS), les Directions des Etudes et de la Programmation (DEP), la Cellule d'Analyse des Politiques Publiques et d'Evaluation de l'Action Gouvernementale (CAPEG), l'Institut National de la Statistique (INS) et ses structures déconcentrées et la Cellule de Suivi et Evaluation au Ministère du Plan sur le plan institutionnel. Cependant, malgré la mise en place de ces structures dédiées à l'évaluation, sa pratique reste faible, aussi bien au niveau central qu'au niveau local. En 2006, une étude diagnostique des capacités nationales en évaluation (MEF, 2006) réalisée par une équipe de consultants locaux et internationaux, sous la supervision du Ministère de l'Economie et des Finances du Niger, avec l'appui technique et financier du PNUD, selon une démarche méthodologique basée sur une enquête renforcée par des entretiens et une méta-évaluation (analyse de rapports d'évaluation pour en déterminer la qualité) faisait ressortir l'état des lieux de la pratique de l'évaluation au Niger. Il ressortait de cet état des lieux que la fonction évaluative n'est pas encore ancrée dans les habitudes des structures chargées de conduire les projets, programmes et politiques publiques. Les quelques évaluations qui sont réalisées sont en général, soit en réponse aux exigences des bailleurs de fonds, soit par obligation réglementaire ou légale et, dans une moindre mesure. En outre, les rapports d'évaluation ne sont pas toujours publiés. Toutefois, il existe de principales forces de la pratique de l'évaluation au Niger que sont:

- L'adoption de la Loi n° 2011-20 du 8 août 2011 déterminant l'organisation générale de l'administration civile de l'Etat et fixant ses missions qui, en son Article 18, pose le principe de l'évaluation de la performance et de la productivité des services publics sur la base des politiques et programmes. L'Article 34 de cette même loi impose le recours au cadre logique des projets et programmes pour assurer la transparence et apprécier la performance dans l'atteinte des résultats. Cette même loi dispose en son article 9 que l'administration de l'Etat fonctionne selon les règles de la bonne gouvernance et la gestion axée sur les résultats;
- L'adoption de l'ordonnance n°2010-54 du 17 septembre 2010 portant Code général des collectivités territoriales qui, en ses articles 80, 150 et 305, fait obligation aux responsables des organes exécutifs (maires et présidents des conseils régionaux) de rendre compte aux populations par «un rapport général» de la gestion des collectivités territoriales (Communes et Régions) et statue sur l'exercice, par la tutelle, du contrôle de la gestion des collectivités territoriales (besoin d'évaluation et de suivi);
- La prise en compte de nouveaux outils de suivi et d'évaluation qui facilitent l'évaluabilité des documents de planification: (i) la situation de référence, (ii) la Chaîne de résultats, (iii) la liste minimale d'indicateurs, (iv) le Cadre logique axé sur les résultats, (v) le Cadre de mesure de résultats, (vi) le tableau de bord de pilotage, (vii) le rapport axé sur les résultats et (viii) les fiches descriptives des indicateurs.

Néanmoins, il faut noter que le Niger en 2018 a rédigé sa Politique nationale d'évaluation (PNE) qui s'articule autour de deux axes stratégiques. Il s'agit de l'amélioration du cadre institutionnel, et organisationnel d'une part et du développement des capacités évaluatives des acteurs d'autre part. Cette Politique Nationale d'Evaluation adopte les principes directeurs, les normes et les stands. Aussi, la PNE prévoit-elle la création auprès du département ministériel en charge de l'évaluation, une Agence Nationale de l'Evaluation (ANEV). L'ANEV est responsable de la coordination et du suivi de la mise en œuvre de la PNE. A cet effet, elle est chargée de: valider les projets d'évaluation; Valider les termes de référence; rendre compte des résultats de l'évaluation; concevoir des outils d'évaluation.

En définitif, Les pays affichent des pratiques mixtes dans leurs approches de l'institutionnalisation de l'évaluation, qui peuvent présenter de nombreuses formes et divers niveaux de solidité. Alors que, dans certains pays, l'évaluation des

politiques publiques est encouragée par un cadre politique pangouvernemental, avec une institution centrale dotée de larges responsabilités, dans d'autres pays, l'évaluation ressort de la seule responsabilité des ministères sectoriels concernés. Dans la plupart des pays, l'institutionnalisation de l'évaluation repose sur toute une série d'acteurs, comprenant les centres de gouvernement, le Trésor, les ministères de la Planification ainsi que des agences autonomes, aux mandats et rôles divers. L'institutionnalisation n'est pas une panacée ni une fin en soi dans la mesure où, même si elle est bien développée sur le papier dans certains pays, elle accuse encore un retard dans la pratique.[2]

3.2 ETAT DES LIEUX DU SYSTEME D'EVALUATION DES POLITIQUES PUBLIQUES AU BENIN

L'analyse du système d'évaluation des politiques publiques en République du Bénin révèle des avancées en termes de contenu, de disponibilité de procédures, d'accessibilité des documents de politiques ou de stratégies élaborés et publiés. Toutefois, de façon pratique, il est remarqué une persistance des faiblesses significatives qui appellent à la mise en place d'actions correctives. De différentes investigations menées, il ressort que (i) la pertinence des objectifs au regard des réelles préoccupations des populations n'est souvent pas prouvée; et (ii) quelques ministères souffrent du manque d'objectivité dans l'élaboration des indicateurs. En effet, le diagnostic montre que toutes les dispositions prévues dans la politique nationale d'évaluation et dans le guide méthodologique national d'évaluation ne sont pas respectées. Il est observé des écarts considérables entre ce qui est prévu et ce qui se fait réellement. Ce qui oblige à s'interroger sur la qualité du processus d'évaluation utilisé par l'administration et de l'application du principe de neutralité dans son action. La majeure partie des acteurs enquêtés, soit 83, 17% étaient insatisfaits de la procédure d'évaluation. Ils incriminent surtout l'absence de certains acteurs clés qui devraient avoir un regard beaucoup plus pointu sur les résultats des politiques mises en œuvre. Aussi, est-il dénoncé une phase de questionnement préliminaire non efficace au cours de laquelle sont fixées les questions évaluatives auxquelles l'évaluation devra répondre. Dans la pratique, des doutes subsistent quant à la qualité des questions, leur cohérence avec les cibles. Quelle est donc la bonne question ? A qui est-elle adressée ? Comment est-elle formulée ? Autant de questionnements qui suscitent interrogation et réflexion. De plus, la pertinence et l'efficacité du processus reste fortement discutables. Des contraintes budgétaires réduiraient les marges de manœuvres de l'administration pour l'utilisation des méthodes et techniques modernes d'évaluation.

Fig. 3. Quatre (4) principales catégories d'insuffisances potentielles

Le schéma ci-dessus résume les quatre (4) principales catégories d'insuffisances potentielles relevées dans le système d'évaluation des politiques publiques au Bénin. Il nous plonge cependant dans quelques interrogations pour renforcer cette première dimension du diagnostic.

[2] Comment les gouvernements peuvent-ils mobiliser l'évaluation des politiques pour améliorer une action publique éclairée par les preuves? Éléments clefs d'une étude comparative de l'OCDE 2020

3.2.1 Qui Devrait Évaluer Les Politiques Publiques ?

Au Bénin, ce sont les offreurs, ceux qui sont chargés de la gestion des politiques qui exercent cette prérogative. Aucune institution de contrôle telle que le parlement ou la Cour des comptes n'est véritablement associée. En effet, dans la pratique au Bénin, l'indépendance de l'évaluation n'est pas évidente dans la mesure où les différentes structures évaluatrices dépendent étroitement du pouvoir central, qui joue malheureusement le double rôle de juge et de partie. Les offreurs des politiques publiques qui initient les politiques, les définissent et participent à leur mise en œuvre sont par endroit, ceux qui interviennent encore dans la chaîne d'évaluation des politiques publiques. Mieux, l'Assemblée Nationale et la chambre des comptes restent absentes du processus. Alors que dans la législation française que nous avons héritée, la fonction évaluative est de la prérogative du parlement, de la Cour des comptes et accessoirement de la société civile**.** Il se pose donc au Bénin, un véritable problème de contre-expertise des évaluations. A tout cela, il convient d'ajouter l'absence des bénéficiaires (communautés) qui sont en réalité les principales cibles des politiques. Alors que dans les critères d'évaluation, il est retenu le critère « effet » qui devrait être mesuré par des méthodes économétriques nécessitant des collectes de données auprès des bénéficiaires. Au Bénin, même s'il est remarqué des efforts transformationnels du dispositif à travers de nombreuses réformes structurelles de l'action publique, il reste que de sérieux déterminants entachent la qualité du système.

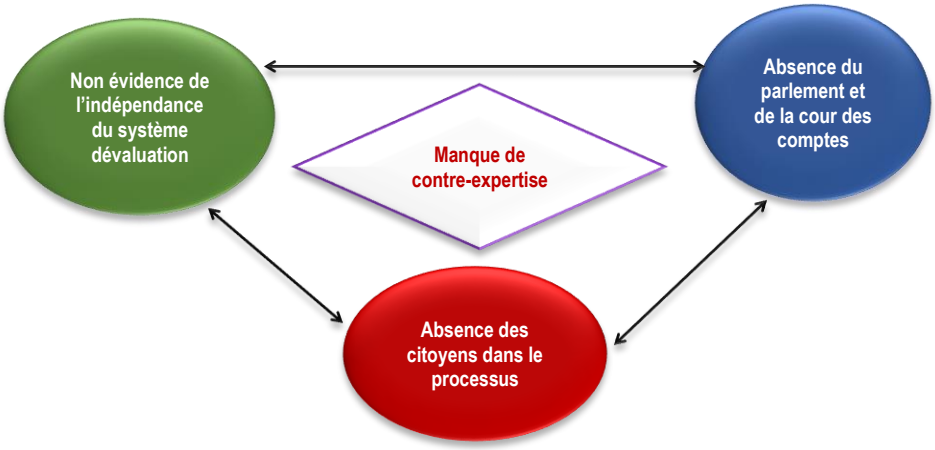


Fig. 4. Acteurs de l'évaluation des politique publiques

3.2.2 Ethique Du Processus D'evaluation: Comment Est-Elle Prise En Compte ?

Derrière les processus d'évaluation, en apparence neutres et objectifs, se cachent de véritables enjeux éthiques., En réalité, la fonction évaluative se confond le plus souvent à l'audit, le contrôle, et ou l'investigation qui peuvent être selon le cas, des fonctions diamétralement opposées. Cette confusion se fait aussi facilement avec l'inspection qui est un examen attentif dans un but de contrôle, de surveillance, de vérification. Dans la plupart des cas, les acteurs de l'évaluation se mettent dans une posture de contrôleur ou d'auditeur créant de façon consciente ou non une atmosphère de suspicion avec comme effet induit, la dégradation de l'environnement de collecte des données. Il est alors possible que ce fait entache la qualité de l'évaluation puisque cela revêt un caractère menaçant ou intimidant. Aussi, semble -t-il important de signaler le style et la forme des questions contenues dans le questionnaire des évaluateurs qui prêtent souvent à confusion du fait qu'elles se mélangent facilement à des questions d'investigation ou d'inspection. Il se dégage donc la question essentielle de l'objectif réel de l'évaluation ou du but ultime recherché par ces différents procédés. Globalement, dans le processus de l'évaluation au Bénin, la question d'éthique est une question épineuse et complexe. Dans la pratique, les évaluateurs se prennent comme des contrôleurs, auditeurs et soumettent les enquêtés à une pression morale dérangeante. Tous les enquêtés regrettent ce comportement des évaluateurs qui pourraient les amener à adopter un comportement défensif, agissant ainsi sur les informations fournies et par ricochet sur la qualité de l'évaluation.

Par ailleurs, il se pose également le problème d'éthique des résultats de développement causé par le mauvais management des rapports d'évaluation. Ainsi, l'absence de suivi rigoureux des rapports d'évaluation pourrait créer le phénomène de passager clandestin amenant ainsi donc le brandissement de certains résultats de développement par certaines structures alors qu'elles ne sont ni initiatrices ni réalisatrices. Elles profitent juste du contenu et des conclusions d'un programme exécuté par un autre partenaire pour divulguer des informations dont elles ne sont pas les auteures originelles. Ce phénomène est

souvent constaté mais ne résulte pas d'une mauvaise volonté mais plutôt d'un mauvais suivi et mangement. En effet, il arrive des cas où deux politiques distinctes pilotées par différentes structures soient exécutées au profit de la même cible. Ainsi, grâce au phénomène d'externalités positives, certains résultats escomptés d'une des politiques peuvent être obtenus indirectement du fait de l'autre politique. Dans ce cas lors de l'évaluation des résultats, ces structures brandissent les résultats issus des externalités comme étant des effets directs de l'évaluation de leur politique et donc les valorisent abusivement au titre de leurs interventions.

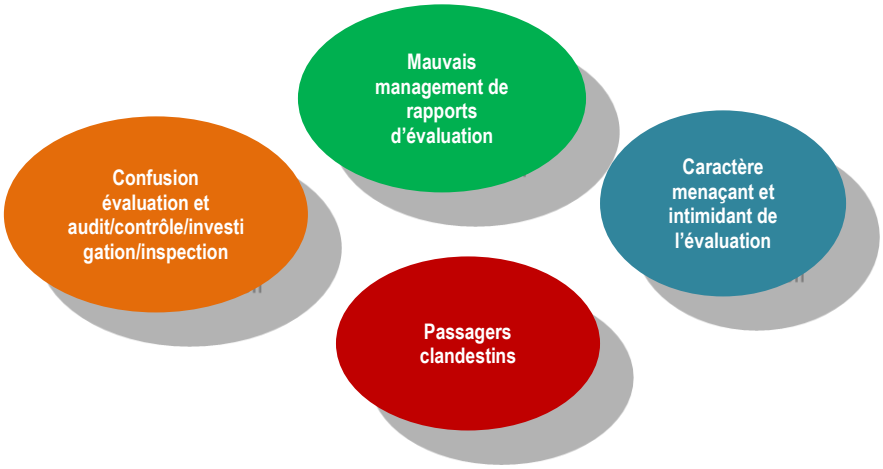


Fig. 5. Effets directs de l'évaluation

3.2.3 DIAGNOSTIC SOUS ALEA: QUEL A ÉTE L'IMPACT DE LA COVID-19 ?

Le diagnostic révèle que le système d'évaluation des politiques a été plus fragilisé à l'avènement de ce choc exogène. D'abord, ce sont tous les pans de l'économie nationale qui ont été impactés. Tous les systèmes politiques, sociaux, économiques et stratégiques ont connu des bouleversements. Les administrations fonctionnaient au ralenti. Selon les données collectées, en présence de la COVID-19, la fréquence des évaluations de politiques et programmes a connu une baisse drastique ou à la limite est restée nulle. Les étapes n'ont plus été suivies comme à l'habitude. Les données ont été difficiles à collecter. Les impacts mesurés sont sujets à des éventuels biais. Les taux d'exécution des programmes sont discutables. Le chronogramme de mise en œuvre des politiques n'est plus respecté et donc les évaluations quasi-inexistantes. Les entretiens ont révélé que la majorité des politiques menées au cours de la crise sanitaire n'ont pas été évaluées. Les évaluations à mi-parcours n'ont pas été faites. Alors qu'en présence d'un tel choc, les besoins des bénéficiaires peuvent connaitre de variations. Les besoins initiaux sur lesquels les projets étaient conçus se retrouvent inadaptés aux nouveaux besoins exprimés par les bénéficiaires suite à la survenance de la crise. De fait, les critères d'évaluation tels que la cohérence, l'efficacité, l'impact, l'utilité des politiques initiales seront caducs. Une évaluation à mi-parcours devrait permettre de faire des réajustements nécessaires. En effet, la survenance de la crise n'a pas favorisé la collecte de données qui en situation normale était déjà difficile. La crédibilité, la collecte et la disponibilité des données étant déjà remise en cause en absence d'aléa, la survenue du choc n'a fait qu'empirer la situation.

En réalité, si les critiques semblent justifiées, une évaluation des politiques menées demeure un exercice plus complexe qu'il n'y parait. Plusieurs caractéristiques rendent cette évaluation périlleuse et incitent à plus de nuance dans la critique du bilan à formuler. Il est donc normal de constater la dégradation de ce système d'évaluation avec les effets pervers de la COVID-19. Selon les informations recueillies près des cadres au niveau de diverses administrations, la crise sanitaire aurait créé un bouleversement du calendrier de mise en œuvre des actions d'évaluation des politiques publiques. A cet effet, elle n'aurait pas permis d'émettre des avis objectifs sur les différentes politiques publiques en cours de mise en œuvre au niveau central et dans les différents ministères sectoriels. Par ailleurs, cette même situation a ébranlé le processus d'élaboration des rapports de performance qui résultent des plans annuels de performance (PAP). Si la crise sanitaire a rendu difficile ou carrément inexistante la collecte des données, les indicateurs ne peuvent malheureusement être renseignés de façon objective. Ainsi les rapports de performance ne peuvent être rédigés convenablement. De fait, il serait compliqué voire impossible de pouvoir évaluer les performances des services publics et par ricochet des actions de l'Etat. Cette évaluation risque de subir le sort d'une évaluation affabulatrice qui résulterait simplement d'un pur produit de l'imagination. Cette analyse plurielle de la situation permet de noter que la COVID-19 a participé à la fragilisation du système d'évaluation des politiques publiques au Bénin qui

déjà antérieurement était fébrile. Aussi, faut-il préciser qu'en période post-covid, ces difficultés observées lors de la crise ont perduré et n'ont commencé à s'estomper peu à peu que dans la seconde moitié de l'année 2021 grâce aux efforts fournis par l'ensemble des acteurs et des citoyens.

3.2.4 POLITIQUES À METTRE EN PLACE POUR AMELIORER LE DISPOSITIF DU SYSTEME D'EVALUATION

L'élaboration des bonnes politiques pour le bien-être des populations à la base reste tributaire de la qualité du diagnostic mais aussi de l'existence d'un bon dispositif d'évaluation des politiques publiques. L'analyse de la situation actuelle révèle que d'énormes défis restent à relever par le Bénin malgré l'élaboration de plusieurs documents de stratégies qui peinent à être mises en œuvre pour un système d'évaluation efficace. La présente étude propose des mesures nouvelles pour renforcer le système d'évaluation et la participation du public à l'efficacité et l'efficience dans la mise en œuvre des politiques publiques. Entre autres, il pourra être question de (d'):

- améliorer le système national de suivi-évaluation;
- mettre en œuvre un plan d'actions de l'évaluation et le renforcement de la coopération internationale;
- développer l'indépendance des processus évaluatifs par rapport aux structures de mise en œuvre des politiques publiques;
- faire de l'institutionnalisation de la fonction évaluative une priorité;
- inscrire l'exigence d'évaluation dans les constitutions;
- identifier des acteurs pour promouvoir une culture d'évaluation fondée sur la redevabilité et la transparence;
- mettre en œuvre des formations aux différents niveaux de l'administration et des partenaires;
- renforcer la responsabilité du Parlement afin qu'elle dépasse la mise à jour du cadre législatif, pour prendre la forme d'une participation à une plateforme collaborative entre les différents acteurs;
- mieux impliquer les autres institutions de contrôle dans la mission évaluative;
- mettre en place un Conseil Scientifique de l'Evaluation et un Fonds de Développement de l'Evaluation pour accompagner les structures sectorielles qui seront créées dans le cadre de l'Institutionnalisation.

De toute évidence, l'ensemble de ce dispositif peut être opérationnel avec des mesures d'accompagnement orientées par des axes stratégiques définis en cohérence avec les objectifs liés aux nouveaux défis de l'évaluation de l'action publique: mobiliser les savoirs face à l'incertitude, favoriser l'adhésion des citoyens, affronter l'enjeu de la soutenabilité de politiques publiques aux interactions complexes dans un contexte mondialisé.

Ces axes stratégiques et mesures se résument par le schéma suivant:

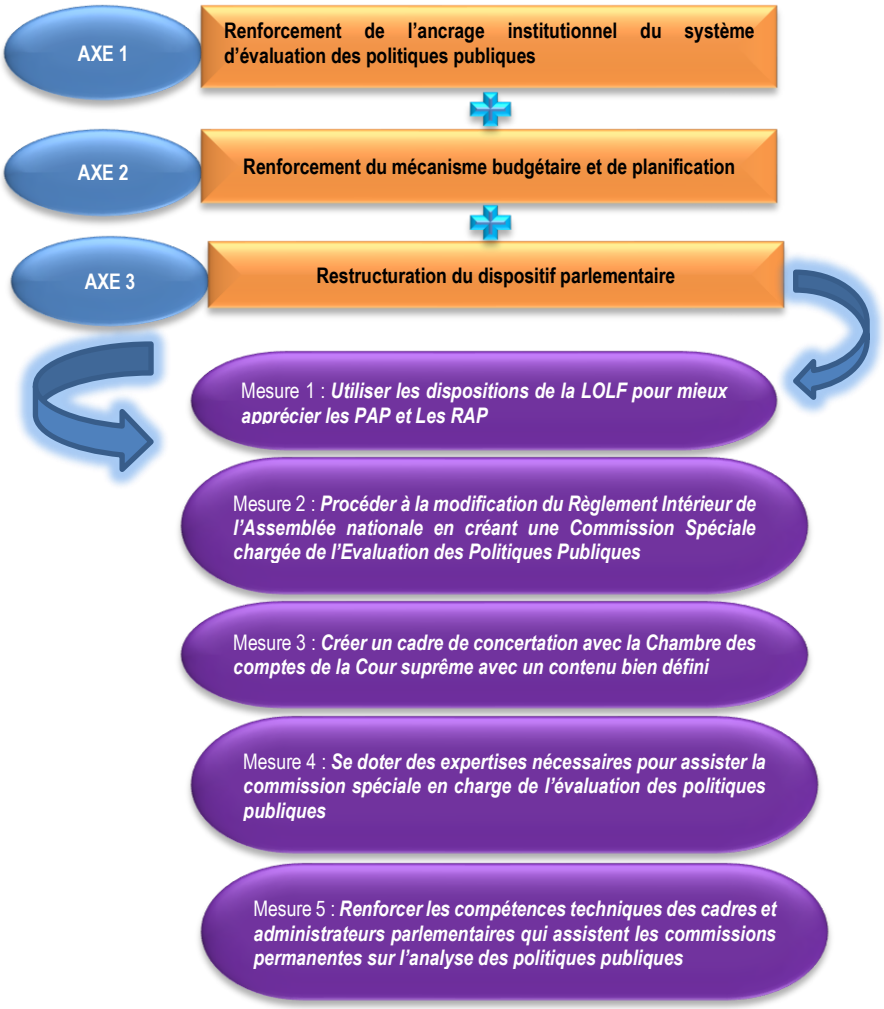


Fig. 6. Axes stratégiques et mesures en évaluation des politiques publiques

3.2.5 AUTRES PISTES EXPLOITABLES POUR AMELIORER LE SYSTEME DE L'EVALUATION DES POLITIQUES PUBLIQUES AU BENIN

En ce qui concerne les pistes proposées, elles sont récapitulées sur le schéma suivant:

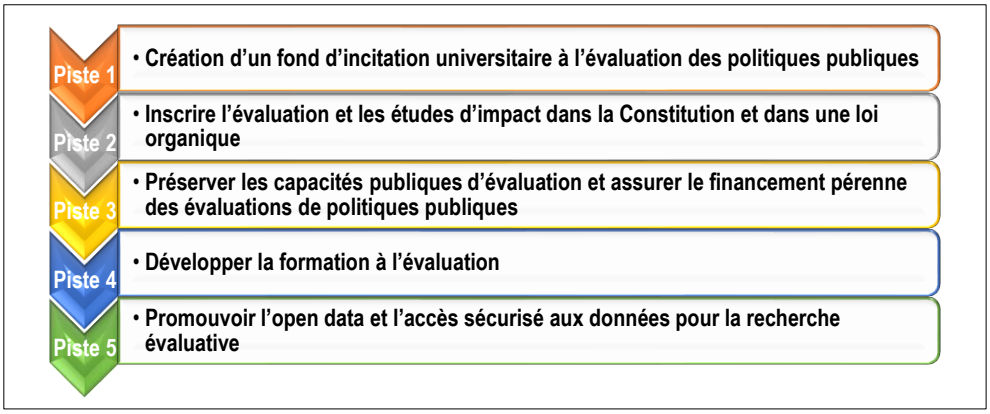


Fig. 7. Résumé des pistes complémentaires exploitables

3.2.6 INTERETS DES NOUVEAUX CONCEPTS OU POLITIQUES POUR LA SCIENCE ET LE DEVELOPPEMENT DURABLE

De nombreuses propositions faites dans le cadre de la présente étude se démarquent de façon évidente des concepts classiques et renvoient à toute une autre dimension de l'évaluation des politiques publiques. Elles innovent en mettant en cause l'existant et se proposent de l'améliorer en augmentant sa performance par d'autres procédés et mécanismes innovants. Déjà, le simple contexte de la GAR, exige une réorientation stratégique de la fonction évaluative en mettant en lien étroit les hypothèses critiques et les résultats obtenus par une analyse multidimensionnelle de ses composantes. Il est question de réaliser un état de rapprochement entre les objectifs initiaux, les hypothèses émises, les résultats d'impacts attendus et les résultats effectivement obtenus. D'un autre côté, les propositions innovantes impliquent une prise en compte plus profonde de nombreux paramètres de mesure de l'efficacité de l'évaluation des politiques publiques même si on admet que l'influence réelle de l'évaluation sur la décision publique est difficile à mesurer. En effet, il n'existe pas de mécanisme automatique liant évaluation et prise de décision, les choix politiques des décideurs entrant souvent en jeu. Par conséquent, l'évaluation n'aurait pas pour fonction première de générer par elle-même du changement, mais elle assurerait plutôt un rôle de médiation, de facilitation mais aussi de « *passeur* » quant à la production d'un changement à venir (Matyjasik, 2005). Aussi, prépare-t-elle essentiellement les conditions au changement en opérant un travail de sensibilisation, mais aussi de réflexion auprès des acteurs concernés (principalement administratifs) en leur permettant d'intégrer de nouveaux paradigmes véhiculés par le mécanisme évaluatif. Concrètement, l'ensemble des mécanismes proposés ici, consistera à porter un jugement de valeur sur l'action publique, et à étayer ce jugement à partir de preuves et grâce à un dispositif solide, souple et applicable. De même, les délais pour réaliser une évaluation rigoureuse peuvent tomber en décalage avec l'urgence de l'action politique. La complexité des approches scientifiques et l'indisponibilité des données peuvent aussi compliquer l'utilisation des évaluations par les décideurs et par la société civile. Evidemment, il sera avantageux d'adopter de bonnes pratiques et un bon système. Ces bonnes pratiques visent essentiellement à mieux articuler la demande et la production d'évaluation d'impact; à définir un cadre commun garantissant l'indépendance, la crédibilité et la transparence des évaluations; à rendre les travaux d'évaluation plus facilement mobilisables. Ainsi, les différents mécanismes proposés ici vont dans ce sens et renforcent le dispositif de l'évaluation des politiques publique au Bénin à travers notamment:

- La constitutionnalisation de l'évaluation des politiques publiques;
- La restructuration du dispositif parlementaire d'évaluation des politiques;
- Le renforcement de la place de la cour des comptes dans le dispositif d'évaluation;
- Le renforcement de l'encrage institutionnel de l'évaluation;
- Le renforcement du mécanisme budgétaire et de planification;
- Le développement d'une expertise universitaire complémentaire à la procédure;
- La mise en place d'un cadre d'accès aux données sécurisées.

L'ensemble de ces propositions de politiques de renforcement du système national d'évaluation se distingue du fait qu'elles renvoient en réalité à une refonte déguisée de tout le dispositif existant afin de reprendre sur une base plus solide. Le dispositif existant n'étant pas contraignant, on assistait à des évaluations opportunes quasi inexistantes ou désinvoltes ne favorisant pas l'appréciation scientifique des politiques et programme de l'Etat. Il était difficile d'obtenir une véritable mesure de l'impact des politiques sur la réduction de la pauvreté, des inégalités et sur les indicateurs du développement à la base. Aussi, l'apport des universitaires n'était-il pas présent dans la forme classique de cette exigence de gestion. Les propositions effectuées dans cette étude se basant sur des analyses bien fournies et triangulées, et sur les expériences de plusieurs pays, elles ont le mérite d'orienter le Bénin vers la bascule totale de son système d'évaluation et constituent un apport scientifique certain à la recherche appliquée au développement. Cette étude accompagne les réformes en cours dans les secteurs socio-économiques, politiques et institutionnels pour placer la fonction évaluative des politiques publiques au cœur du jeu démocratique non pas seulement comme outil d'aide à la décision publique mais surtout comme baromètre de l'ensemble des actions de développement. Le présent travail a donc un double aspect et touche plusieurs disciplines allant des sciences sociales vers les sciences exactes. Il ouvre des pistes d'explorations scientifiques sur plusieurs aspects. Dans cette perspective, d'autres ouvertures en science politique, sociologique, etc. peuvent être envisagées par d'autres travaux, enrichissant ainsi la littérature et contribuant ainsi de façon substantive à la recherche au développement du Bénin.

3.2.7 INTERETS DES NOUVEAUX CONCEPTS POUR L'EVOLUTION DE LA FONCTION ÉVALUATIVE DANS LE CONTEXTE POST-COVID-19

La crise sanitaire du COVID-19, par son ampleur et ses conséquences économiques, sociales et géopolitiques, éclaire d'un jour nouveau la place de l'expertise dans la décision publique. A ce titre, elle amène à s'interroger sur les mécanismes et les déterminants qui fondent la légitimité et le bien-fondé des décisions, garantissent leur efficacité et assurent leur acceptabilité

par les citoyens. Plus largement, elle semble avoir ouvert ou plutôt renforcé une réflexion critique sur nos modes de vie et notre relation au monde. Ces questions sont précisément celles qui fondent les problématiques de l'évaluation des politiques publiques, qui a pour fonction de mobiliser une expertise pluridisciplinaire et des méthodologies adaptées pour éclairer l'action publique, améliorer son fonctionnement et alimenter le débat public.[3]

Les propositions faites par la présente étude exigent que la fonction évaluative s'adapte au contexte nouveau de changement de paradigme économique qui se veut transformationnel et qui cherche à créer un autre visage de l'économie de tous les pays. Cette dynamique qui fait migrer l'économie brune en économie verte impose d'autres approches d'évaluation de politiques publiques plus orientées vers les cibles. La plus grande interaction entre les mécanismes novateurs du dispositif d'évaluation des politiques publiques et les populations bénéficiaires est largement mise en évidence à travers les différentes mesures envisagées par cette étude. De toute évidence, la crise sanitaire repose ainsi sur la question du niveau territorial pertinent de l'action publique, et interroge les rapports entre l'Etat central, lieu privilégié de l'expertise, et les entités territoriales, auxquelles sont dévolus, avec un degré variable d'autonomie, les pouvoirs d'adaptation aux réalités locales et de mise en œuvre opérationnelle. Une problématique qui, tout en restant pertinente, ne peut plus s'abstraire de la dimension africaine, et d'un contexte mondialisé. Il pourrait en résulter une distance importante entre les approches proposées et celles antérieurement utilisées qui n'étaient pas du tout inscrites dans la dynamique évolutive rattachée à la situation de crise.

Enfin, les mesures innovantes proposées s'éloignent des anciennes parce qu'elles permettent de réfléchir à la prochaine phase du redressement ainsi qu'au rôle d'une action publique forte pour stimuler la demande, assurer des revenus de remplacement et promouvoir de nouveaux investissements. Ces différentes options pourraient servir de base pour les choix opérés par le gouvernement béninois pour redémarrer son économie, et notamment la recherche de co-bénéfices sociaux, économiques et environnementaux de long terme dans le cadre de ses investissements structurants de relance économique post COVID-19. La présente étude permet donc d'examiner les opportunités et défis dans la trajectoire du Bénin vers un développement inclusif, durable et résilient, prenant comme référentiel les Objectifs du développement durable (ODD) et le nouveau modèle de développement socio-économique.

4 CONCLUSION

L'évaluation est devenue une pratique nécessaire à l'optimisation de l'action publique répondant ainsi au besoin croissant de rationaliser l'action publique, compte tenu des contraintes qui s'exercent sur elle. La diversité de la demande sociale (pouvoir d'achat, sécurité, services publics etc.) et des objectifs politiques (économiques, sociaux, environnementaux) qui entrent parfois en conflit, la situation économique difficile pour l'État et la crise de confiance entre le peuple et ses dirigeants, sont autant de facteurs qui fondent l'exercice de cette prérogative. Même si, cet exercice semble complexe par ses objectifs, sa méthode et les outils de sa réalisation, il reste l'ultime outil de mesure véritable de l'efficacité de l'action publique. Même insuffisamment menée, l'analyse du système d'évaluation des politiques en République du Bénin laisse apparaitre des avancées en termes de contenu, de disponibilité, d'accessibilité des documents de politiques et stratégies élaborés et publiés. De nombreux efforts sont consentis pour une amélioration de la qualité de cette évaluation. Toutefois, dans la pratique, certaines faiblesses persistent et appellent à la mise en place d'actions correctives. C'est dire que la consolidation des acquis demeure un défi, de même que l'introduction dans le processus d'évaluation de nouvelles innovations susceptibles de favoriser une meilleure qualification des pratiques du Bénin en termes d'évaluation et de la gestion des politiques publiques. A ce titre, le respect et le suivi de la mise en œuvre des recommandations proposées ici, devront permettre d'accélérer la correction des insuffisances et aboutiraient à la consolidation voire l'amélioration substantielle des résultats obtenus en matière d'évaluation. En d'autres termes, remédier à ces insuffisances pourrait permettre l'amélioration du système d'évaluation, la participation et l'imputabilité, ainsi qu'une meilleure et rapide appropriation de la gouvernance et de la responsabilisation accrue au service du développement.

[3] Lamarque Daniele, Société européenne d'évaluation-Séminaire « Soutenabilités » Contribution - Covid-19 : pour un « après » soutenable

REFERENCES

[1] Adjengue, L. (2014). *Méthodes statistiques: concepts, applications et exercices*. Presses Internationales Polytechnique, 530 p.

[2] AFRISTAT (2014). Guide pour le suivi et évaluation axés sur les résultats des stratégies nationales de développement de la statistique. Série Etudes N° 10.

[3] Alain M. et Danny, D. (2009). *Elaborer et évaluer les programmes d'intervention psychosociale,* Presses de l'Université du Québec, 28 p.

[4] Alkin, C. M. (2004). Evaluation roots: Tracing theorists' views and Influences, Thousand Oaks, Calif. Sage publications, 424p.

[5] Antonin, N. (2010). Le Parlement et l'évaluation des politiques publiques, ANDESE.

[6] Arbour, G. (2012). *Principes, processus et méthodes d'évaluation des programmes publics,* Notes de cours, Automne 2012, Modules 1 à 10, Québec, Centre de Recherche et d'Expertise en Évaluation, ÉNAP.

[7] Arnauld, B. (2000). Associé, EY Consulting, Responsable mondial des activités de conseil au secteur public, France. (Novembre 2020).

[8] BEPP, PNUD (2012). Politique nationale d'évaluation (2012 – 2021).

[9] Ecole Nationale d'Administration de Paris, Centre de documentation, (2018). *Evaluation des Politiques Publiques*.

[10] Deleuze, G. (1962). *Nietzsche et la philosophie,* PUF, 1ére édition 1962, p. 1.

[11] Guide méthodologique d'élaboration des politiques sectorielles (2003).

[12] Guide pour le suivi et l'évaluation de projets/ programmes, (2011). *Croix-Rouge*. Genève.

[13] de Padirac, H. (2018). Le parlement français et l'Evaluation, une institutionnalisation impossible ? Sciences Po, LIEPP.

[14] Ministère du plan et du développement (2020). Guide méthodologique d'élaboration des politiques et stratégies.

[15] Matyjasik, N. (2005). Propos réflexifs sur l'évaluation des politiques publiques comme vecteur de changement dans l'administration. p. 126-138.

[16] République du Benin. Rapport général de la première, deuxième, troisième, quatrième et cinquième édition des journées béninoises de l'évaluation.

[17] UNDP (2014). Solutions related to challenges of independence, credibility and use of evaluation.

[18] Scriven (1991), cité dans Introduction: évaluer en fonction de quelles valeurs ? Par Thomas Delahais, Agathe Devaux-Spatarakis, Anne Revillard et Valéry Ridde.

[19] Décret du 18 novembre 1998 créant le Conseil national de l'évaluation en France.

[20] Legendre, A-L. et Remvikos, Y. (2018). Evaluation des impacts sur la santé: d'une évaluation de l'évaluation à l'ouverture d'une discussion sur les impensés de la démarche. *Dans Environnement, Risques & Santé* 2018/5 (Vol. 17), pages 505 à 516.

[21] Thoenig, J-C. (2014). *Dictionnaire des politiques publiques,* 4e édition, Presses de Sciences Po.

[22] Charte de la Société Française d'Evaluation (SFE) (2019). Citée par Annie Fouquet dans L'Évaluation des politiques publiques. Concepts et enjeux sur la page de l'Institut de la gestion publique et du développement économique. France.

[23] Desplatz, R. (2019). *L'évaluation des politiques publiques aux États-Unis,* France stratégie-Document de travail n° 2019-12.

[24] Vie Publique au cœur du Débat public (2019). L'évaluation des politiques publiques: un instrument au service de la réforme de l'Etat, France 2019.

[25] Lanson, C. (2014). L'évaluation progresse en Afrique francophone.

[26] MEF (2016). Etude diagnostique des capacités nationales en évaluation au Niger.

[27] OCDE (2020). Comment les gouvernements peuvent-ils mobiliser l'évaluation des politiques pour améliorer une action publique éclairée par les preuves ?.

[28] de Padirac, H. (2018). Le parlement français et l'Evaluation, une institutionnalisation impossible ? Sciences Po, LIEPP, n°80, octobre 2018.

[29] Matyjasik, N. (2005). Propos réflexifs sur l'évaluation des politiques publiques comme vecteur de changement dans l'administration, p.126-138.

[30] Lamarque D., Société européenne d'évaluation-Séminaire « Soutenabilités » Contribution - Covid-19: pour un « après » soutenable.

International Journal of Innovation and Applied Studies
ISSN 2028-9324 Vol. 43 No. 4 Oct. 2024, pp. 1165-1176
© 2024 Innovative Space of Scientific Research Journals
http://www.ijias.issr-journals.org/

Using artificial intelligence to improve Beninese ESP advanced learners' communication skills in Institut de Formation et de Recherche en Informatique (IFRI) and Haute Ecole de Commerce et de Management (HECM) in Benin Republic

Sourou Corneille Teba

Doctor in English Didactics, CAMES Universities Lecturer, Faculty of Arts, and Humanities, English Department, Adarra Campus, University of Abomey-Calavi, Benin

Copyright © 2024 ISSR Journals. This is an open access article distributed under the ***Creative Commons Attribution License***, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

ABSTRACT: This paper explores the use of artificial intelligence (AI) to enhance the communication skills of advanced learners in English for Specific Purposes (ESP). The impact of integrating AI technology on ESP learners' communication skills is examined. A mixed and quasi-experimental methodology was employed, involving data collection from teachers and learners through classroom observation, interviews, and questionnaires. These were addressed to three (03) ESP teachers and three hundred (300) learners at HECM and IFRI. The experimental process involved an experimental group (EG) that used AI tools for three months, and a control group (CG) that did not. The collected data was analyzed using a one-way ANOVA test in SPSS 26. The results showed a statistical significant improvement in the oral communication skills of ESP learners who used AI tools. This study suggests that integrating AI technology into the curriculum can enhance learners' communication skills.

KEYWORDS: Artificial Intelligence, communication skills, ESP, advanced learners.

1 INTRODUCTION

The 21st century is marked by a rapid surge in technological advancements that are shaping society at large. This exponential growth in technology has led to an increasing reliance on digital platforms, which now occupy a significant place in today's tool market. The evolution of technology enables adaptation to the current job market, which demands innovative solutions that cater to the needs of a digitally-driven world. Furthermore, learners' interest in technology prompts them to spend more time connected to digital tools. Many are adept at using technology to communicate, conduct research, and even play games. They find it easier to learn through technology tools, leveraging their critical thinking, creativity, communication, connectivity, and collaboration skills. These skills are the pivotal pillars shaping the design and functionality of today's tools, enabling seamless connectivity, personalized experiences, effective communication channels, and collaborative capabilities, all of which are quintessential for success in an interconnected global environment.

In Benin, the education system, particularly in ESP classes, is failing and deemed inappropriate as it does not facilitate learning from home. This approach often struggles to adapt to contemporary education, failing to incorporate modern pedagogical techniques and technological advancements. Limited resources, non-existent curricula, and large class sizes pose significant challenges, hindering personalized learning experiences and learner engagement. The inadequacy and ineffectiveness of the traditional teaching approach result in a lack of interest and motivation among learners, as the current education system is no longer aligned with their needs and interests.

Since the advent of technology, it's important to note that learners, being accustomed to new technology tools, find it easier to learn the English language with virtual coaches. These artificial intelligence tools are efficient, unbiased, and tireless, and they facilitate learning through games. Similarly, some teachers use technology tools to better plan lessons and find suitable exercises for their learners. The integration of technology in education refers to the use of machines to enhance students' learning experiences. The use of diverse technology tools in the classroom, including a virtual classroom, creates

Corresponding Author: Sourou Corneille Teba

active and engaged learners with clear learning objectives. Technology integration into education is a multi-layered endeavor that requires a series of strategic assessments and planning.

Therefore, any effective teaching approach should consider the current nature of today's learners and their needs. If this issue is not addressed in the coming years, the Beninese educational system will struggle to adapt to the job market. Ultimately, incorporating technology, especially AI-based tools, in a manner that is effective and easy to use, can enable learners to communicate better in English. The significance of this study lies in the potential benefits of using artificial intelligence technologies in English language teaching and learning in Beninese ESP advanced classes and similar contexts.

Artificial intelligence can be very helpful in teaching English language to the ESP learners. The main purpose of the study is to explore the benefits of using AI in language teaching and learning for improvement of the communication skills of Beninese ESP advanced learners. Then, the specific purposes of the study are:

- identify oral communication skills development challenges in Beninese ESP classes;
- expose AI-based language learning contributions to ESP advanced learners' communication skills;
- examine and provide suggestions for effectively incorporating adequate AI technologies in Beninese ESP classrooms.

The following research questions have guided the development of this research work:

1. What challenges do Beninese ESP learners encounter in developing communication skills?
2. What contributions do AI-based language learning apps make to the communication skills of ESP advanced learners?
3. How can AI technology be implemented in ESP teaching and learning to improve advanced learners' communication skills?

These questions aim to explore the intersection of technology and language learning, with a specific focus on the role of AI in enhancing communication skills. They provide a structured approach to investigating the potential benefits and challenges of integrating AI into ESP teaching and learning.

2 THEORETICAL KEYSTONES

2.1 ORAL COMMUNICATION CHALLENGES IN 21ST CENTURY

In the 21st century, the language classroom goes beyond teaching and learning language skills and particularly language such as grammar and vocabulary. According to the National Education Association (2015), in today's world, basic skills are not sufficient; learners must also develop into adept critical thinkers, proficient communicators, innovative individuals and effective collaborators. Then, to reach the purpose and overcome the challenges of the new age, the learners must master not only language skills but also their critical thinking, collaboration, communication and creativity. Communication is important for the improvement of the learner's language learning process. The main goal of teaching and learning language is to allow learners to communicate easily. According to the Partnership for 21st Century Learning (2019), communication involves the ability to articulate thoughts and ideas effectively using oral, written, and nonverbal communication skills in a variety of forms and contexts, to listen effectively to decipher meaning, including knowledge, values, attitudes, and intentions, to use communication for a range of purposes (e.g. to inform, instruct, motivate, and persuade), to utilize multiple media and technologies, and know how to judge their effectiveness a priority as well as assess their impact and to communicate effectively in diverse environments (including multi-lingual).

However, effective communication faces a myriad of challenges from technological advancements and globalization to cultural diversity. Moreover, this rise of technology also favors remote work to learners. Additionally, the global interconnectedness introduces linguistic and cultural differences demanding heightened sensitivity and adaptability to improve oral communication skills. Overcoming these challenges requires cultivating adaptable communication skills that embrace technology, intercultural competence and the ability to convey messages seamlessly across various contexts and platforms.

2.2 COMMUNICATION SKILLS AND COMPUTER ASSISTED LANGUAGE LEARNING (CALL)

Communication is a process of exchanging thoughts, information, emotions through speech, signal and writing. Communication skills encompass the ability to solve problems or perceive the information comprising listening, speaking, reading and writing. Each type of communication skills is compulsory for enhancing communicative competence. Productive skills such as speaking and writing skills are used to find solutions in various domains. Speaking involves the transmission of message verbally through face-to-face conversations, telephone calls, online voice communication, television, radio and

meeting. It aims to enhance fluency in English, addressing issues like pronunciation and vocabulary. Similarly, writing aids in resolving grammar and vocabulary problems, involving the transfer of message via written signs and symbols in communication through web sites, letters and other forms of communication. Moreover, written message influences learners' English vocabulary, grammar and writing style.

Accordingly, Mc Connell (2003), receptive skills are behaviour other than speaking and writing skills and then include the gestures, facial expressions. The listening and reading skills are the different receptive skills. Their purpose is to receive the information. Listening involves understanding the message conveyed in the sounds that the learners hear and answering to it. The good listening skill is then the ability to actively receive, interpret and understand spoken auditory information effectively. Thus, the major components of listening skill are attention and reflection. Reading skill refers to the ability and technique to understand and interpret effectively the written texts by learners. It enables to comprehend written texts, to access a vast array of information and enhance the learners' knowledge. On the other hand, communication skills are not sufficient for the development of communicative competence but technology also plays a vital role in the improvement of language learning. The use of computer media in education has more advantages as dissemination and storage the information in English language learning.

In the last decades, the rise of technology favors the learners' interest for language learning through the use of technology-based tool (machines, computers, connected devices...) and internet to enhance their language learning and personalize learning experience. Nachoua (2012) "*One pedagogy which interests many researchers is computer-assisted language learning (CALL).*" Computer assisted language learning (CALL) stands as a crucial tool and techniques with a substantial influence on learners' language learning proficiency (Hashemifardnia, A., Shafiee, S., Esfahani, F. R., & Sepehri, M, 2021). Computer assisted language learning (CALL) is then a tool to improve learners' communication skills like listening, reading, speaking and writing in language education. Furthermore, perceived as an approach to language teaching and learning, CALL relies on computers as an aid to the presentation, reinforcement and assessment of material to be learned, usually including a substantial interactive element (Davis, 2002). Computer Assisted Language Learning (CALL) is a teaching and learning approach that uses computer and computerbased resources including the internet to present, reinforce and assess specific educational content. According to Hubbard (2009: 3)

Collectively, CALL theory is the set of perspectives, models, frameworks and specific theories that offer generalizations to account for phenomena related to the use of computers and the pursuit of language learning objectives, to ground relevant research agendas and to inform effective CALL design and practice... a CALL theory is a set of claims about the meaningful elements and processes within some domain of CALL, their interrelationships and the impact that they have on language learning development and outcomes.

One of the advantages of CALL is its ability to provide personalized learning experiences. Additionally, it enhances learners' creativity and productivity while effectively accommodating individual variations in learning. Thus, the field development process in technology education involves translating design specifications into a tangible physical form, including:

- printing technology;
- audio-visual technology;
- computer-based technology;

Integrated technology CALL has been employed in the field of language acquisition for various objectives such as using Computer-Assisted Language Learning (CALL) to develop the EFL learners' communication skills particularly those who are non-native

2.3 ARTIFICIAL INTELLIGENCE AND ENGLISH FOR SPECIFIC PURPOSE

In educational system, especially in teaching learning language in English for specific purpose classes, teachers use the software facility of application to implement English learning process. Thus, AI application is used to help learners improve their English language skills. Vasiljeva et al (2021) define artificial intelligence as a *"simulation of human intelligence on machine programmed to think like a human and imitate its actions"*. Through AI application, learners can focus on grammar, vocabulary, sentences construction and receive feedback on their mistakes, as emphasized by Mozgovoy (2011) who highlights the significance of grammar examination in language learning and text writing. This AI-driven feedback motivates learners by correcting their errors and contributes to their language learning activities.

Furthermore, AI applications and tools play a pivotal role in improving ESP learners' language skills. Schmidt and Straser (2022) suggested general AI concepts in AI-powered language learning.

a) Natural Language Processing (NLP) Natural language processing is a domain that generally combines AI and linguistics and is concerned with the automated processing of human language. For Meurers (2012: 817), NLP can be viewed as the applied aspect of computational linguistics, which is an interdisciplinary field focused on formal analysis and modeling of language. This field applies its findings at the intersection of linguistics, computer science and psychology.

b) Machine Learning (ML) A subfield of AI, machine learning is focused on development of algorithms and models that enable computers to learn from data and make predictions or decisions without explicit programming. According to Alpaydin (2014: 3), ML "*helps us find solutions to many problems in vision, speech, recognition and robotics"*. Furthermore, it includes using of statistical techniques to enable computers to improve their performance on a specific task through experience or data, often categorized into supervision and reinforcement learning. In education, the data used is personal data which demands levels of data privacy and data security.

c) Deep Learning (DL) One of AI type, deep learning uses artificial neural networks for extensive data sets learning. It based on vision categories and NLP purposes. AI powered systems can be used as a guide and a controller of language learning and then facilitate language skills development of learners. In this part of the study, foreign learners have the opportunity to discuss with native speakers to foster their language. In this order, Sharma (2021) suggest that AI technologies provide the helping in learning teaching English in ESP classes.

d) Machine Translation (MT) A process of computer software used to translate text or speech from one language to another, machine translation is tools for limited language learning purposes. AI technologies improve then the quality of translation. There are more machine translation services such as Google translator, translator Online, Foreign World and other services in web.

e) AI Writing Assistants AI writing assistants are AI systems that use natural language process and machine learning to assist users in various steps of the written content. These assistants aim for correcting grammatical errors, providing recommendations and different resources to the good achievement of written text. It makes easy the learner's self-regulation and autonomy.

f) Chatting Robots (Chatbots) Chatbots are communicative gadgets which is an example of humanmachine interaction which are frequently used in marketing communication. Chatbots provide customized answers in response to learners' questions by messages or conversation, improve their performance. In this result, Fryer and Carpenter (2006) showed that the majority of learners liked using chatbots and then discuss easily and comfortably with the robots than a partner or teacher or guide. Chatting robots is a motivation for learning English language. During their investigation, Jia and Chen (2008) found that chatbots could be a motivation field to English language learning. Likewise, Lotze (2018) argued that chat AI systems should respond some key criteria in sight of serving as substitutes for a real-life language teacher.

2.4 ARTIFICIAL INTELLIGENCE (AI) AND COMMUNICATIVE LANGUAGE TEACHING (CLT)

The Artificial Intelligence is machine with human-like abilities. The Council of Europe (2021) defines artificial intelligence as a set of sciences, theories and techniques whose purpose is to reproduce the cognitive abilities of a human being. Current developments in AI aim, for instance at providing the ability to entrust a machine with complex tasks previously delegated to human. Artificial Intelligence (AI) is also the digital ability or computer-controlled robot's ability to execute tasks commonly associated with intelligent beings. Typical applications include game playing, language translation, expert systems and robotics. According to UNICEF and OECD (2021: 16):

AI encompasses systems driven by machines that, based on objectives set by humans, can forecast, suggest, or decide on actions impacting both real and virtual settings. These AI systems engage with and affect our surroundings, sometimes seeming to function independently. They are capable of modifying their behavior by understanding and learning from their environment.

AI is one of the main ways to language teaching improvement. The enhancement of communicative aspects is important in the use of AI technology. Thus, communicative language teaching refers to a communicative approach which requires the improvement of the communicative aspects. Furthermore, Harmer (2007: 69) defines Communicative Language Teaching (CLT) as the meaning and the way in which communication, task and the meaningfulness principles can be applied. The CLT is important for improvement of the learners' communication and interaction skills. This approach allows the effectiveness of the learners' communication in real-life situations through student-to-student interaction and student-to-teacher interaction. The communicative approach employs tools and technology to facilitate personalised learning experience. Richards suggests that CLT can be understood as a set of principles about the goals of language, the kind of classroom activities that best facilitate learning and the roles of teachers and learners in the classroom (Richards, 2010: 21).

In summary, artificial intelligence could play role in the enhancement of communicative language learning by providing personalized, immersive and effective experiences through immediate feedback and progress tracking

2.5 THEORETICAL FRAMEWORK FOR THE IMPLEMENTATION OF AI TECHNOLOGIES IN ESP CLASSES

Communication is a process of exchanging information, ideas between people. Communicative language teaching is a set of principles about methods and techniques of English language learning. In the Dictionary of language Teaching and Applied Linguistics, according to Richards et al (1992: 65), communicative language teaching is defined as *"an approach to foreign or second language teaching which emphasises that the goal of language learning is communicative competence"*. The main goal of communicative language teaching is the communicative competence improvement. Indeed, according to Haider and Chowdhry (2012), based on the communicative patterns actually produced by learners through the use of software or other electronic materials, today's learners are capable of reaching higher language proficiency.

Delving into a world where language mastery is of prior importance, it is necessary to explore CALL, an acronym that has revolutionized the way language teaching and learning occurs. Computer Assisted language learning (CALL) involves the learning enhancement by the use of computer programs. In ESP classes, the use of computer and technological gadgets are becoming frequent. CALL proposes many ways of English language learning comfortably by use of online activities (games, texts, films, songs, etc...) and improves the learners' communicative skills. Then, Tiwari, Khandelwal & Roy (2008) argued that CALL can contribute in majority the improvement of four critical skills in language learning: listening, speaking, reading and writing. One of the most important type of CALL is Integrative computer assisted language learning (ICALL). According to Norazmi (2020) ICALL get a fundamental role in language teaching and learning of foreign language. The use of multimedia technology is the one of the special parts of ICALL. Norazmi et al (2019) argued that multimedia technology holds particular valuable in language teaching due to it is able to offer learners immediate access to visuals and interactions with native speakers. Therefore, ICALL can be an approach in language learning that combines the different language skills and technology (Norazmi et al., 2020). As Zaid et al. (2020), the interaction and communication develop globally. Through ICALL, learners interact with the computer to get information.

After introducing the transformative concept of CALL, let's pivot the focus the processes of language acquisition. According to Chomsky (1970) "*Language is a process of free creation; its laws and principles are fixed, but the manner in which the principles of generation are used is free and infinity varied. "Interpreting and utilizing words entails a process of creative freedom."* Language acquisition refers to the process through which humans gain the ability of perception, production, comprehension and use of words and sentences for communication.

3 RESEARCH DESIGN

This study employs both mixed methods and quasi-experimental designs placing emphasis on internal validity while specifically tackling the selection bias frequently encountered in the research methodology. Mixed methods research integrates qualitative and quantitative data, leveraging the strengths of both to provide comprehension insights. This approach bridges the gap between detailed contextual understanding and broader generalizability, enriching findings by validating qualitative results and deepening quantitative analyses with participants' lived experiences. Conversely, quasi-experimental designs excel in balancing external and internal validity. Both approaches represent powerful tools in research, providing researchers with a spectrum of possibilities to address diverse research questions and derive robust conclusions.

3.1 SAMPLING

Table 1. Sample size

Schools	Number of Classes	Number of learners	Number of teachers	School Authorities
HECM	02	95	01	02
IFRI	02	205	02	01
Total	04	300	03	03

3.2 EXPERIMENTAL SAMPLING

Table 2. Experimental Sampling

School	Groups	Number of Teachers	Number of Students
HECM	CG	01	30
	EG		30
TOTAL		01	60

3.3 RESEARCH INSTRUMENTS

For acquirement and analysis of data collected from the sampling, different instruments have been used in this research:

Questionnaire to ESP teachers and learners,

Interviews to ESP teachers and school authorities,

Experimentation

These instruments have served in data collection, and each of them deserve to be detailed.

3.3.1 QUESTIONNAIRE TO ESP TEACHERS AND LEARNERS

Questionnaire is a structured set of printed or written questions designed to collect information or data from individuals or groups of people (teachers and learners). It is used for various purposes but also help to collect efficiently information from sizeable sample volume. This research study addresses a set of ten (10) questions to three (03) ESP teachers and three hundred (300) ESP learners.

3.3.2 INTERVIEWS TO ESP TEACHERS AND SCHOOL AUTHORITIES

An interview is a research approach about question-and-answer sessions about a specific subject. This method allows the researcher to acquire information that may not be accessible by alternative research methods. This research study addresses a set of five (05) questions to three (03) ESP teachers and three (03) school authorities.

3.4 EXPERIMENTATION

The experiment is a structured and controlled scientific procedure carried out to investigate and gather information, test, confirm or infirm hypothesis. It includes manipulation of variables and identification of potential source of error.

In this study, the experimental sample includes a group of sixty (60) learners from HECM divide into two groups and randomly assigned to experimental or group control. The pre-test of experimentation is based on assessment of the two groups to ensure that both of them have the same level.

For the experimentation, "Duolingo" and "Memrise" applications have been used on the experimental group (EG) to improve learners' oral skills and a post-test has been administered to both groups and the overall performance of experimental group have been compared to control group

3.5 DATA COLLECTION PROCEDURES

During the data collection procedure, the questionnaire has been distributed to ESP teachers and learners. The learners fill out and return the questionnaire as assistance have been provided by teachers or school authorities. The questionnaire is also sent to teachers and all answers have been collected. All questionnaires have unanimously (100%) been returned by learners.

To ensure that the results are unbiased, learners have been evaluated by the same examinator. Many teachers and school authorities have been interviewed and their answers are collected and analysed. Classroom observation have been conducted to have insights on teachers' performance and learners' behavior in classroom situation.

3.6 METHODS OF DATA ANALYSIS

These methods enable to collect valuable and specific data of the questionnaires attributed to the teachers and learners. These data obtained through questionnaires were analysed and processed using SPSS 26 which is statistical software tool and Excel 2021. The results of the data analysis have been exposed in tables, chart and pie-chart. The research findings will be presented the results of the investigations in next chapter.

4 RESULTS

4.1 LEARNERS' ORAL COMMUNICATION SKILLS IMPROVEMENT CHALLENGES

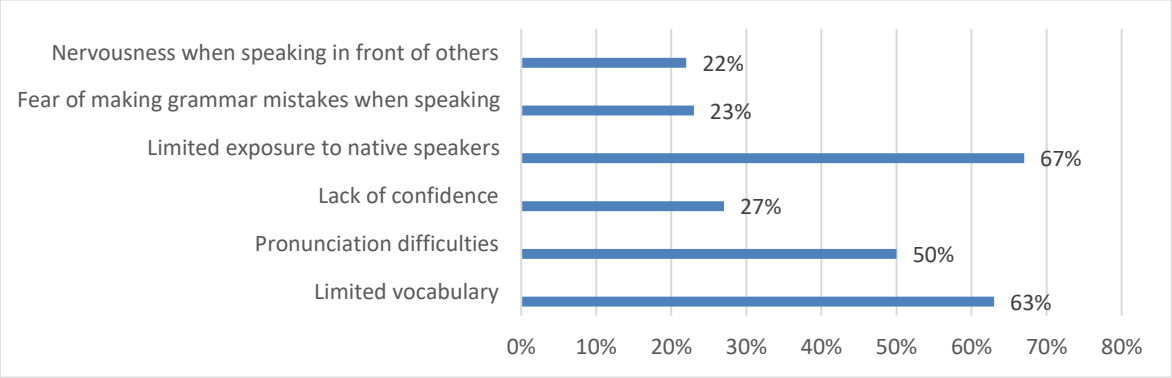


Fig. 1. Learners' Difficulties about Improving Oral Communication Skills

In figure 1, it is noticeable that sixty-seven percent (67%) of the learners have limited exposure to native speakers, sixty-three percent (63%) of them have limited vocabulary, fifty percent (50%) have a lack of confidence, twenty-three percent (23%) of these learners are fear of making grammar mistakes when speaking and twenty-two percent (22%) are nervousness when speaking in front of others.

4.2 LEARNERS' FEELING ABOUT THE IDEA OF INCORPORATION AI TECHNOLOGY INTO ENGLISH LANGUAGE LEARNING EXPERIENCE

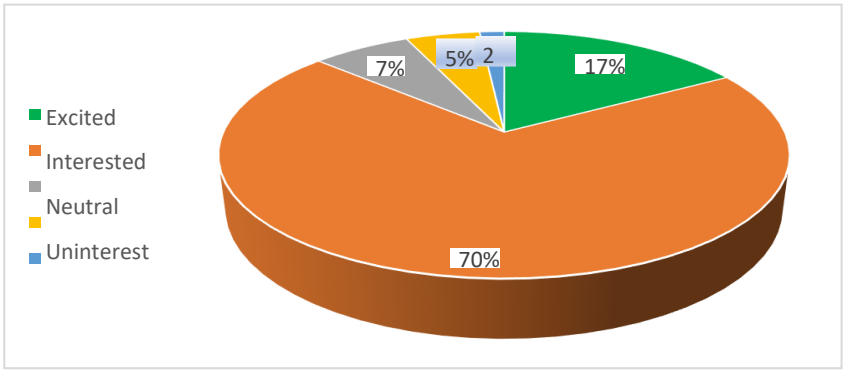


Fig. 2. Learners' Impression about the Idea of Integration AI Technology into English Language Learning Process

The results from figure 2 show that seventy percent (70%) of the learners are interested about the idea of incorporating AI technology into English language learning experience, seventeen percent (17%) are excited about the implementation of AI technology, seven percent (7%) are neutral about the idea of incorporation AI technology, five percent (5%) are uninterested and two percent (2%) are opposed about this idea.

4.3 PRIMARILY USEFULNESS OF AI TOOLS

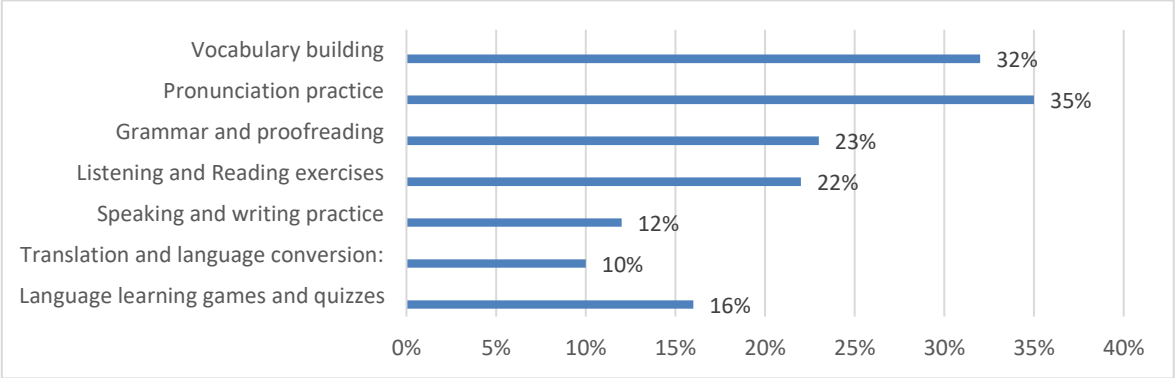


Fig. 3. Utility of AI Tools

Concerning the primarily utility of AI tools, figure 3 presented that thirty-five percent (35%) of the learners use AI tools to practice their pronunciation, thirty-two percent (32%) of them use AI tools to build vocabulary, twenty-three percent (23%) of the learners use AI tools for grammar and proofreading, twenty-two percent (22%) of these learners use AI tools to exercise in listening and reading, sixteen percent (16%) of them use AI tools for language learning games and quizzes, twelve percent (12%) to practice in speaking and writing and finally ten percent (10%) for translation and language conversion.

4.4 DIFFICULTIES IN THE IMPLEMENTATION OF AI TOOLS IN ESP CLASSES

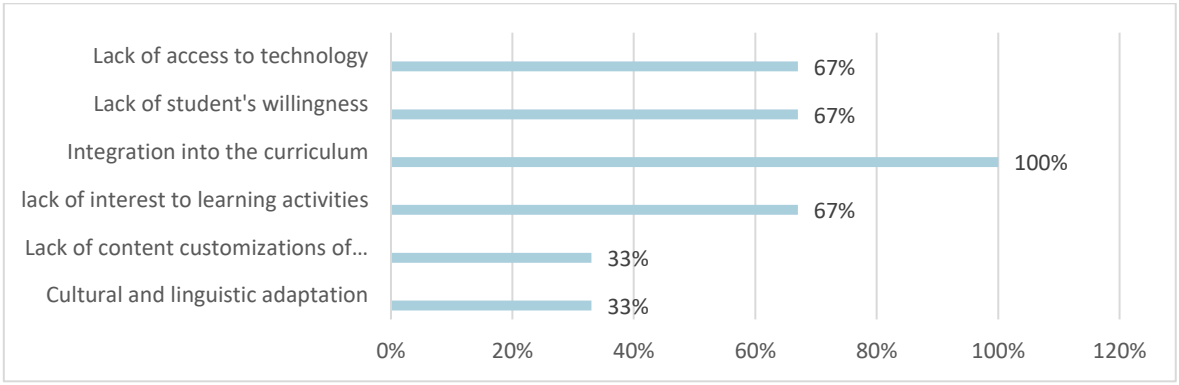


Fig. 4. Challenges in the Implementing AI Tools in ESP Classes

In figure 4, it is noticeable that one hundred percent (100%) of the teachers have the difficulty of integration of AI tools into the curriculum, sixty-seven percent (67%) of them have the difficulties of lack of access to technology, lack of student's willingness and lack of interest to learning activities. For thirty-three percent (33%) of the teachers, the difficulties encountered are lack of content customizations of AI driven and cultural and linguistic adaptation.

4.5 EXPERIMENTATION RESULTS

This experimentation consists of assessing the impact of using AI tools (Duolingo and Memrise apps) for three (03) months on HECM studies ESP learners' Oral communication skills. Before the experimentation, TOEFL iBT listening and speaking tests has been administered and ensure that all students from both groups have almost the same oral proficiency level. The data collected after experimentation have been statistically assessed using SPSS 26 and analysis of variance by one-way ANOVA under following conditions:

4.6 HYPOTHESIS

A null hypothesis H0 and alternative hypothesis H1 are formulated:

H0: There is no statistical significance between the effect of AI tools integration in teaching and learning English language and ESP learners' oral communication skills.

H1: There is a statistical significance between the effect of AI tools integration in teaching and learning English language and ESP learners' oral communication skills.

Statistical significance level:

The level of statistical significance is expressed as a p-value between 0 and 1. A p-value less than 0.05 (typically ≤ 0.05) is statistically significant. It shows strong evidence against the null hypothesis that indicate there is less than 5% probability for the null hypothesis to be validated.

Rejection of hypothesis:

If H0 is rejected, then H1 is supported. This indicates that the data offer sufficient evidence to conclude a statistically significant effect.

The practical significance or the real-life significance:

It expresses the strength of the correlation between the independent variable and the dependant variable is assessed through the effect size expressed in ETA squared value.

The purpose is to reject the null hypothesis (H0) by the use of the analysis of variance ANOVA test for proving the statistical significance of the impact of AI tools integration and ESP learners' oral communication skills. Two values are expected p-value $\alpha < 0.05$ indicating statistical significance and ETA squared value expressing the Measure of Association assessing the effect size between the variables. The ETA square helps to measure the impact of the use AI tools on ESP learners' oral communication skills within the sample chosen.

Table 3. Descriptive Statistics for Pre-test Scores

Group	N	Mean	Standard Deviation	Standard Error
Experimental	30	33	5	0.912
Control	30	31	5	0.912

The table 3 shows the descriptive statistics for pre-test scores. In experimental group, thirty (30) learners are considered, the mean of marks obtained is thirty-three (33). The standard deviation of experimental group is five (5) and its standard error is 0.912. In control group, the size of learners is thirty (30), the average of marks obtained is thirty-one (31) and the standard deviation is five (5). The standard error of control group is 0.912.

Table 4. Descriptive Statistics for Post-test Scores

Group	N	Mean	Standard Deviation	Standard Error
Experimental	30	42	5	0.912
Control	30	33	4	0.72

Table 4 presents the descriptive statistics for post-test scores. In experimental group, the learners' size is thirty (30), the average of marks obtained is forty-two (42), standard deviation is five (5) and the standard error is 0.912. In control group, the size of learners is thirty (30), the mean of marks obtained is thirty-three (33), the standard deviation is four (4) and the standard error is 0.72.

Table 5. ANOVA Post-tests Scores

Source	Sum of Squares (SS)	Degrees of Freedom (df)	Mean Square (MS)	F-Value	p-Value
Between Groups	1488.62	1	1088.62	121.63	≈0.0001
Within Group	878.00	98	8.95		

In table 5, it is remarkable that between groups, the sum of squares is 1088.62, the degrees of freedom are 1 and the mean square is 1088.62. Within groups, the sum of squares is 878.00, the degrees of freedom are 98 and the mean square is 8.95. the F-value for this analysis is 121.63 while the p-value is approximatively 0.0001.

Table 6. Hypothesis Testing and the Measure of Effect Size for Post-test

Hypothesis	Null Hypothesis (H0)	Alternative Hypothesis	Effect Size (η^2)
Decision	Rejected	Accepted since $p \leq 0.05$	0.62

Table 6 exposes hypothesis testing and the measure of effect size for posttest. The hypothesis tests reject the null hypothesis (there is no statistical significance between the effect of AI tools integration in teaching and learning English language and ESP learners' oral communication skills) and accept the alternative hypothesis: there is a statistical significance between the effect of AI tools integration in teaching and learning English language and ESP learners' oral communication skills. In these results, the integration of AI tools in ESP classes at HECM and IFRI has positive impact (69%) on advanced learners' oral communication skills.

4.7 INTERVIEWS RESULTS

During this research work, several ESP teachers and school authorities are interviewed and results are obtained. It is noticeable that teaching English language in ESP classes are not an easy activity. Some teachers describe their experience by asking the learners' needs to learn English in their specific domains and gathering necessary tools and materials to effectively plan the lessons. According to these teachers, learners' speaking skills do not really improve in ESP classes. To enhance oral communication skills for advanced ESP learners, different tips and strategies are used. Among these strategies, it is important to notice that teachers can behave in a friendly manner, being helpful and cooperative, making learners feel comfortable when speaking in the classroom environment and reducing the anxiety between learners and teachers to a considerable extent. The teachers can also examine the feelings that cause fear and anxiety among students and encourage students to be confident in making mistakes to obtain communicative skills and their response towards students' errors should be tactful and pedagogical. Organising talks through topics of learners' interest, lexical exercises and conducting oral evaluation are important strategies to enhance language skills. The integration of technology (use audio and video tools) offers them insights into their strengths and areas needing improvement.

The artificial intelligence tools are important tools in the English language learning process and motivate the learners. It can enable learners to learn at their own pace and receive additional support in areas where they need it, enhancing then their learning experience. They usually draw learners' attention to the core of the message being delivered. In effectively implementing AI tools for ESP teaching, school authorities can facilitate training to teachers, create internet access to teachers and learners and build language labs and equip them. The continued use of AI tools in language skills enhancement for advanced learners is expected to offer instant feedback on pronunciation, grammar and vocabulary usage allowing learners to correct mistakes promptly.

5 DISCUSSION

5.1 ORAL COMMUNICATION SKILLS CHALLENGES ENCOUNTERED BY BENINESE ESP LEARNER

During the investigation, it was observed that the challenges encountered by advanced learners of English for Specific Purposes (ESP) in Benin in improving their oral communication skills primarily include limited vocabulary, pronunciation difficulties, limited exposure to native speakers, lack of confidence, and fear of making grammatical mistakes when speaking (figure 1). One obstacle lies in the complexity of mastering technical vocabulary relevant to their specialized field. As Dewi and Jimmi (2018) noted, a lack of vocabulary can hinder learners' ability to construct sentences due to a restricted range of words, leading to less confidence and difficulty interacting with others. Vocabulary is thus crucial to English language learning and for the improvement of oral communication skills.

In the Beninese educational system, learners are not sufficiently exposed to the English language, despite the country's proximity to Nigeria. Moreover, the educational system lacks a lesson schedule tailored for improving oral communication skills in ESP teaching and learning. Most teachers rely on available official documents, which are outdated, for the teaching-learning process. Additionally, class activities are often boring and ineffective due to the use of traditional methods. In language

learning, motivational activities are needed to facilitate the improvement of oral communication. Jin (2014) emphasized the importance of motivation as a key to success in language learning.

The experimental results show that there is no significant difference between the oral communication skills of both groups before the experiment using AI tools. However, after using AI tools like Duolingo and Memrise for three months, the experimental group showed a significant improvement in oral communication skills (mean=42) compared to the control group (mean=33). The analysis of variance (ANOVA) of the post-test scores presented in Table 5 shows a p-value of approximately 0.0001, which is less than 0.05. This value indicates a statistical significance between the effect of integrating AI tools in teaching and learning English language and the oral communication skills of ESP learners. The practical level of association between the use of AI tools and the learners' oral communication skills, assessed by the measure of association in Table 6 with an ETA squared value of effect size (ES=0.62), shows a strong correlation between the dependent variable and the independent variable with the use of AI tools. This means that the use of AI tools had a significant impact on the learners' oral communication skills, with a record of sixty-two percent (62%). This result corroborates the respondents' unanimous acknowledgment of the effectiveness of AI tools in improving fluency.

This progress is possible thanks to the use of AI tools, which stimulate and motivate learners' oral communication skills. Moreover, the assessment is instant and constructive with any AI tools based on language learning. The AI tools allow for personalized experiences and self-directed learning for learners. As Haseski (2019: 14) stated, *"the use of artificial intelligence in education will make learning more individual, provide effective learning experiences, enable students to discover their talents, improve their creativity, and reduce teachers' workload."*

Furthermore, AI can customize the academic curriculum and assist teachers in progressing through course content in classes. Teachers become tutors to their learners with the integration of AI tools. Sekeroglu, Dimililer, and Tuncal (2019) state that learners' personalized education improvement is thanks to artificial intelligence. In the same vein, Pedro, Subosa, Rivas, and Valverde (2019) added that artificial intelligence is a main way to promote access to appropriate and better learning opportunities for excluded people and communities, people with disabilities, refugees, people out of school and those living in isolated communities. The artificial intelligence tools are also capable to improve learners' vocabulary and grammar. AI tools allow the learners to interact with native speakers and robots to improve their oral communication skills.

5.2 Integration Of AI Technology On Learners' Communication Skills In ESP Teaching Learning

In Beninese educational system, the integration of AI is subject to numerous challenges. In the learners' respondents, figure 2 shows that majority of learners are interested about the idea of incorporating AI technology into English language learning experience (87%) and figure 4 presents the difficulties in the implementation of AI tools in ESP classes. The difficulties encountered in implementation of AI tools by teachers are the concerns to integrate AI tools into the curriculum, the lack of access to technology, the lack of student's willingness and the lack of interest to learning activities. According to Akram et al (2022) and Yang (2022), the integration of AI into curriculum requires curriculum designers to determine the content and methodology for teaching within the curriculum. Thus, there are two different aspects of AI integration into curriculum: the orientation which is selection of teaching content based on learners' needs and the pedagogy, is the whole educational strategies and materials allowing the improvement of learners' oral communication skills.

With the booming of technology, learners are able to use technological tools like smartphones, personal computers to make research, to communicate with others and to play. In the same wake, Long & Magerko (2020: 598) define AI literacy as: *"a set of competencies that enables individuals to critically evaluate AI technologies; communicate and collaborate effectively with AI; and use AI as a tool online, at home and in the workplace"*. Then, the integration of AI tools in ESP classes will be beneficial for learners. Moreover, respondent teachers identify that the major part of teachers is agree about the implementation of AI technology in ESP classes (66%). However, learners need the willingness to learn because, despite AI integration, the goal might not be reached. Therefore, it is crucial for them to get a desire to learn the English language and aim to expand their vocabulary.

6 Conclusion

This study presentes the effect of AI technology integration on the oral communication skills of advanced learners of English for Specific Purposes (ESP) in Benin. Using a quasi-experimental methodology, the study collects relevant information from both quantitative and qualitative sources. It highlights the importance and impact of AI technology on learners' oral communication skills in an ESP context, arguing that traditional teaching methods should evolve to meet the requirements of today's world and improve learners' oral communication skills. The TOEFL iBT test was used to measure learners' oral performance. The results, derived from questionnaires addressed to ESP teachers and advanced learners, interviews with some teachers and school authorities, classroom observations, and experimentation, show that the level of learners' oral

communication skills can be improved through the use of AI tools in classes. These results also highlight the challenges encountered by learners in oral communication and the impact of integrating AI tools into the English language learning process.

However, it is important to recognize that integrating AI technology into the educational system in ESP classes will be a real challenge due to the ban on using technology tools in classes and the lack of technology literacy among teachers. Nonetheless, AI has been shown to improve personalized experiences, vocabulary, grammar, and pronunciation. It plays a significant role in customizing the curriculum to improve the oral communication process.

Finally, this research work offers suggestions to ESP teachers and learners to address issues related to learners' oral communication skills. The teaching approach should be assessed regularly, and the curriculum should be reviewed. Teachers must evaluate their learners to understand their oral communication level, taking into account learners' nature, interests, and needs.

REFERENCES

[1] Barakina, E. Y., Popova, A. V., Gorokhova, S. S., & Voskovskaya, A. S. (2021). Digital Technologies and Artificial Intelligence Technologies in Education. *European Journal of Contemporary Education,* 10 (2). https://doi.org/10.13187/ejced.2021.2.285.

[2] Chatterjee, S., Sahoo, A., Chowdhury, S. R., & Bhattacharjee, A. (n.d.). Computer Assisted Language Teaching. *International Journal of English Learning & Teaching Skills,* 305-307. https://doi.org/10.15864/ijelts.1405.

[3] Eskenazi, M. (2009). An overview of spoken language technology for education. *Speech Communication,* 51 (10), 832-344. https://doi.org/10.1016/j.specom.2009.04.005

[4] Sabir, I. S., Afzaal, A., Begum, G., Sabir, R. I., Ramzan, A., & Iftikhar, A. (2021). Using Computer Assisted Language Learning for Improving Learners Linguistic Competence. *Multicultural Education,* 7 (4), 81-94.

[5] Sabouri, H., Zohrabi, M., & Osbouei, Z. K. (2015). The Impact of Watching English Subtitled Movies in Vocabulary Learning in Different Gender of Iranian EFL Learners. *International Journal in Studies in English Language and Literature (IJSELL),* 3 (2), 110-125.

[6] Savignon, S. J. (1991). Communicative Language Teaching: State of the Art. *TESOL Quarterly,* 25 (2), 261-277. https://doi.org/10.2307/3587463.

[7] Savignon, S. J. (2002). Communicative curriculum design for the 21st century. *The English Teaching Forum.* 40 (1), 2-7. https://eric.ed.gov/?id=EJ671625.

[8] Shi, G., Lippert, A. M., Shubeck, K., Fang, Y., Chen, S., Pavlik, Jr. P., Greenberg, D., & Graesser, A. C. (2018). Exploring an intelligent tutoring system as a conversation-based assessment tool for reading comprehension. Behaviormetrika, 45, 615–633. https://doi.org/10.1007/s41237-018-0065-9.

[9] Spataro, C., & Canavosio, A. (2011). Combining CLT and CALL in the English Language II Classroom. *Conference Paper.* https://www.researchgate.net/publication/349008516.

[10] Tafazoli, D., Maria, E. G., & Abril, C. A. H. (2019). Intelligent Language Tutoring System. *International Journal of Information and Communication Technology Education,* 15 (3), 60-74. 11

[11] Wambui, T. W., Kibui, A. W. Gathuthi, E., (2015) *Communication Skills.* LAP Lambert Academy Publishing https://doi.org/10.4018/ijicte.2019070105.

International Journal of Innovation and Applied Studies
ISSN 2028-9324 Vol. 43 No. 4 Oct. 2024, pp. 1177-1200
© 2024 Innovative Space of Scientific Research Journals
http://www.ijias.issr-journals.org/

Vers un modèle de planification et d'aménagement écotouristique du parc de la N'SELE à Kinshasa (RD Congo)

[Towards a model of ecotourism planning and development of the N'SELE park in Kinshasa (DR Congo)]

***Kaki Ngisila Blanchard*[1-2]**

[1]Doctorant à l'Université Pédagogique Nationale, Faculté des Sciences, département de Géographie et Sciences de l'Environnement, RD Congo

[2]Enseignant chercheur à temps plein à l'Institut Supérieur Pédagogique de Kenge, visiteur à l'Université Technologique Belcampus, Limete et à l'Université du CEPROMAD, RD Congo

Copyright © 2024 ISSR Journals. This is an open access article distributed under the ***Creative Commons Attribution License***, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

ABSTRACT: The municipalities on the outskirts of Kinshasa are today coveted by spontaneous tourist developments. These problems require all the more attention than the sum of the consequences linked to tourism by non-professionals and the ecosystem impacts that this generates. The absence of a model capable of reconciling the requirements of sustainable tourism planning and development requires a technical-scientific approach to serve as a reflection on the preservation of the bio-physical balances of the environment, respect for the requirements of sustainable development, tourist expectations and sustainable tourism development in the commune of N'sele in Kinshasa/DRC.
Thanks to the elements of knowledge and response obtained we hope to contribute to setting up a model of tourism planning in the Kinshasa context at the N'sele park in Kinshasa in accordance with technical-scientific requirements with a systemic approach which situates tourism as a complex activity.

KEYWORDS: tourism, planning, tourist development, N'sele park.

RESUME: Les communes de la périphérie de Kinshasa sont aujourd'hui convoitées par des aménagements touristiques spontanées. Ces problèmes exigent d'autant plus l'attention que la somme des conséquences liée à la mise en tourisme par les non professionnels et les impacts écosystémiques que cela engendre. L'absence d'un modèle susceptible de concilier les exigences de planification et d'aménagement touristique durable, nécessite une approche technico-scientifique pour servir de réflexion sur la préservation des équilibres bio-physiques du milieu, le respect des exigences du développement durable, les attentes des touristes et le développement touristique durable dans la commune de la N'sele à Kinshasa/RDC.
Grace aux éléments de connaissances et de réponse obtenus nous espérons contribuer de mettre en place un modèle de planification touristique dans le contexte Kinois au parc de la N'sele de Kinshasa conformément aux exigences technico-scientifiques avec une approche systémique qui situe le tourisme comme une activité complexe.

MOTS-CLEFS: tourisme, planification, aménagement touristique, parc de la N'sele.

1 INTRODUCTION GENERALE

Le tourisme est une activité ancienne qui a pris au XXe siècle une dimension planétaire. Il constitue désormais un secteur très important dans de nombreux pays développés comme dans des pays en développement. Nul ne peut ignorer de nos jours, le rôle capital qu'il peut jouer en tant que secteur de conservation de la nature et moteur de développement économique et social des pays.

Le tourisme, secteur historique en constante mutation, est une des économies les plus importantes. Sa contribution au PIB international est plus significative que l'industrie automobile, agroalimentaire ou encore l'industrie pétrolière. Ainsi, le tourisme est un moteur puissant de l'économie mondiale (Lozato, 2018). Son caractère transversal en fait un enjeu majeur de développement pour le territoire (Vellas et al., 2018).

La présente étude prend d'abord racine sur le constat qui révèle l'absence des offres touristiques capables de satisfaire les besoins de récréation et le manque à gagner de ce secteur dans l'économie et le développement Kinshasa. Paradoxalement ailleurs, la Ville de Kinshasa et plus particulièrement la commune de la N'sele dispose autant des atouts naturels qui peuvent être mis en tourisme (Ramazani, 2018). Par ailleurs, dans d'autres Etats consciencieux, leurs gouvernements mettent des moyens nécessaires pour aménager leurs villes, en prenant en compte ces quatre fonctions urbaines prônées par les spécialistes, et satisfaits par conséquent les habitants et les visiteurs (Mashini, 2023).

L'observation et l'analyse permettent de dire que les Kinois aiment le loisir, le plaisir, la récréation, l'ambiance et les fêtes; malheureusement, la ville dispose moins d'infrastructures capables de satisfaire ces besoins. Les quelques privés avertis, se plongent dans ce secteur avec quelques aménagements précaires, agissent en maître et gagnent de l'argent entre temps, les lieux publics voués au tourisme demeurent sujets d'occupation anarchique, de spoliation et d'exploitation irrationnelle sinon abusive (Lelo, 2011).

De nos jours mettre en place un site écotouristique multiservice constitue un gage pour améliorer l'offre et la demande touristique. Avec tous ses corollaires (création d'emploi, amélioration de la compétitivité du territoire, la préservation de l'environnement, l'amélioration socio-économique et l'engagement vers le tourisme durable, etc).

C'est comme l'écrit George (1971, cité par Musenga, 2023), le décideur politique qui a le pouvoir d'action, doit recourir aux conseils du chercheur géographe, sur les aspects liés à la géographie appliquée à la gestion de l'espace et son aménagement mais également de l'utilisation de l'espace. Nshimba (2014) renchérit que la recherche appliquée est donc considérée comme un outil indispensable pour des géographes professionnels contemporains pour qui les notions d'utilisation durable de l'espace et de ressources deviennent incontournables.

Ce qui justifie la raison de cette étude qui vise une mise en tourisme respectueuse des préalables scientifiques et axée sur les exigences du développement écotouristique durable.

2 MILIEU ET APPROCHE METHODOLOGIQUE

2.1 DESCRIPTION DU MILIEU D'ÉTUDE

Le parc de la N'sele est le seul parc naturel appartenant à l'Etat, qu'existe à Kinshasa. Il a une superficie de 3500 géré par l'Institut Congolais de la Conservation de la Naturel et l'Office Congolais du Tourisme.

Malheureusement, actuellement ce parc meurt au mépris de la loi n°14 sur la conservation de la nature en RDC. Les parcelles y sont loties et des maisons poussent comme les champignons alors que le site est bel et bien gardé par les militaires et les policiers. Actuellement cet espace naturel est toujours compté parmi les parcs nationaux de la RDC, crée en 1971 et mis à la disposition du public en 1983 mais il est actuellement objet d'une occupation illégale par des privés et une partie concédée pour la construction d'une cité dénommée: résidence pool Malebo. Or ce parc protège la ville de Kinshasa. Cela que se situe la grande courbure du fleuve Congo et les arbres de ce parc empêchent que les eaux inondent Kinkole et ses environs (Kabamba, 2014). Même le commandant du corps pour la Protection des Parcs Nationaux et Réserves naturelles Apparentées, CorPPN en sigle devient observateur de ces faits. Ci-dessous la carte d'occupation du parc de la N'sele.

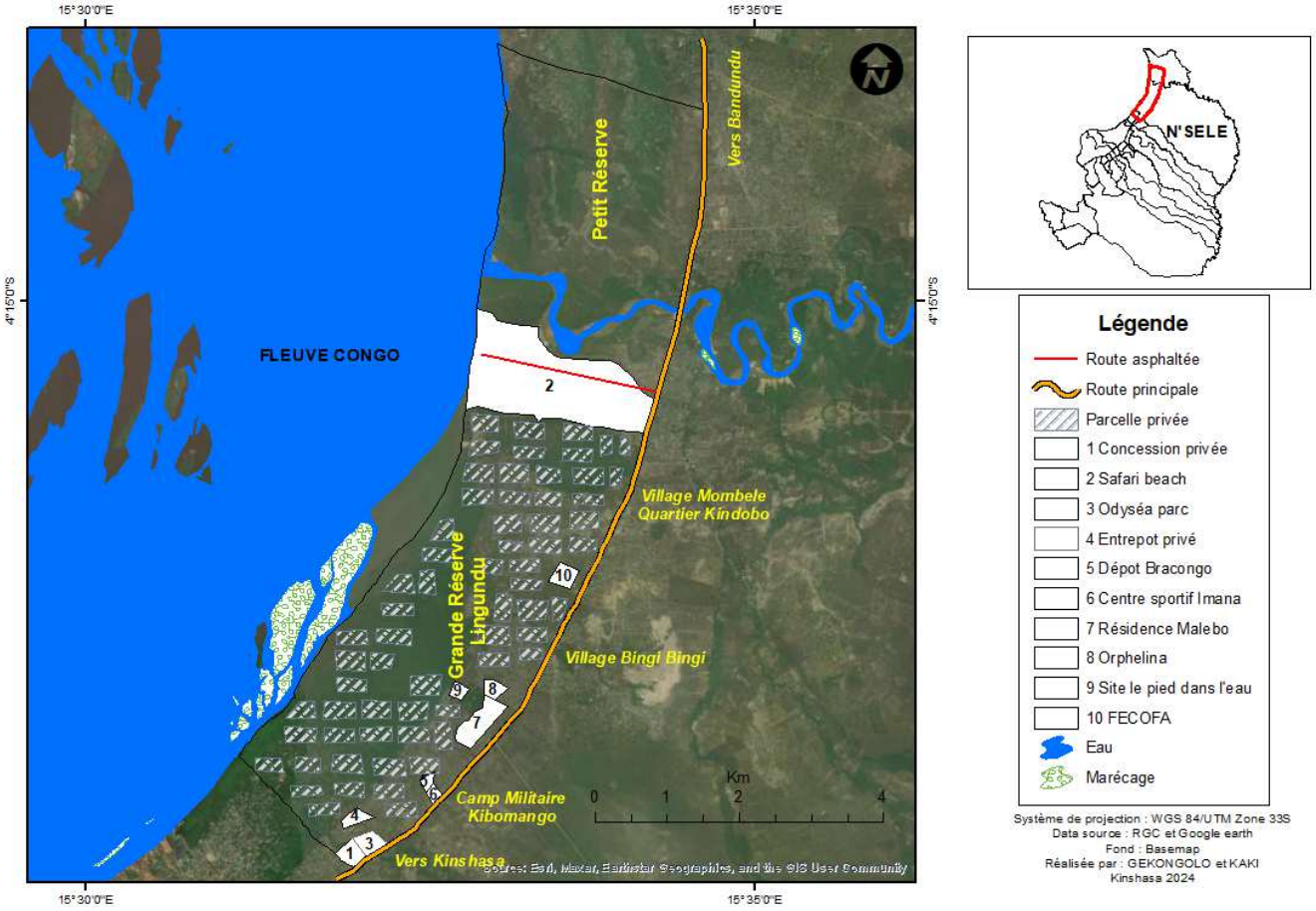


Fig. 1. Carte d' Occupation anarchique du parc de la N'sele

Source : Kaki, 2024

Cette carte montre les différentes occupations anarchiques qui caractérisent cet espace vert appartenant à l'Etat, propriétaire de l'ICCN et reconnu pas le dernier schéma d'orientation stratégique de l'Agglomération Kinshasa (SOSAK), comme étant zone réservée aux activités touristiques. Mais aussi cet espace subit de l'anarchie sous l'œil impuissant des décideurs politiques.

2.2 APPROCHE MÉTHODOLOGIQUE

Pour les recherches, cette étude a recouru à une approche méthodologique suivante: Documents bibliographiques (articles, ouvrages, thèses en rapport avec la thématique). Elle a permis de comprendre les théories et pratiques existantes pour planifier et aménager un site écotouristique multiservice. La relation de l'échantillon a été faite suivant la loi binominale de la formule de Berouilli. Ainsi, l'échantillonnage a été calculé suivant la formule de Berouilli:

$n = t2 \times p \times (1 - p) / m^2$

D'où

n = taille de l'échantillon pour l'obtention des résultats significatifs
t = niveau de confiance (la valeur type du niveau de confiance de 95 sera 1,96)
m = marge d'erreur (généralement fixée à 5)

Ainsi, la taille de l'échantillon est de:

$n = 1,962 \times 0,82 \times (1-82) / 0,052$
$n = 1,962 \times 0,82 \times 0,18 / 0,052$
$n = 3,8416 \times 0,1476 / 0,0025$
n = 227 enquêtés.

Les informations recueillis à travers les enquêtes menées dans trois catégories des sites A (sites avec 60% des normes de l'OMT), B (sites avec 50% des normes de l'ONT) C (sites avec moins de 50% des normes), des observations directes et des interviews, ont été dépouillées manuellement. Les réponses données ont été saisies à ordinateur dans le logiciel SPSS, ce qui a permis d'élaborer des graphique, suivi des interprétations littéraires.

3 RESULTATS ET DISCUSSIONS

3.1 SOUHAITS DES TOURISTES SUR LE TYPE DU TOURISME À AMENAGER

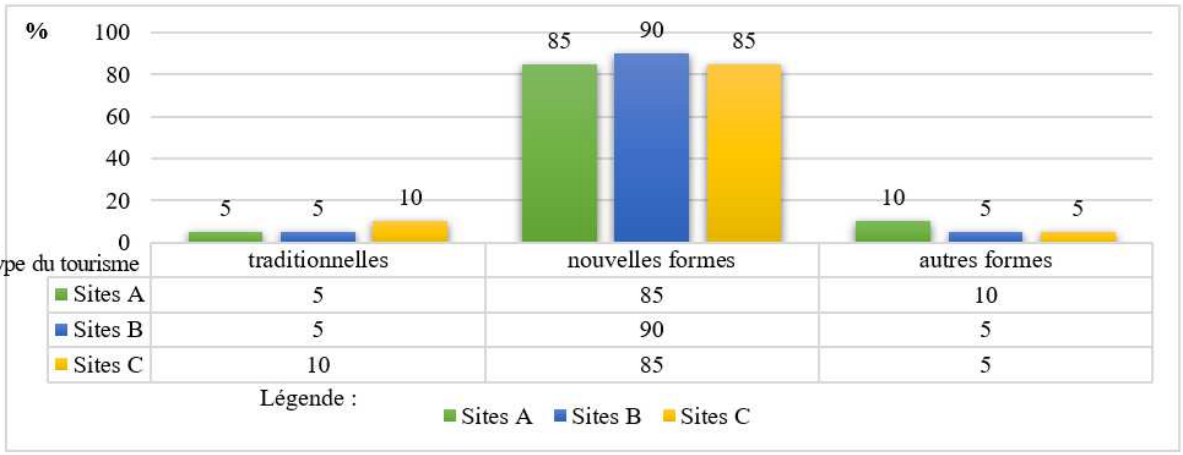


Fig. 2. Souhaits des touristes sur le type du tourisme à aménager

Source : Résultats de terrain, 2023

Les résultats de terrain, repris dans la figure 2 prouvent que les touristes de tous les sites d'enquête sont favorable pour l'aménagement des nouvelles formes du tourisme (90%, 85%, 85%) suivi avec éxcéco pour les formes traditionnelles et les autres formes formes (10%, 10%, 5%).

Cette attention accordée aux nouvelles formes du tourisme (écotourisme, tourisme d'aventure, tourisme vert, tourisme culturel, etc) sous entend que les répondant accordent un sens positif au développement touristique durable parce qu'ils souhaitent qu'il y ait équilibre entre l'activité, les exploitants, eux même les touristes, le milieu, les populations et les services étatiques.

3.2 CONDITIONS À CONSIDERER DANS LA REALISATION D'UN PROJET TOURISTIQUE

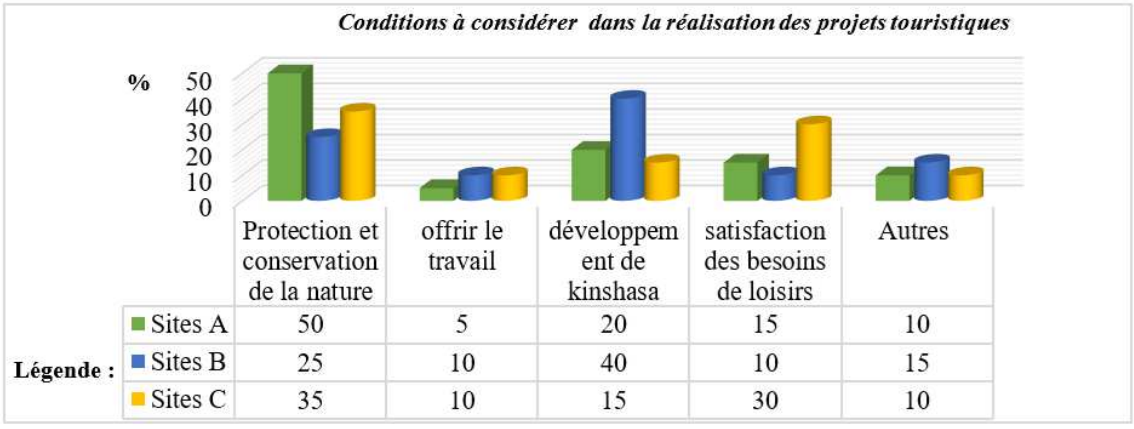


Fig. 3. Conditions à considérer dans la réalisation d'un projets touristique

Source : Résultats de terrain, 2023

Il se dégage de la figure que la protection et la conservation de la nature est la première à prendre en considération (50%, 35%, 25%) selon les investigations de terrain, suivi par le développement de Kinshasa (40%, 20%, 15%), la satisfaction des besoins de loisirs vient en troisième position (30%, 15%, 10%) puis les autres conditions se placent en dernière position (15%, 10%, 10%).

Comme dit précédemment que les touristes enquêtés ont un sens sur la durabilité touristique. Par le fait que les anciennes formes du tourisme ont été plusieurs fois citées comme déforable vis-à -vis de l'environnement, les populations locales mais aussi de l'exclusion de certaines classes sociales. Donc la reconnaissance des valeurs des ressources de l'environnement par les touristes commencent peu à peu à être intériorisé.

3.3 Type De Projet Touristique Souhaite Être Amenage Selon Les Sujets Enquetes

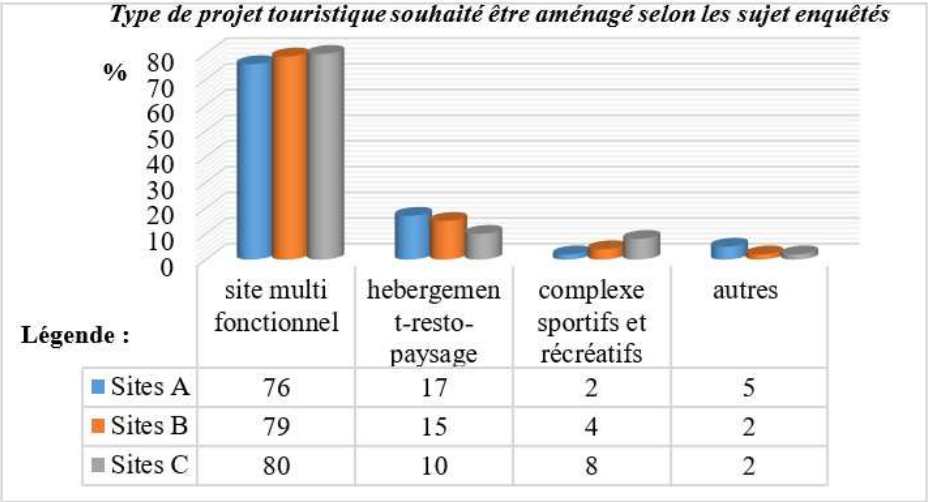


Fig. 4. Type de projet touristique souhaité être aménagé selon les sujet enquêtés

Source : Résultats de terrain, 2023

Quant aux attentes des touristes, les résultats repris dans la figure montrent que tous les touristes souhaitent l'aménagement d'un projet touristique multi fonctionnel et/ou un site mixte ou complet (80%, 76%, 76%), ceux qui veulent un site ayant un complexe d'hébergement, resto et du paysage décoratif viennent en seconde position (17%, 15%, 10%) suivi par ceux qui sont pour un projet d'un complexe sportifs et récréatifs (8%, 4%, 2%) et afin les autres souhaits de projets viennent en dernière position (5%, 2%, 2%).

Cet écart des souhaits sur l'aménagement d'un site multifonctionnel par rapport d'autres s'explique par la recherche de la satisfaction de tous les besoins liés au tourisme dans un même site au lieu de se déplacer pour rechercher des offres non existantes sur le lieu à visiter. De plus tous les répondants quel que soit la nature du souhaité, du moins dans l'ensemble ils sont pour un nouvel ordre différent de l'existant, ce qui renvoi en des termes clairs à un aménagement.

Il est important de noter que tous les enquêtés ont souhaité que toutes ses infrastructures soient érigées dans un espace vert agréable, calme et plein de végétation, entre autres, des arbres, des pelouses vertes, avec un air pur où tout le monde à l'accès d'y visiter afin de se reposer, de se détendre et de trouver de l'ombre pendant des pratiques touristiques. La consommation touristique est aussi complexe et multiforme; elle suppose l'agencement d'un ensemble très varié de services tels que le transport, l'hébergement, la restauration, l'animation touristique par le biais des attractions et des loisirs. Chacune des parties d'un voyage correspond à une consommation « spécialisée", différente de celle des autres parties (Lozato, 2018).

4 Modele De Planification Et D'amenagement D'un Site Touristique Mixte

4.1 Strategie De La Mise En Œuvre Du Projet Écotouristique

Le diagnostic stratégique est présenté en fonction des 4 grandes composantes d'une destination touristique acceptée par l'OMT (2018) à savoir: l'activités, les services, les aspects durables et l'organisation.

4.1.1 DEMARCHE DE LA PLANIFICATION DURABLE DU PARC DE LA N'SELE

ANALYSE DES FORCES, FAIBLESSES, OPPORTUNITES ET MENACES (FFOM) DU SITE

Les éléments repris dans le tableau ci-dessous permettent de retenir que les forces et les opportunités jouent un rôle extrêmement important pour la mise en tourisme. Par contre, les menaces et les faiblesses sont également nécessaires en vue de réfléchir profondément avec conséquences pour mettre en place un projet cohérent et durable, surtout que ce parc subit l'anarchie et des occupations improvisées. Les opportunités sont d'alors à capitaliser. Cette démarche a fourni une meilleure connaissance préalable du lieu à aménager

Tableau 1. Matrice d'analyse Atouts, Faiblesses, Opportunités et Menaces (AFOM), du parc de la N'sele

Atouts (forces)	Faiblesses
Superficie de 3.550 ha Proximité à la rivière N'sele et le fleuve Congo ; Proximité du site à l'île Mbamu (République du Congo) Situé le long de la Nationale n°1 Topographie plane avec des courbes de niveaux allant de 272 à 302 m Présence des végétaux et quelques animaux en liberté Diversité biologique très considérable Ressources touristiques diversifiées Règlementation du secteur par la loi n° 18 /018 du 9 juillet 2018 , Les principes directeurs sur le tourisme durable PNUE et OMT (2004) ; Plan directeur national actualisé pour le développement du secteur du Tourisme (2 mai, 2020) Importance socio-économique et écologique du secteur ; Dynamisme et présence non négligeable des acteurs touristiques dans le secteur. 13 millions d'habitants (INS, 2020) pour Kinshasa. Multiplicité culturels et de l'art culinaire ; Amour du loisir et du tourisme pour les Kinois… Site très connu des publics par son historique	- Mauvaise gouvernance du site; - Offres et demande précaires et aléatoires - Manque d'infrastructures d'accueil et d'animation de qualité ; - Faiblesse de compétence et de qualifiés ; - Faible niveau de promotion et de marketing - Insuffisance du budget alloué au secteur ; - Manque de management captivant ; - Faible qualité d'hygiène, d'assainissement et de l'environnement ; - Non appropriation de la culture - Mauvais état des routes - Manque de réalisme du Fonds du Promotion du Tourisme (FPT) ; - Faible salarisation pour la plupart des travailleurs des Kinois - Chômages Insécurité
Opportunités	**Menaces**
- Position géographique - Paysage attractif et la position géographique favorable ; - Proximité du parc à la Ville de Brazzaville ; - Existence des circuits touristiques sous régionaux ; - Existence des experts et techniciens dans le secteur… - Positionnement stratégique entre les circuits de l'Afrique centrale, de l'Est et Australe - Riche patrimoine culturel et historique ; - Secteur ouvert au Partenariat Public Privé (PPP) ; - Croissance du nombre de touristes intéressés par l'écotourisme, l'agrotourisme, tourisme durale ainsi que les traditions, l'art gastronomique congolais et les folklores - Promotion des événements traditionnels liés aux mœurs et coutumes de la RDC	- Convoitise et spoliation des espaces verts et récréatifs dans la Ville de Kinshasa - Occupation anarchique du parc de la N'sele par des tierces - Savanisation de l'espace - Emergence de concurrent sous régionale et continental

Source: résultats d'enquête, 2023

De ce tableau, il résulte l'inventaire et l'état des lieux et/ou un diagnostic détaillé de ce site. Cette démarche permet de nourrir les réflexions sur l'élaboration des stratégies de mis en place un projet d'aménagement touristique durable.

4.1.2 ETAPES DE REALISATION PRATIQUE DU PLAN ÉCOTOURISTIQUE

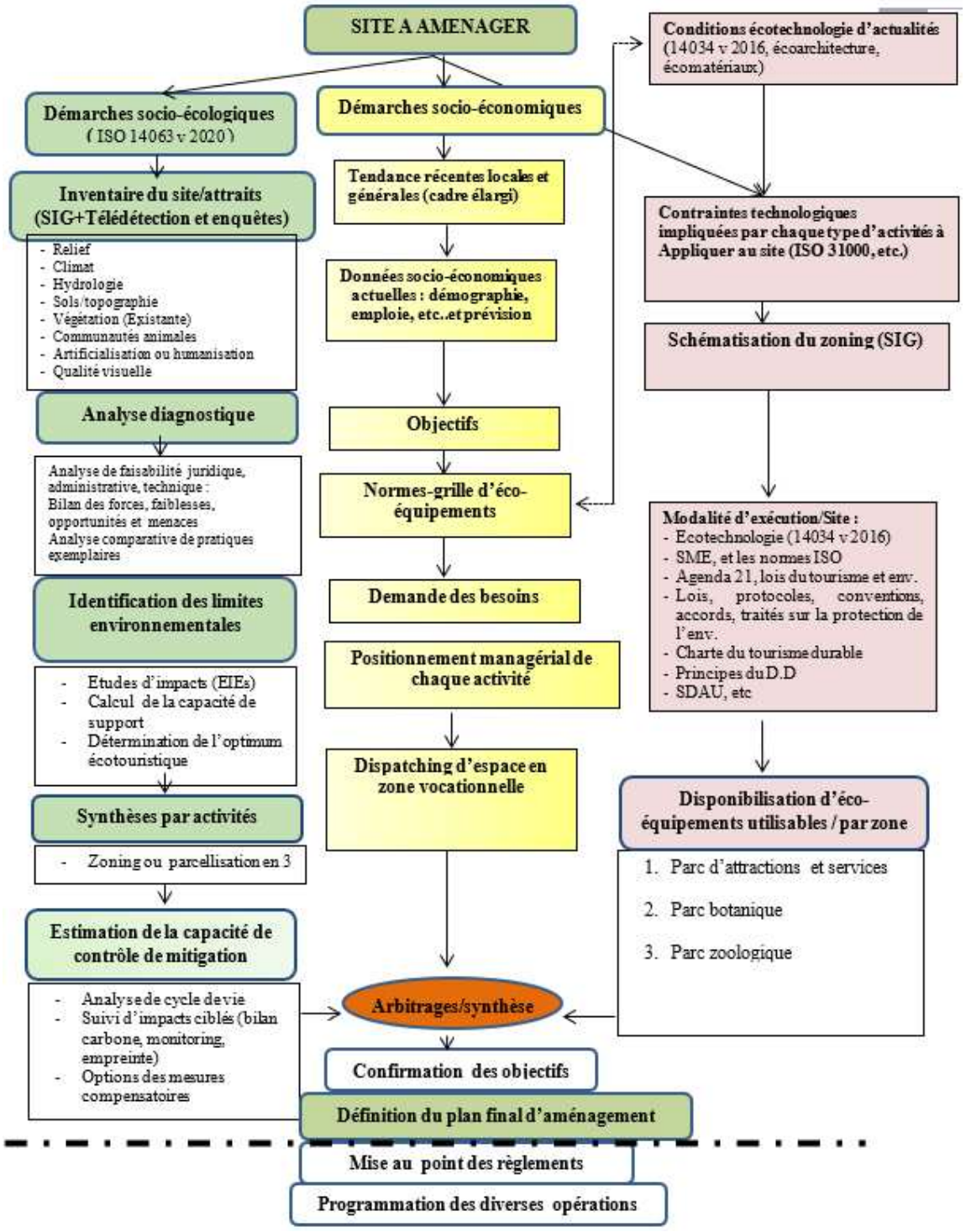


Fig. 5. Séquence d'élaboration d'un projet écotouristique

Source : KAKI , et al. 2024

L'observation de la figure précédente étale les différentes phases et étapes du projet écotouristique. Il est nécessaire de noter, que celui-ci exige une certaine logique, il passe par un grand nombre d'opérations qui doivent se dérouler selon certains ordres. Ce qui fait que la mise en application hiérarchisée du plan d'aménagement permettra d'atteindre les objectifs souhaités.

Ce schéma a cinq phases pour les trois volets (socio-écologiques, socio-économiques, et des conditions éco-technologiques d'actualités) répartis à plusieurs étapes.

4.1.3 MESURES OPERATIONNELLES À L'AMENAGEMENT DURABLE DU PARC DE LA N'SELE

Avant d'entreprendre tous travaux d'aménagement sur ce site, il est indispensable de prendre les dispositions nécessaires entre autres: l'intégration et la participation des populations riveraines, l'expropriation des différents occupants conformément aux respects de la loi par indemnisation, retraçage du site et octroi du nouveau titre foncier, démolition des infrastructures illicites existantes et clôture avec des grilles métalliques solides et peu espacés avec des haies qui correspondent à des écrans de verdure destinées à protéger, limiter ou séparer le parc.

4.2 CARACTERISATION DES BLOCS HOMOGENES ET LEURS PARCELLAIRES

Après cette étape, il s'avère indispensable de procéder au découpage des blocs homogènes et leurs parcellaires, les critères retenus sont:

- le sol;
- la topographie et exposition;
- végétation existante;
- accessibilité;
- aptitude à l'aménagement.

Vocation des parcelles et leurs traitements, vu que l'étendue du parc de la N'sele présente une homogénéité du point de vue géomorphologique, pédologique (variation de la profondeur du sol) et visuelle.

A. Parcelle A

Par sa topographie favorable, cette zone située le long de la nationale N°1 et fait frontière avec le majestueux fleuve Congo, facilement accessible. L'intervention prioritaire sera conduite principalement à construire un parc récréatif et des services (restaurants, complexes commerciaux, structures d'hébergement, hôpital, agence de voyages, bureaux d'échange, terrain de sports, salles polyvalentes, aires de pic-nic, aire des jeux pour tous les âges et selon les aptitudes physiques,…) ainsi que des squares avec des bosquets, des arbustes fleuris plantés en groupes qui s'élèvent 4m d'environ, en choisissant des fleurs particulièrement mellifères plus décoratifs avec gazons, permettant d'apporter des couleurs. Comme « noyau", c'est-à-dire, élément central, il est considéré comme l'espace principal où il y a prédominance des attraits technologiques bien sûr aux côtés de la nature (faune et flore).

Les jeux suivants sont nécessaires pour enfants et adultes: Toboggans, balançoire, funiculaire, bac à sable, garderies d'enfants, maison à grimper et glisser, barre en gradin table de ping-pong, support à bicyclette, bancs à la pergola, jeux de boules, échiquier de plein air, manège, tyrolienne, source d'eau, une roue, etc.

B. Parcelle B

Située le long de la nationale n°1. Zone vouée à la création des enclos animaliers et des arbres ligneux décoratifs et/ou ornementaux, de la pelouse fleurie et des quelques paillottes pour la restauration ou la détente ainsi que les aires de jeux et les jeux d'eaux, jeux collectifs.

C. Parcelle C

Au regard de sa large gamme de vue intéressante du majestueux fleuve Congo et de la rivière N'sele. Elle est particulièrement prédisposée à la végétalisation, au promenade et au repos. Sa partie marécageuse facilitera le développement non seulement d'une station piscicole, porcine, mais aussi et surtout de l'agriculture écologique et du port de plaisance. Rien n'empêche cependant de planter des essences sous forme de ceinture verte pour lutter contre les catastrophes naturelles (ICCN, 2018). Les éléments tangibles des espaces verts doivent être utilisés (plantes, gazon, arbres, arbustes, arbrisseaux, pelouse, prairie, plantes grimpantes) voire des espaces spécialisés (roseraie, jardin botanique, serres…) (Targowla, 2016). Les espèces, d'alignement et d'ornement qui doivent se caractériser par la beauté, la floraison spectaculaire, du feuillage, de forme, de couleur, de texture de d'écorce et de toutes les autres caractéristiques ornementales (Merlin *et al.* 2006, cités par Mashini*.,* 2023).

Il est destiné à renforcer les connaissances des enfants et adultes sur les plantes, les écosystèmes végétaux, les relations entre les plantes et l animaux et les plantes et les hommes. Il sera planté de diverses espèces végétales et jalonnées d'allées piétonnières.

Cet effet peut être obtenu par un mélange d'essences de feuillus et de résineux qui procure le contraste entre elles par leur port, la texture et couleur de leur feuillage. Les facteurs agro-climatiques lui sont favorables et font d'elle, un site de choix à l'emplacement d'un arboretum. Elle est conçue comme zone boisée destinée aux jeux libres et à la circulation sportive ou piétonne. Certaines essences endémiques et exotiques d'importance écologico-économiques et sociales y seront plantées par petits blocs afin d'assurer une conservation durable. Toutefois, ces différentes parcelles doivent avoir des trames vertes et d'esthétique ainsi que des corridors sinon des pistes asphaltées (pavés ou dalettes), balisées ou gazonnées pour la libre circulation, ainsi qu'un bon nombre des installations hygiéniques, des bacs à poubelles et des paillottes.

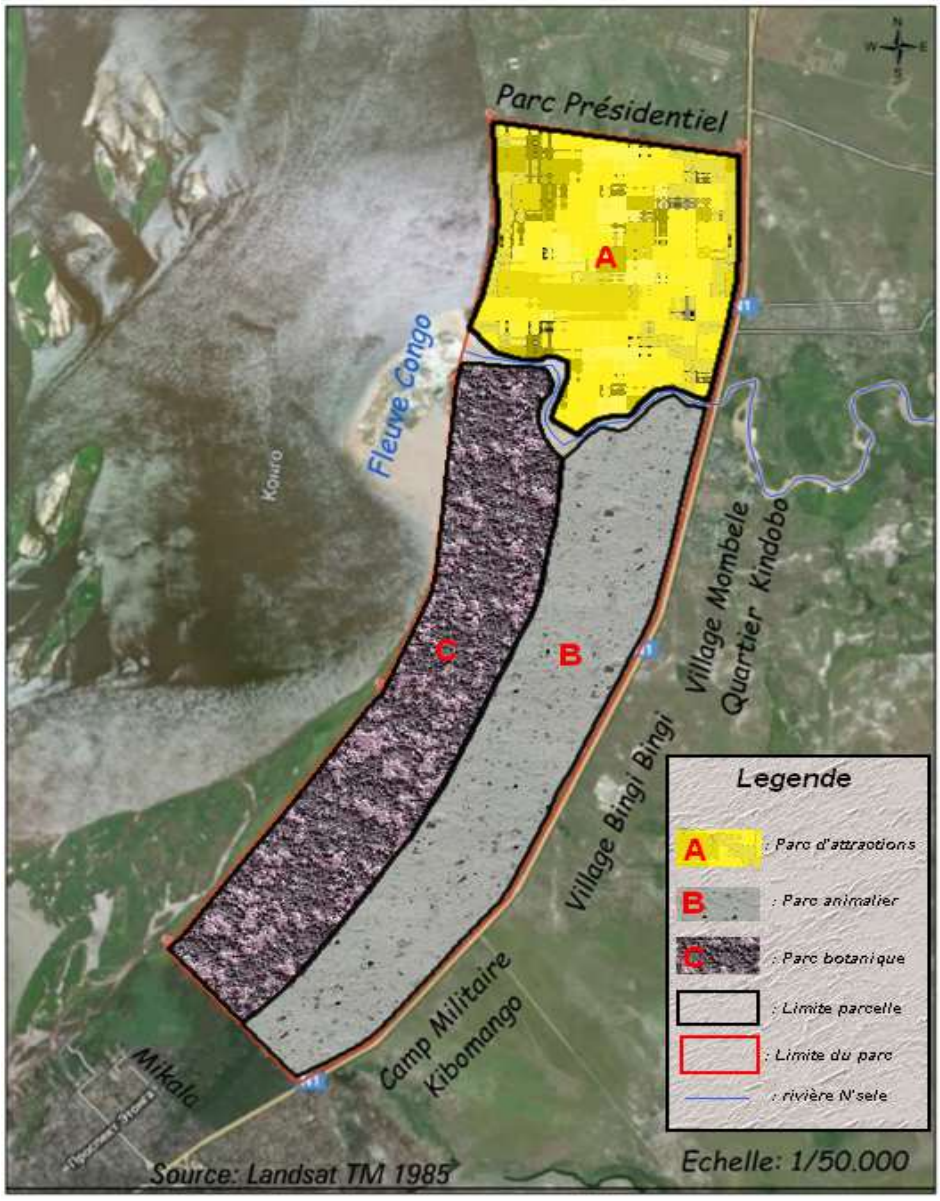


Fig. 6. Synthèse d'aptitudes parcellaires du parc de la N'sele, 2023

Source : image Land sat Projection WGS 84 adaptée par Kaki.

Cette figure montre l'aptitude parcellaire en trois pour les différents types d'interventions à réaliser.

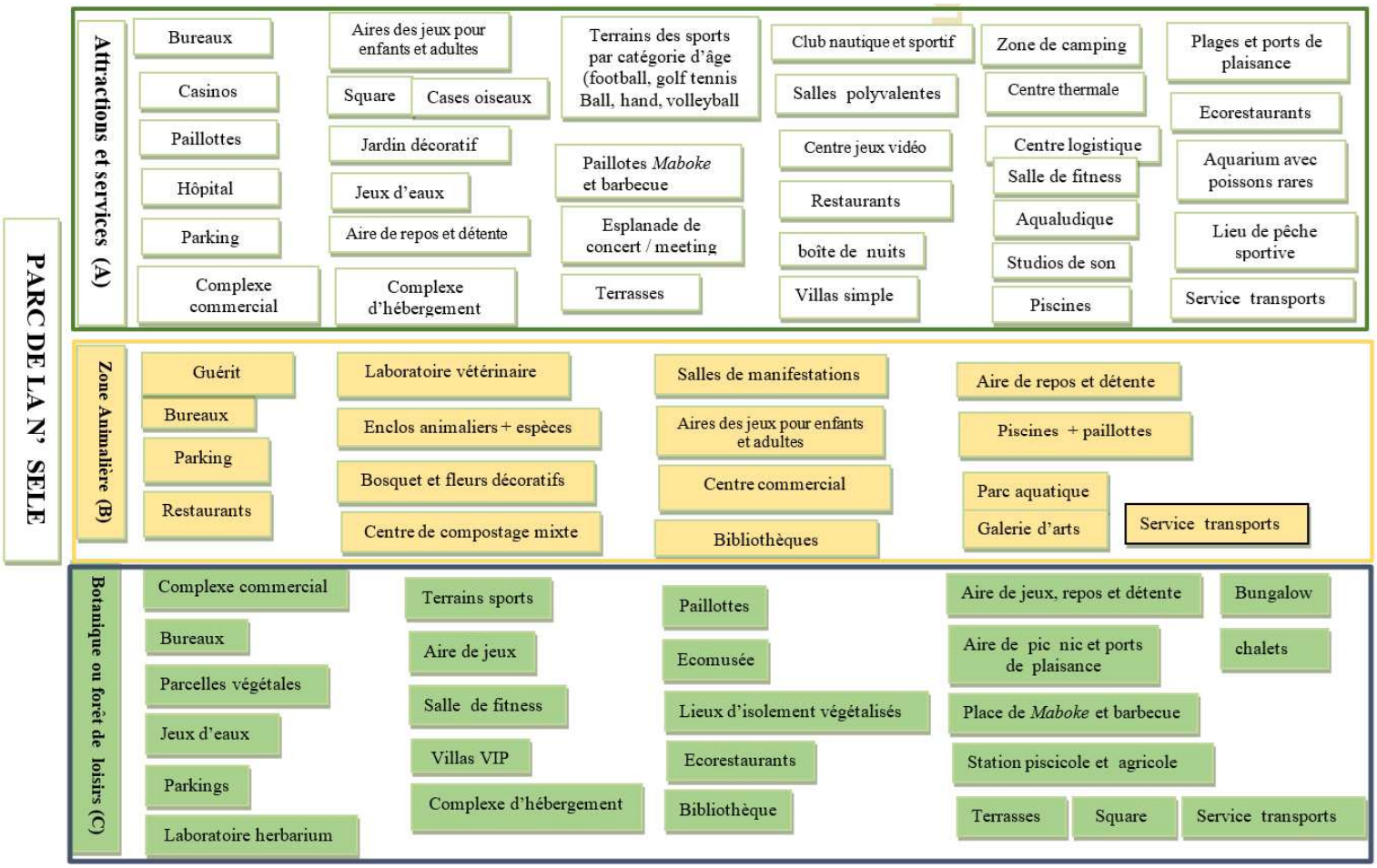


Fig. 7. Opérationnalisation du plan d'aménagement écotouristique du parc de la N'sele,2023.

Source :Plan final d'aménagement du parc de la N'sele, élaboré par KAKI NGISILA

De la figure 7, reprise précédemment, il ressort les différentes infrastructures à mettre en œuvre selon les 3 zones d'aménagements. Ci-dessous, ces différents équipements sont présents dans une carte d'aménagement d'après les zones.

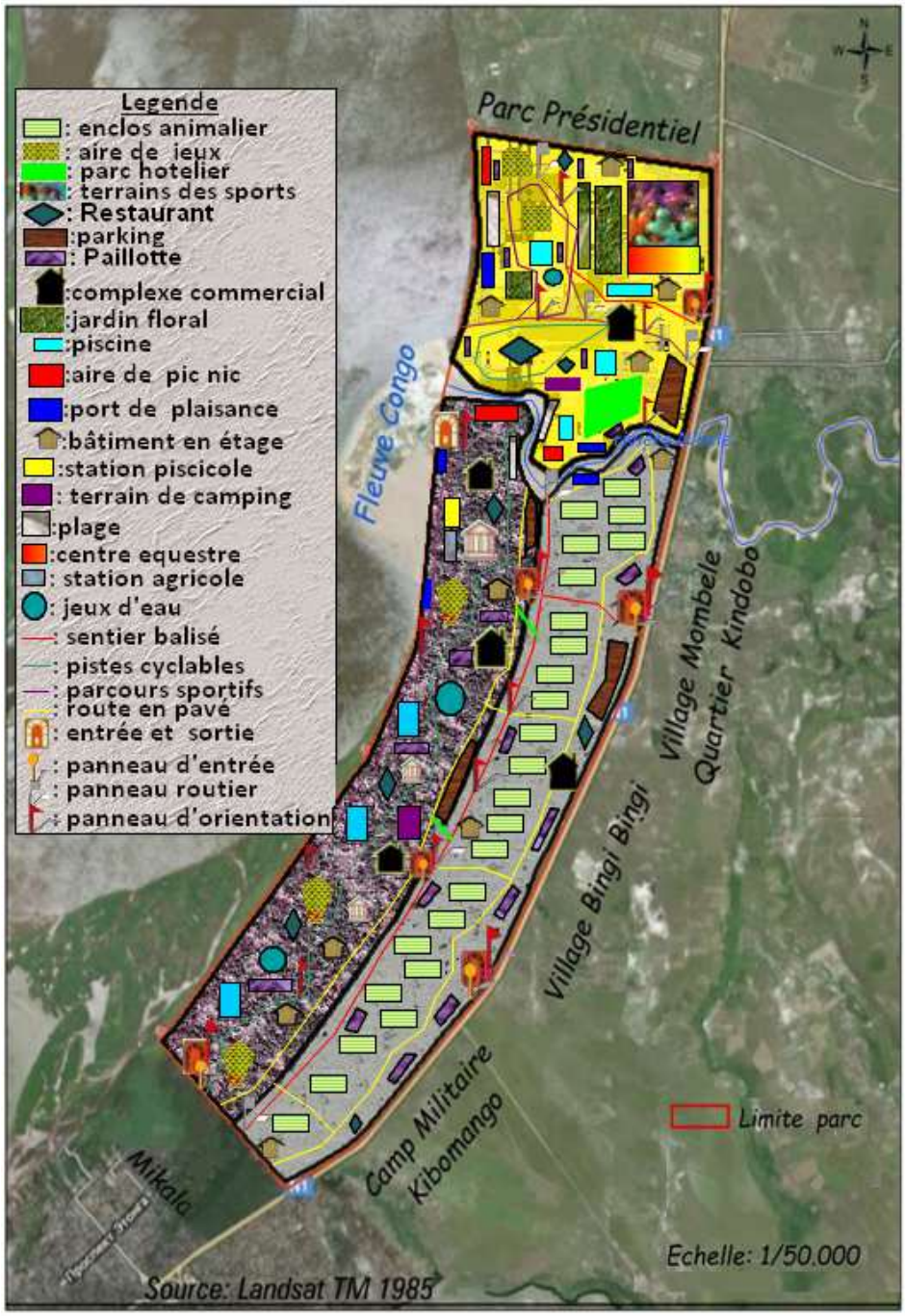


Fig. 8. Plan d'aménagement du parc de la N'sele, 2024

Source : Image Landsat, projection W84 , UTM 33S ajustée par KAKI.

Cette figure laisse voir dans ce plan final l'image plus ou moins précise d'un futur que l'on pense atteindre dans ce parc. Le plan d'aménagement « implique la construction des équipements planifiés» (Demers, 2018).

4.2.1 TECHNIQUES, OUTILS OU MATERIAUX À UTILISER ET TYPES D'EQUIPEMENTS DURABLES À PRIVILEGIER

Les constructions et aménagements seront faites en respectant le cadre écologique pour promouvoir le bien-être à long terme et une utilisation rationnelle de l'espace ayant le moins d'impacts négatifs sur les écosystèmes (Tranquard, M., Gagnon C. 2018). Les matériaux respectueux de l'environnement apporteront du cachet et l'authenticité des végétaux apporteront une coloration et une décoration pittoresque très captif. Il faut pour ce faire ce qui suit:

4.2.1.1 OUTILS ET TECHNIQUES

A) Normes et référentiels environnementaux

Selon les référentiels d'EIES, l'ACV, le SDAU, ISO 14001, ISO 9001, ISO 45001, ISO 50001, ISO 31000, lois, principes, etc.)

B) Conception bioclimatique des équipements

- En règle générale, l'orientation à privilégier pour bénéficier au mieux des apports solaires passifs et d'optimiser le fonctionnement des capteurs solaires thermiques ou photovoltaïques;
- Le bois peut aussi être le matériau de construction car il est adapté aux économies
- d'énergie;
- Disposition des ouvertures.
- Vents dominants;
- Accessibilité des rayons lumineux et du vent naturel dans les infrastructures;
- Hébergement de qualité et de sécurité (sécurité incendie, accessibilité aux personnes à mobilité réduite)
- Haute Qualité Environnementale (HQE)
- Equipements en version PMR (Personne à Mobilité Réduite) qui permettent d'accueillir des convives en fauteuil roulant et autres formes d'handicaps;
- Etc.

C) Ecomatériaux (ecoarchitecture) et écoéquipements

Les écomatériaux doivent être choisis de manière à assurer la durabilité, la cohérence avec le concept du projet et une utilisation sûre et sécurisante par les utilisateurs. Par exemple, le pavage peut être en pierre naturelle ou en gravier plutôt qu'en pierre artificielle ou en pavé autobloquant, à condition qu'il soit adapté à un usage extérieur et antidérapant. La grille de sécurité doit être efficace durable pour éviter les éventuels imprévus.

Les systèmes d'ombrage peuvent être faits de bois, de fer ou d'autres matériaux, il faut évaluer qu'ils soient résistants aux gels, qu'ils ne rouillent pas facilement et qu'ils ne nécessitent pas de traitements périodiques pour les protéger des agents atmosphériques.

Quant aux équipements des structures bâties, tous doivent évidemment se faire en conformité avec les exigences architecturales, d'urbanisme, de l'habitat sinon de l'Ekistique et du développement durable entre autres: la spatialisation, les commodités, le confort, les écoéquipements, les énergies nouvelles et renouvelable, etc.

D) Usage des équipements labélisés sinon issues des industries durables

E) Usage d'énergies renouvelables et propres

F) Présence de l'eau et jeux d'eaux

G) Equipements d'Energie solaire, thermique ou photovoltaïque:

Elle sera intégrée au niveau des toitures des équipements qui ont un grand besoin en matière d'énergie: hôtel, restaurant, lounge bar, salle polyvalente, centre multi fonctionnelle, et d'autre construction: villa, bungalow, etc.

H) Système de récupération des eaux de pluies

Les toitures végétalistes régulent efficacement les écoulements des précipitations, en retenant une partie des eaux de pluie et contribuent à limiter les risques d'inondation en évitant la saturation des réseaux. Elle peut même lors d'orages après une période de sécheresse, réduire l'engorgement des réseaux d'assainissement. La toiture végétalisée permet par la qualité de leur mise en œuvre et par les ombres de portées de renforcer l'isolation thermique de la toiture, elles contribuent également à diminuer les nuisances.

I) Gestion et valorisation de toutes formes des déchets

J) Grandes et petites vases servant de pot de fleurs

K) Arts et culture: Tableau de Peinture, des figures emblématiques africaine, scientifique etc., sculpture en bois, en argile, en aluminium, objets en céramique, etc.
L'Artisanats: Objets en vannerie, Objets tannerie, Objets en forgerie,…

L) Lampadaires solaire et jeux de lumière qui agrémentent le site;

M) Sanitaires confortables, distinctes et adaptés;

N) Pistes piétonnes et pistes cyclables

O) Signalétiques

P) Personnel qualifié, compétent, souple et apte;

Q) Présence des bassins intégrés à des espaces verts qui améliorent la qualité de l'aire et le micro climat;

R) Les bassins et les lacs artificiels jouent un rôle important pour l'humidification de l'air surtout en saison des pluies, un microclimat favorable, en plus des espaces bleus (fontaine).

4.2.1.2 MOBILIERS DURABLES

Il est préférable de choisir des mobiliers de qualité, qui soient capables:

- De résister aux agents atmosphériques;
- D'allier fonctionnalité et esthétique;
- De nécessité d'une maintenance minimale.

4.2.1.3 CHOIX DES ESPÈCES VÉGÉTALES

Pour choisir les types de végétations, il faut se référer:

- Au lieu;
- À l'orientation du terrain;
- À la fonction que l'on veut attribuer à la végétation (ombrage, paillottes blindage visuel, acoustique, délimitation des limites, etc.).

Les plantes doivent être choisies en fonction des effets chromatiques que l'on souhaite obtenir. Elles peuvent être choisies de manière à avoir une floraison limitée dans le temps où un dégradé tout au long de la saison végétative.

En plus de la floraison, il est également bon de calibrer la distribution entre les conifères et les feuillus pour éviter d'avoir des zones dénudées en hiver ou saison sèche. Il est également nécessaire d'évaluer les caractéristiques morphométriques des plantes pour déterminer dans quelle mesure elles peuvent se développer en hauteur et en largeur. Les espèces végétales locales résistantes et adaptées au climat du site sont à privilégier. Toutes les plantes collecter doivent être identifiées, vérifiées et suivies en permanence.

4.2.1.4 CHOIX DES ESPÈCES ANIMALES

Il est impérieux avant d'ouvrir un zoo, il faut d'abord obtenir un "certificat de capacité pour les animaux non-domestiques". Cette autorisation, très difficile à décrocher, impose de constituer des dossiers de plusieurs centaines de pages. S'ajoute un tas d'autres démarches, elles aussi très complexes (Vlès, 2016)

L'aménagement animalier dépend de chaque espèce animale. Mais les spécialistes en conservation préfèrent que ça soit pour les espèces végétales que animale qu'on accorde le privilège d'abord aux espèces endémiques et locales surtout les plus emblématiques puis les autres espèces exotiques mais, sous respect stricto facto de leurs exigences écologiques (Dorst *et al*., 2010, Maldague *et al.,* 2012, Binzangi, 2014).

La conservation des populations animales dans leur milieu naturel (conservation in-situ) ou artificiel (ex-situ) est possible pour soutenir la sauvegarde durable de la biodiversité. Et converger vers la mission première des zoos qui est la sauvegarde et la préservation des espèces de la biodiversité animale menacées de disparition dans leur habitat naturel, en entretenant des spécimens représentants de leur espèce dans des conditions optimale (Elenga, 2022). Comme la perte de l'habitat naturel, le braconnage et le changement climatique ont des impacts dévastateurs sur les populations animales, les parcs animaliers sont là pour protéger les animaux menacés (Dorst, 2007).

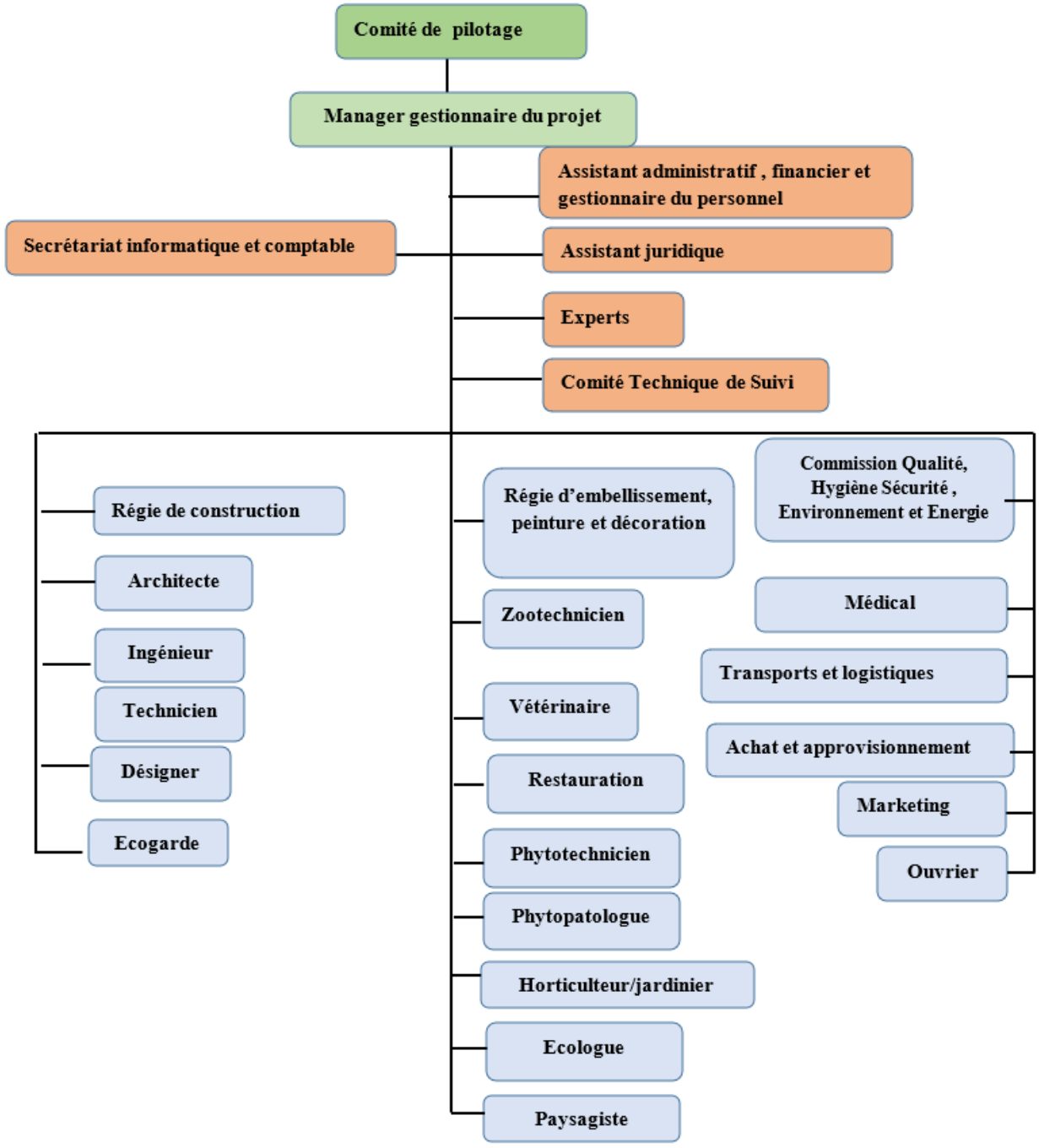
Cette démarche est à appliquer même pour les différentes espèces des poissons, les plus consommés par les touristes seront privilégiés, sous forme d'aquaculture, pisciculture et d'aquaponie, etc.

4.2.2 CADRE LOGIQUE DE LA STRATEGIE DU CHEMINEMENT DU PROJET D'AMENAGEMENT DU SITE

4.2.2.1 ORGANIGRAMME DES PRINCIPALES FONCTIONS DU PERSONNEL DE PROJET

Des expériences probantes sont nécessaires à chaque poste correspondante. Ce personnel sera recruté sur appel à candidature. A compétence égale, les candidats originaires de la zone du projet seront privilégiés et les candidatures féminines sont encouragées.

4.2.2.2 ORGANIGRAMME DU PROJET



Source : KAKI, 2024

4.2.2.3 CHRONOGRAMME DES ACTIVITES DE LA MISE EN ŒUVRE DU PROJET

N°	Produits prévus	Activités planifiés	Chronogramme		
			2025	2026	2027
1	Comité de gestion de projet et mise en place fonctionnelle	Recrutement, création et fonctionnement de Comité de Gestion	+		
2	Plan final ajusté	Réexamen approfondi de quelques points du projet - Etude de pré faisabilité - Etude de marché - Etude technique - Etude financière	+		
3	Obtention d'un titre foncier et d'un décret	Approche topographique, géométrique administrative, et judiciaire	+		
4	Recherche des partenaires	Lobbying et management éclairé	+		
	Délogement et démolition des constructions anarchiques	Sensibilisation des occupants illégaux , indemnisation de cas par cas, préavis, contrat de démolition	+		
5	Appel d'offres	Conditions à respecter : La réputation de l'entreprise sur le domaine de construction ou BTP - les travaux réalisés par l'entreprise - l'expérience de l'entreprise dans le domaine de construction de complexe touristique, témoignage positif de l'entreprise - les capacités de l'entreprise : -qualité et compétences de sa ressource humaine ; -Financière -Matérielle - le respect dans le délai d'exécution des travaux, Ses éventuels collaborateurs	+	+	
	Expertise	Recrutement , étude de faisabilité et lancement du projet	+	+	
6	Mise en place de 3 grandes Infrastructures touristiques et autres	Mise en place du chantier et construction des différentes zones : parc d'attractions et services	+	+	+
		Construction du jardin botanique	+	+	+
		Construction du jardin zoologique	+	+	+
7	Aménagement floral	Végétalisation et gazonnement	X	X	X
8	Aménagement animalier	Importation d'animaux		X	X
9	Finissage et équipements	Travaux de finissage et équipements des différentes structures		+	+
10	Recrutement des employés	Appel à candidature selon les postes			+
11	Production des matériels promotionnels du site	Utilisation des supports publis et hors médiats			+
12		Sensibilisation touristique		+	+
13	Début effectif d'activités touristiques	Ouverture au publique			X
14	Suivi des activités	Monitoring permanent	X	X	X
15	Evaluation d'activités	ACV et écoaudits (interne et externe)	X	X	X
16	Aménagement continu	Rénovation		X	X

Source: KAKI, 2024
Légende: ++++: Activités intermittentes
××××: Activités permanentes

4.2.2.4 ESTIMATION BUDGETAIRE DE CONSTRUCTION ET D'EQUIPEMENT DU SITE

Il convient d'évaluer les coûts d'implantation des infrastructures et équipements nécessaire du complexe multifonctionnel écotouristique de la N'sele. Pour ce, la recherche sur cette partie s'est appuyée sur le bureau d'experts immobiliers de INBTP/Ngaliema suite à l'absence de la mercuriale publique des prix en vigueur et dans l'optique de la rationalité.

Tableau 2. Estimation synthèse du coût de la mise en œuvre du projet dans 3 ans

N°	Libellé	Coût global
1	Estimation de rémunération de personnel de mise en œuvre du projet	10 807 200 $
2	Estimation du coût de construction du parc d'attractions spéciales	14 892 100 $
3	Estimation du coût de construction du parc botanique	12 649 700 $
4	Estimation du coût de construction du parc animalier	3 577 600 $
5	Estimation du coût de construction des autres infrastructures	7 404 000 $
6	Estimation du coût d'équipements des chambres d'hôtel (5 étoiles)	61 027 500 $
7	Estimation du coût d'équipements du parc d'attractions spéciales(équipements récréatifs et sportifs)	9 142 560 $
8	Estimation du coût d'autres équipements du site	873 000 $
9	Estimation du coût d'équipements des espèces (végétales et animales)	300 000 $
10	Estimation du coût d'équipement des débits de boissons	1 385 500 $
11	Estimation du coût d'équipements des restaurants et salles à manger	12 695 490 $
	total	**72 341 650$**

Source : KAKI, 2024

4.2.2.5 ESTIMATION DE LA RENTABILITE DU PROJET

La fréquentation du parc se réalise par la qualité des services, les offres disponibles, son niveau de marketing et surtout son engagement dans la lignée de la durabilité environnementale. Pour affronter non seulement la concurrence internationale et sous régionale en matière d'écotourisme. Ce site multiservice pourrait engendrer la rentabilité sociale, économique et écologique.

A. Rentabilité sociale

L'aménagement de la réserve forestière favorisera l'occupation des jeunes par le biais des activités ludiques, le développement des quartiers riverains grâce à la mise en œuvre du plan d'aménagement, la conservation des espèces fauniques et floristiques favorables à la pharmacopée traditionnelle, la régénération forestière favorable à la régulation du climat, la réduction de la dégradation, le renforcement de la cohésion sociale et fonctionnelle du fait des équipements et infrastructures mis sur pied (Origet Du Cluzeau, C. 2019).

Elle se fonde également sur l'attractivité par les activités proposées et le tourisme induit. Ses atouts comme: offrir les habitants de Kinshasa un parc de loisirs complet nécessaire et adéquat pour leur épanouissement et satisfaction; contribuer à l'embellissement de la ville; augmenter les espaces verts récréatifs moderne dans la ville, développer la commune de la N'sele et ses environs.

B. Rentabilité économique

L'aménagement du parc multiservices permettra la création de plus 3.000 emplois directs et 7.500 indirects. De plus, ces activités contribueront à l'amélioration des ressources financières à travers les différentes taxes, impôts et redevances. En outre, elles permettront autant des bénéfices à l'Etat, à la commune, à la ville de Kinshasa à se développer. Mais ces fonds permettrons nécessairement l'entretien du site et la protection durable du site. Au début de l'exploitation du parc, la fréquentation sera à la hausse. Elle atteindra une rentabilité au bout de quelques années. Le parc va générer les recettes provenant de la vente des billets d'entrées et aux activités et services au sein du parc. Il est certain qu'en période des fêtes, les jours ferriers, le week end, le parc connaitra une forte recette. Le tableau suivant estime les recettes que pourront être générées par le parc dans un laps de temps au plus égal à 3 ans d'exploitation.

Etant donné que beaucoup d'investissements seront nécessaires pour que le tourisme de la région puisse se développer, ce projet envisage d'appliquer la stratégie des prix plus rentable. Cette stratégie consiste à fixer un prix qui incluse une marge calculée en fonction du montant des investissements et du délai nécessaire de récupération. Elle sera appliquée jusqu'à ce que le montant des investissements soit récupéré, et ceci avec des bénéfices pour garantir la rentabilité du centre. Quand tout sera récupéré, étant donnée que le service touristique est un produit saisonnier, la stratégie de « *yeld management* » devrait être appliqué (Amirou, R., et al., 2017). Il s'agit de moduler le prix en fonction de la demande. Il faudrait donc augmenter le prix pendant les hautes saisons, et les abaisser pendant les basses saisons. Et certains services seront plus élevés pour les touristiques étrangers.

Tableau 3. Estimation synthèse de la rentabilité du projet et des charges d'exploitation de 3 ans

1	Estimation de la rentabilité économique du site	**127. 521 000 $**
2	Charge du personnel	11 350 800 $
3	Différents droits, taxes et impôts à payer par le site	56 859 $
4	charge d'exploitation du site	26 593 200 $

Source : KAKI, 2024

C. Rentabilité écologique

L'impact environnemental de l'aménagement de ce site favorise la préservation des équilibres écologiques, la rentabilité écologique, l'embellissement de la ville de Kinshasa. De plus, ce projet permettra une meilleure protection du couvert végétal et des espèces fauniques et floristiques de la RDC et d'ailleurs.

Par ailleurs, cet aménagement est susceptible d'avoir un impact environnemental tant positif que négatif sur la zone d'étude. Il s'agira, entre autres du climat et du sol dudit site d'avec:

- L'aménagement en lui-même serait source de bienfaits pour la santé de la population du site;
- Capitale verte;
- Ressourcerie;
- La préservation des arbres existants et la plantation d'arbres nouveaux pour lutter contre le rayonnement ultraviolet (UV) et les effets du changement climatique;
- la disponibilité de lieux pour faire de l'activité physique favorable à la réduction du stress;
- La forte superficie d'ombrage favorable à la lecture et la détente. De même, elle favorise la fraîcheur par sa capacité d'évapotranspiration et la ceinture verte recréatrice et protectrice;
- L'absorption des îlots de chaleur urbaine, le développement de l'écotourisme et de la culture verte;
- La promotion, la conservation, l'embellissement, l'émerveillement, la durabilité culturelle et écosystémique;
- La participation au mécanisme REDD+;
- La transition écologique urbaine;
- L'absorption des gaz à effet à dessert;
- Et

Fig. 9. Plan d'aménagement du jardin botanique, élaboré à l'aide de Sketchup (SIG)

Source : KAKI, 2024

Fig. 10. Plan d'aménagement du jardin animalier élaboré à l'aide de sketchup(SIG)

Source : KAKI, 2024

Fig. 11. Illustration d'aménagement complet du Parc de la N'sele élaboré à l'aide de sketchup

Source : Blanchard KAKI, 2023

4.2.2.6 CADRE LOGIQUE DU PROJET

N°	Objectifs opérationnels	Activités à mener	Indicateurs Objectivement Vérifiables (IOV)	Moyens de vérification (MV)	Résumé Narrative (RN)	Conditions critiques/ supposition
1	Plan d' aménagement	**Planification** - Élaboration d'un plan d'aménagement écotouristique conformément aux normes technico-scientifiques - Spécificités techniques - type d'aménagement	Existence d'une personne qualifiée, une équipe ou une structure officielle recrutée et engagée pour élaborer le plan	Descentes de terrain, les cartes géographiques, photos, le sondage ; Disponibilité d'un plan détaillé en plusieurs formats (papier, électronique, etc) auprès Rapport physique de l'étude socio-économique et environnementale du milieu.	Prendre en compte les désidératas des bénéficiaires pour préciser les différents types d'aménagements qui auront lieu dans le site et leurs technicités, jardin botanique animalier et parc d'attractions et services. Il est essentiel de maitriser (s'informer et former) le secteur du tourisme : mieux connaître le secteur d'activité, les contraintes règlementaires, l'environnement institutionnel, le marché, les attentes de la clientèle, le territoire etc....	Manque de moyen financier et matériel pour faciliter la tâche à l'aménageur ou l'architecte, la structure et/ou les individus aménageurs pour élaborer le plan d'aménagement

2	Comité de gestion de projet	- Recrutement du Gestionnaire de projet (*project officer)* et assistants. - Recrutement des experts et consultants - Mettre en place des équipements nécessaires - Gestion quotidienne du projet, y compris le plan de travail annuel et budget - Production des rapports d'activités et financiers la date de rencontre d'ensemble pour échange	- Gestionnaire et assistants recrutés. - Locaux de travail et équipement fournis. - Gestion quotidienne assurée. - Rapports produits dans les délais requis. - Plan de Travail Annuel (AWP) et budget approuvés Date de rencontre d'ensemble pour échange	- Contrats de travail signés de chaque membre du comité - Présence des membres chaque jour au site - Locaux de travail et équipements physiques - Le rapport physique - Plan de travail et approbations du budget - Calendrier des rencontres de travail	Toutes ces ressources humaines sont présentes sur place en Rd Congo, c'est donc que l'expertise étrangère n'est pas forcément utile. Les orientations assez claires de cette politique doivent être appliquées avec un impact positif visible dans le centre-ville.	Que la volonté politique et pratique soient manifestées Que plan de décaissement de fond soit effectif ; Qu'il n'y ait pas inflation monétaire Que les partenaires respectent les engagements Que la paix et la sécurité règnent Qu'il n'y ait pas détournement des fonds.
3	Processus d' aménagement	**Stratégies décisionnelles d'aménagement** - Méthodologie pour la réalisation de l'étude validée - Le plan d'actions prioritaires et un document de projet élaboré et validé - Analyse des matériaux durables à utiliser - Estimation financière du coût d'aménagement par zone - Coût total d'aménagement - Appel d'offre Plan de financement prévisionnel	Préparation d'un cadre logique de la stratégie et du cheminement de l'étude Plan d'aménagement des zones touristiques ; La décision des matériaux à utiliser Document d'estimation du coût financier d'aménagement par zone ; Coût total d'aménagement estimé Réponse des appels d'offres Plan de financement prévisionnel en chiffre ou en pourcentage	- Document stratégique du cheminement de l'étude - Documents en dure du plan de chaque lieu à aménager ; - Contrats avec des fournisseurs des matériaux de construction ; - Le montant estimé du projet - Les contrats d'aménagement ; - Le chiffre ou le pourcentage à décaisser sous format calendaire ;	Préciser les préalables organisationnelles et décisionnelles pour l'aménagement proprement dit L'appel d'offre se fera sera l'expertise de la société et les preuves des aménagements antérieurs. Le coût total est nécessaire à savoir pour permettre l'établissement du plan de financement prévisionnel et définir les différentes étapes.	Que la mercuriale des prix soit statique Que les stratégies soient issues d'un consensus Que le taux de change soit stage Que les prix des matériaux soient stables sur le marché Que le coût global soit réalisable Que les contrats d'aménagement soit dûment signés
4	Aménagement infrastructurel	- Construction des infrastructures retenues dans le projet au sein de trois zones : - voies d'accès, enclos animaliers, grilles de sécurité et de clôture,éclairage, signalisation, etc. - infrastructures d'embellissement et d'attractions (fontaine, piscines, aquarium, etc) - Implanter des réseaux électriques et d'eau - végétalisation - Déployer les outils de diffusion de l'information - Peinture et décoration - Finissage et travaux de retouches	Effectivité des constructions des immobiliers du projet Les voies aménagées, les enclos animaliers, grilles de sécurité et de clôture, etc Infrastructures d'embellissement et d'attractions (fontaine, piscine, aquarium, etc) Plantation des essences et pelouse Peinture et décoration des immeubles Finissage et travaux de retouches	Photos des faits d'aménagement en cours de réalisation Descente de terrain pour observer Accès libre pour les parties prenantes le week pour confirmer l'effectivité des travaux Existence des différentes infrastructures Les plantules et pépinières L'effectivité du peinture et décoration La visualisation des travaux de finissages et retouches	La construction des infrastructures touristiques prouve la mise en tourisme par la dotation d'un lieu des bâtis à des fins récréatives. Leur embellissement, décoration, finissage donnent l'âme au projet. Par contre la végétalisation du site donne déjà au site une image plus attractive et reposant. Le confort acoustique ainsi que l'intimité des occupants doivent être assurés par les prises de différentes cautions conformes aux règlements régissant la construction en ce qui concerne les murs, le sol et les ouvertures.	Que les matériaux de constructions arrivent au site au moment prévus Que l'entreprise retenues pour l'aménagement reçoive le nécessaire du contrat prévu dans le plan de décaissement Que le personnel engagé soit compétent et apte. Que la sécurité et la paix règnent

5	Equipements matériels et mobiliers	Équipements des matériels et d'autres immobiliers Equipements culturels et sportifs Equipements des matériels de transport Equipements matériels des bureaux Equipements de loisirs Equipements d'hébergement Equipement de restauration Equipement de sécurité Equipement de décoration, de confort et d'embellissement ; Importation d'animaux Equipements de diversement Equipements signalétique directionnels complets ; Equipement d'hygiène, sécurité, assaini. &env. Etc.	La présence physique de ces différents équipements dans chaque type d'infrastructures ou lieux aménagés	Porte ouverte aux bénéficiaires du projet pour s'informer Information audio visuelle	L'équipement du site touristique s'effectue selon les infrastructures et la nature du zone touristique. Cette étape constitue une étape très probante de la réalisation du projet. Les écoéquipements sont privilégiés pour se ranger dans la durabilité touristique	Que le financement prévus pour les équipements soit défalqué à temps ; Que les fournisseurs respectent le calendrier de livraison Que les écomatériaux retenus par les experts soient respectés par les fournisseurs Que des mesures d'assouplissement soient accordés à la douane par l'intervention du gouvernement
6	Jauge de la rentabilité de l' activité et livraison de l' ouvrage	- Rentabilité et évaluation du projet - Chiffre d'affaire prévisionnel et seuil de rentabilité - Taux de fréquentation minimum mensuel - Détermination des charges d'exploitation - Seul de rentabilité Livraison de l'ouvrage	Etude scientifique et pratique de la rentabilité du projet Estimation statistique et économique de la demande touristique Etude comptable, économique et financière de détermination des charges d'exploitation Remise solennelle des clés au manager du projet par les ingénieurs	Rapport documenté d'étude scientifique et pratique de la rentabilité du projet document d'estimation statistique et économique du projet Rapport comptable et financière sur la détermination des charges et revenus des employés futurs du projet Présence des clés au manager du projet	Evaluer la productivité et les dépenses mensuelles du projet avant de l'ouvrir au public	Qu'un service d'expert en économie et statistique puisse établir une étude de la rentabilité prévisionnelle pour le site Que document soit publié à temps record
7	Début effectif d' activités touristique	- Appel à candidature selon les postes - Test de présélection - Mise à niveau de personnel présélectionné et test final - Publication des listes des retenus et signatures des contrats de travail - Ouverture du site au public	Appel à candidature selon les postes ; Organisation de test de présélection Formation de mise à niveau par les spécialistes avérés et test final Publication des listes des retenus interviews et signatures des contrats de travail Cérémonie d'ouverture publique du site	Dépôt des candidatures selon les postes Tenu du test de présélection Lieux de formations effectives et délivrance d'attestation de fin de formation Publication on ligne les listes de retenu Signatures des contrats Cérémonie médiatisée d'ouverture d'activités au public.	Un projet touristique nécessite des compétences, du temps disponible, de l'énergie et un engagement humain. Il est question de respecter les préalables pour embaucher les prestataires touristiques dont les qualifiés et les expérimentés seront privilégiés.	Que les publicités soient très captives un mois avant l'ouverture du site

8	Stratégie de gestion du parc	- Ecogestion, écoérgonomie et gestion participative - Politique de salariale - maintenance - l'entretien préventif et curatif - Ecocertification - Rédaction d'une charte des membres et d'un règlement intérieur du site	- Organisation de séances l'écoadministration et les pratiques du tourisme durable - Application du SMIG - Mise en place du comité QSHE Pratique respectueuse de l'env.	- Application normative d'écogestion et de l'ergonomie - Traitement décent des employés - Existence du comité QSHE - Charte de bonne conduite	- L'écogestion est souhaitable car elle met au centre l'écologie et la dimension axiologique. - Le comité QSHE est de nos jours très exigé au regard des avantages - La gouvernance environnementale est également très importance	- Que le management intégré soit de support par excellence du fonctionnement du site.
9	Plan marketing	- Brochures, affiches, dépliants, prospectus, produits et distribués ici et là ; - Film touristique du site - Posters produits - Cartes postales produites - le Site web de du parc finalisé, attractif et dynamique et des comptes des réseaux sociaux - Carte Touristique en dure et virtuelle ligne actualisable; - Usage du publis et hors médias - Autres promotionnelles entamées (carnaval, etc) - Création des produits touristiques et événementiel - Démarche de labellisation du site	Production des brochures, affiches, dépliants, prospectus catalogue, et distribution ; Production d'un film touristique du site Production des posters création d'un site web et comptes des réseaux sociaux ; Production d'une carte touristique en dure et virtuelle actualisable (SIT) Des publicités hors et publis médias Pratiques d'activités promotionnelles(carnaval, etc) Vente de l'image aux voyagistes et autres agences du tourisme Sensibilisation des écoliers, jeunes, étudiants, ministères , diplomates, hommes d'affaires, club, etc) sur les offres du site Sensibilisation systémique des intervenants au tourisme(DGM,transporteurs, police)sur leurs attitudes devant les touristes)	Présence à travers la ville, les frontières, des calicos publicitaires, distribution dans les lieux publics des dépliants, catalogue (agence de voyages, etc. Visibilité sur les réseaux sociaux des informations géospaciales du site Descente dans les écoles,quartiers, universités , ministères, régies pour le marketing de proximité et dépôt des catalogues, dépliants) Présence d'équipe de sensibilisation médiatique et hors médiatiques des intervenants et des potentiels touristiques Des publicités médias et hors médias dans les radio (top congo,..) et chaines de télévision les plus suivi. L'apparition d'article dans les journaux de presse écrite les plus suivi(potentiel, grand lac, référence plus,...)	L'utilisation des moyens marketing (hors et publis médias) pour se faire connaître, attirer et fidéliser les éventuels touristes. Le marketing est très nécessaire pour se faire connaître, promouvoir les offres disponibles, maximiser les recettes et satisfaire les clients.	Que l'équipe du marketing soit compétente et mettre en œuvre des stratégies innovantes et attractives Que les moyens financiers du marketing soit affecté selon la demande de l'équipe Que l'E-tourisme soit d'application

10	Evaluation et suivi	- Mettre en place des questionnaires pour mesurer la satisfaction des clients et assurer le suivi des plaintes. - Réajuster la grille tarifaire ou définir une tarification haute saison/basse saison - Mettre en place des actions promotionnelles sur les périodes de faible fréquentation, - Développer des activités complémentaires de loisir - Prévoir des boîtes à suggestion électronique et physique ; - Evaluer la qualité de l'environnement du site et la demande touristique - Inventaire floristique et faunistique	- Elaboration des protocoles de collecte d'information sur les avis et les plaintes de touristes ; - Actualisation des grilles tarifaires selon les saisons et les évènements - Organisation du marketing direct dans le site - Mise en place des activités plus spéciales - Disponibilité des boîtes à suggestion physique et électronique - Réalisation des audits et les ACV	Existence d'un document d'évaluation et de suivi des activités du site Existence d'un document du plan marketing Existence d'un PGES Rapport d'un tierce service de contrôle environnement national ou international (OCC, etc)	Une démarche inhérente pour fidéliser les clients, maximiser les recettes et améliorer la qualité des services et des offres. La réalisation d'un nouvel inventaire de la biodiversité	Que service marketing soit qualifié et équipé Que le service de QSHE soit qualifié et équipé Que le site fasse appel à l'expertise externe pour audit de conformité Que les experts en biodiversité soient payés pour l'inventaire de la biodiversité
11	Amélioration continue ou application du système de Management Intégré (SMI)	Respecter les référentiels normatifs Monitoring Mesures correctives et mise à jour. Mise en place d'un système de statistiques touristique Renforcer la qualité esthétique et fonctionnelle	Plan d'aménagement continu Monitoring informatisé Suivi informatisé du flux et prise des stratégies managériales Plan de renforcement de la qualité esthétique et fonctionnelle des équipements	Disponibilité d'un plan d'aménagement continue Existence d'une cellule de monito Présence d'un bureau statistique du prise des stratégies managériales Amélioration du confort, la fonctionnalité et l'intégration paysagère	Identifier les failles pour corriger à temps record et adapter l'offre pour ne pas être en décalage par rapport aux contextes de l'heure et aux besoins des clients	Que l'équipe des experts deviennent le consultant trimestriel du site

Source : KAKI, 2024

5 CONCLUSION

Cette étude a démontré les besoins des touristiques Kinois enquêtés dans différents sites récréatifs de Kinshasa et a pris en compte leur désidératas sur la mise en tourisme d'un site écotouristique multiservice selon le contexte congolais et les exigences techniques technico-scientifiques modernes. Cependant, il est nécessaire que:

- Financer ce projet;
- Mettre en place plusieurs sites écotouristique à travers les différentes de RDC;
- Réaménager nos aires protégées par rapport aux exigences du tourisme durable;
- Promouvoir les destinations écotouristiques de la RDC;
- Privilégier l'emploi des qualifiés en matière du tourisme;
- Utiliser le système de management intégré pour améliorer l'offre touristique;
- Digitaliser les sites touristiques de la RDC;
- Certifier et promouvoir la gastronomie congolaise au tourisme internationale;
- Augmenter l'enveloppe du budget du tourisme;
- Investir réellement pour la performance et la compétitivité des offres;
- Construire des sites touristiques modernes et multiservices.

Cela, pourrait replacer la RDC au tourisme international et se développer rapidement.

REFERENCES

[1] Amirou, R., et al. (2017), Le tourisme local, une culture de l'exotisme, éd. L'Harmattan, Paris.

[2] Binzangi, L. & Falanka, N. (2014). Réflexion sur l'évolution de l'environnement de Kinshasa: d'une portion biosphérique à une « cupidosphère », in Cahiers congolais de l'Aménagement et du Bâtiment (N° 0003). Institut du Bâtiment et des Travaux Publics, Kinshasa/RDC.

[3] C. Sicart (2017), Aménagement touristique et ses nouveaux enjeux, Ed. l'Harmattan, Paris.

[4] Cazelais, N et al. (2018), L'espace touristique. Ed. PUQ, Québec.

[5] Dewailly, J.M, (2015), « tourisme et aménagement en Europe de nord ». Ed. Masson, Paris.

[6] ICCN, (2012), Stratégie nationale de conservation de la biodiversité dans les aires protégées de la République Démocratique du Congo, Kinshasa.

[7] Kabamba Kabata, L'étalement urbain de Kinshasa. Contenu et enjeux l'organisation urbaine, Journée Scientifique du 1er au 2 juin 2009, Section Urbanisme, IBTP Kinshasa.

[8] Lelo, N. (2011), Planification et aménagement. Ed. l'Harmattan, Paris.

[9] Lozato J. P. (2018), Géographie du tourisme: De l'espace consommé à l'espace maîtrisé, Paris: Pearson Education France, Coll. « tourisme ».

[10] Mashini D.M (2022), Aménagement touristique, UPN, 2023.

[11] Merlin, P. (2013), L'Urbanisme, éd. Puf, Paris.

[12] Musenga T (2023) Impact de l'occupation de l'espace urbain sur l'environnement à Kinshasa, éd.PUE, 2023.

[13] Origet Du Cluzeau, C. (2019), Le tourisme culturel, Que Sais-Je ? Presses, Universitaires de France -PUF.

[14] Ramazani, J.-P. (2018), *Tourisme: concepts, filière et séjour touristique,* Ed. Universitaires Africaines Kinshasa.

[15] Tranquard, M., Gagnon C. (2018), Opérationnalisation des projets écotouristiques: quels critères pour favoriser la durabilité environnementale ?«, Téoros.

[16] Vellas, F. (2018), Économie et politique du tourisme international, 2e édition, Ed. Economica, Paris.

[17] Vlès, V. (2016), Politiques publiques d'aménagement touristique: objectifs, méthodes, effets, Talence, Presses universitaires de Bordeaux, France.

International Journal of Innovation and Applied Studies
ISSN 2028-9324 Vol. 43 No. 4 Oct. 2024, pp. 1201-1210
© 2024 Innovative Space of Scientific Research Journals
http://www.ijias.issr-journals.org/

Applicabilité de l'accord de Maputo dans le contexte de la province du Sud-Ubangi - Enjeux et perspectives: Etude réalisée dans l'aire de santé cité Kivu, Zone de santé urbano-rurale de Gemena, Ville de Gemena. Province de Sud Ubangi, RD Congo

[Applicability of the Maputo Agreement in the Context of South-Ubangi Province - Issues and Perspectives: Study Conducted in the Kivu Health Area, Gemena Urban-Rural Health Zone, City of Gemena, South Ubangi Province, DR Congo]

MOMBELA IBELE Désiré[1], MAMBESA BAINAMBOKA Martin[2], MANGI BENDE Maurice[2], WEBINA SANA Clarice[1], MALAKA MAKONGO Frédéric[1], KUTUBATO ETONDE Niclette[1], BOKANGO BAPOTI Thomas[1], ETOMBO Wa LINGOMBOLO[1], and MONGANGA TWANA Olivier[1]

[1]Chef de Travaux, ISTM Gemena, Province du Sud-Ubangi, RD Congo

[2]Assistant, ISTM Gemena, Province du Sud-Ubangi, RD Congo

Copyright © 2024 ISSR Journals. This is an open access article distributed under the ***Creative Commons Attribution License***, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

ABSTRACT: The health and well-being of women of reproductive age are central to sexual and reproductive health concerns in the Democratic Republic of Congo (DRC), especially in the South Ubangi province. Despite the 2018 ratification of the Maputo Protocol, which advocates for comprehensive abortion care centered on women (SCACF), its implementation remains limited, contributing to high maternal morbidity and mortality rates. The World Health Organization estimates that over 200,000 women die annually in developing countries due to unsafe abortions, a particularly severe issue in areas like Gemena, where maternal deaths, especially among adolescents, are frequent. The high mortality is partly due to social stigma, which views abortion as a criminal act, preventing access to appropriate healthcare services.

A study conducted in the Kivu health area revealed significant gaps in the implementation of the Maputo Protocol. Of 21 healthcare providers surveyed, only 2 (9.1%) had received SCACF training, far below WHO standards. Additionally, the necessary infrastructure and equipment to provide quality care were lacking. The study shows that the Maputo Protocol is largely non-functional in the Kivu health area and throughout the Gemena health zone.

To address these issues, it is crucial for health sector actors, particularly the government, to ensure the proper application of the protocol. This would not only improve women's health but also contribute to the overall development of the province and the country.

KEYWORDS: care, abortions, health, sexual, reproductive, Maputo agreement.

RESUME: La santé et le bien-être des femmes en âge de procréer sont au cœur des préoccupations en matière de santé reproductive en RDC, en particulier dans la province du Sud Ubangi. Malgré des protocoles comme celui de Maputo, ratifié en 2018 et visant l'intégration de soins complets d'avortement centrés sur la femme (SCACF), leur mise en œuvre reste limitée, contribuant à des taux élevés de morbidité et de mortalité maternelle. Chaque année, l'OMS estime que plus de 200 000 femmes meurent dans les pays en développement à cause d'avortements clandestins, un problème particulièrement présent dans des zones comme la ville de Gemena où les cas de décès maternels, surtout chez les adolescentes, sont nombreux. Ce taux élevé est en partie lié au manque de sensibilisation et à l'inaccessibilité des soins appropriés, renforcés par les normes sociales locales qui stigmatisent l'avortement et l'assimilent à un acte criminel, rendant difficile l'accès aux soins de santé.

Une étude menée dans l'aire de santé Kivu a révélé des lacunes significatives dans la mise en œuvre du protocole de Maputo. Sur 21 prestataires sondés, seulement 2 avaient reçu une formation sur les SCACF, soit à peine 9,1 %, un chiffre bien en deçà des

recommandations de l'OMS. De plus, les infrastructures et équipements nécessaires pour fournir ces soins de qualité font cruellement défaut. Cette étude démontre que l'application du protocole de Maputo reste largement insuffisante dans cette région.
Pour remédier à cette situation, l'engagement des acteurs de la santé, y compris le gouvernement, est essentiel pour assurer l'application du protocole et améliorer la santé des femmes, contribuant ainsi au développement durable de la province et du pays.

MOTS-CLEFS: soins, avortements, santé, sexuelle, reproductive, accord de Maputo.

1 INTRODUCTION

L'avortement criminel est l'interruption volontaire de grossesse, c'est-à-dire l'expulsion prématurée, volontairement provoqué, sans nécessité médicale du produit de conception. (OMS, 2009). A ces jours, cette pratique est de plus en plus rencontrée parmi les jeunes adolescentes en RDC et dans la province du Sud Ubangi. Elle met en danger la vie de la jeune fille et a un impact négatif parfois irréversible sur la société. Alors que l'avortement est considéré, dans le droit congolais et même dans les pactes internationaux comme un des droits humains (Protocole de MAPUTO, 2010)

Par avortement, on sous-entend, toute interruption de la grossesse d'une façon spontanée ou provoquée avant 22 semaines d'aménorrhée ou pour un fœtus de moins de 500 g (OMS). La viabilité fœtale est définie parfois en fonction du plateau technique de chaque pays. Ainsi pour la RDC, l'âge gestationnel de l'avortement est fixé à avant 28 SA. Il est dit provoqué, si l'expulsion du produit de conception à la suite des manœuvres instrumentales ou d'actions médicamenteuses entreprises pour interrompre une grossesse, se fait de manière intentionnelle pour des raisons diverses.

L'OMS et l'UNPFA reconnaissent que dans les pays en voie de développement, 222 millions de femmes souhaitant éviter ou retarder une grossesse n'ont pas accès à la contraception (OMS-UNFPA, 2009). La plupart de ces services étant non disponibles, Chaque année, 25 millions de grossesses non désirées aboutissent par un avortement non sécurisé. Ces avortements dits « clandestins » provoquent des infirmités temporaires ou définitives de 8 millions de femmes, et le décès d'au moins 50.000 femmes (OMS, Op.cit.).

L'Afrique est la région au monde comptant le plus grand nombre de décès liés à l'avortement par an. En 2014 par exemple, au moins 9 % de la mortalité maternelle en Afrique étaient imputable à l'avortement non sécurisé (OMS-Afrique, 2016). Selon l'EDS 2013-2014, la mortalité maternelle en RDC est estimée à 846 pour 100. 000 naissances vivantes. Les avortements y compris. Les avortements non sécurisés représentent la deuxième cause de mortalité maternelle dans le pays. Ces avortements non sécurisés dans des conditions d'hygiène précaires concernent toutes les femmes en âge de procréer, y compris les adolescentes, contribuant aux décès maternels à hauteur de 30 % selon les estimations (MICS, 2010).

Les avortements non sécurisés constituent donc un réel problème de Santé Publique et d'injustice sociale en République Démocratique du Congo. 30 % des décès maternels sont imputables à des avortements à risque (clandestins), souvent réalisés dans des très mauvaises conditions (prestataire non qualifié, plateau technique inadéquat, procédures inappropriées et/ou obsolètes).

En 2016, pour la seule ville de Kinshasa, on a estimé que 2 grossesses sur 5 se sont terminées par un avortement, avec une moyenne de 146 700 avortements pour l'année, ce qui représente 400 avortements par jour et 17 avortements par heure. Près de deux tiers de ces avortements finissent par des complications graves ou modérées (OMANYONDO M-C, 2019).

Par avortement clandestin, on entend une interruption volontaire et consciente de la grossesse avant sixième mois. Cet avortement résulte de certaines manœuvres extérieures. L'Abbé BEUGNET dans son ouvrage avortement, estime que l'interruption peut être directe ou indirecte.

Tshibangu (1984) estimait que les moyens les plus utilisés sont des moyens médico-chimiques qui sont en réalité des poisons qui tuent le fœtus (et) parfois empoisonnent la mère.

Parmi ces moyens, on peut citer:

- Les extraits végétaux (médicaments traditionnels ou modernes;
- Les moyens chirurgicaux dépendant de plusieurs facteurs, notamment du degré de l'interruption de la grossesse.
- Les moyens mécaniques: utilisent l'intervention chirurgicale ou autres instruments pour provoquer l'avortement. Par exemple:
    - ✓ Ouverture du col par dilatation;
    - ✓ Curetage.

A l'issue de toutes ces pratiques, les hémorragies sont abondantes; les douleurs sont constantes, plus ou moins vives continues ou rythmées de paroxysmes, de siège hypogastrique ou lombaire. L'état général est souvent atteint, la température peut être anormalement très élevée.

Les conséquences de l'avortement clandestin sont innombrables et démesurées. Elles peuvent entrainer la vie de la mère, mais aussi celle du fœtus. En effet, l'avortement clandestin entraine toujours la mort du fœtus ou de l'embryon et parfois la mort subite de l'avortée.

Parmi les nombreuses complications, on peut retenir:

- Complications locales: la rétention placentaire (63,6%). Elle est source de complications hémorragiques et infectieuses locales; les hémorragies (63,6%) qui peuvent se compliquer du collapsus et du choc. L'hémorragie est une indication formelle de l'évacuation de l'utérus, l'infection localisée à l'utérus (9.1%), les lésions traumatiques (25,2%); perforations utérines, dilacérations cervicales, brûlure du vagin, l'infarctus utérin…
- Complications régionales: la pelvipéritonite; la collection purulente (l'abcès du douglas, le phlegmon du ligament large, (pyasalpinx), les salpingites, les péritonites généralisées, les thrombophlébites…
- Complications générales: les infections généralisées: septicémie à germes banals; la toxi-infection septicémie à perfringens, choc bacteriémique dans les toxi-infections à germes banals tétanos: l'intoxication par absorption de drogues abortives avec atteintes des reins, foie, nerfs…
- Complications nerveuses: la mort subite lorsque la sonde d'aspiration franchir le col (réflexe vaginal) ou lors du début de l'injection intra-utérine, l'embolie gazeuses se manifestant par un syndrome convulsif suivi de coma vigil ou par une aphasie, une anoxie, une hémiplégie ou une monoplégie.
- Conséquences sociales: chance très réduite de mariage (22.7%), dépenses financières (18.2%), conflits familiaux (9,1%); divorce.
- Séquelles de l'avortement la salpingite chronique, les séquelles concernant la fonction de reproduction: la stérilité secondaire par lésions tubaires cicatricielles, les adhérences péritonéales et péri-tubo-ovariennes et parfois mutilation d'organes; la sténose isthmique et synéchie utérines, adénomyoses, endométrioses; les algies pelviennes chroniques; les séquelles menstruelles irrégularité menstruelle métrorragies, hypoménorrhée ou aménorrhée due à la formation des synéchies utérines.
- Séquelles psychiques à type de psychose dépressive avec l'idée de culpabilité, d'indignité, bouffées délirantes avec hallucinations.
- Conséquences obstétricales ultérieurs de l'avortement clandestin, la grossesse extra-utérine liée à une lésion inflammatoire tubaire acquise à l'occasion de complication infectieuses de l'avortement. Les avortements à répétition suite à l'endométrite résiduelle, synéchies et surtout la béance cervico-isthmique; l'insertion basse du placenta responsable des anomalies de la délivrance, notamment rétention placentaire par adhérences ou forme grave de placenta accreta, rupture utérine en cours du travail à partir d'une brèche utérine connue ou méconnue.

Dans la province du Sud Ubangi et dans la ville de Gemena en particulier, il se note au moins chaque semaine un cas d'avortement réalisé dans des conditions inacceptables se soldant pour la majorité des cas, à des décès maternels parfois évitables si les soins complets d'avortement centrés sur la femme étaient de stricte application.

Face à ces défis, la RDC a adhéré au Protocole à la Charte Africaine des droits de l'homme et des peuples relatif aux droits de la femme en Afrique dit « Protocole de Maputo » qui en son article 14.2 (c) autorise l'avortement sécurisé en vue de protéger les droits reproductifs de la femme. Ce protocole, acté par les textes légaux de la RDC notamment à travers l'arrêt de la cour constitutionnelle du 07 juin 2019, autorise l'avortement à travers les soins complets d'avortements centrés sur la femme (SCACF) en cas d'agression sexuelle, de viol, d'inceste et lorsque la grossesse met en danger la santé mentale et physique de la mère ou la vie de la mère ou celle du fœtus. L'avortement en tant que soin, relève du droit de la femme et d'un choix raisonné auquel les prestataires sont appelés à pourvoir et à accompagner pour concourir à la bonne santé et au bien-être de la femme. D'où l'intégration des SCACF pour respecter les droits sexuels et reproductifs de la femme conformément aux instruments ratifiés par le pays.

Les soins complets d'avortement centrés sur la femme est une approche des soins d'avortement qui tient compte des besoins individuels en termes de santé physique et émotionnelle de chaque femme, de ses circonstances personnelles et de sa capacité à accéder aux soins.

Celle-ci inclut, selon le protocole de Maputo (2018), le traitement de l'avortement provoqué; de l'avortement incomplet, la grossesse arrêtée; des informations et un accompagnement compatissant; des services de contraception; des soins et services de santé sexuelle et génésique liés à l'avortement et dispensés sur place ou par le biais d'un transfert ou d'une orientation vers des établissements accessibles ou des prestataires partenaires disponibles au sein de la communauté.

En vertu d'un cadre juridique fondé sur les droits humains, toute femme en tant qu'individu a droit à l'avortement et aux soins destinés à lui sauver la vie en cas de complications consécutives à un avortement.

Le droit de la femme à l'avortement se réfère à toutes les femmes indépendamment de leur âge, qu'elles soient jeunes, adolescentes et/ou célibataires.

Les conditions qui facilitent l'accès de la femme à l'avortement sécurisé et qui déterminent sa capacité d'exercer ce droit sont:

- Un cadre juridique propice;
- Un engagement gouvernemental et public favorable à la santé des femmes ;
- La liberté permettant aux femmes d'exercer leurs droits sexuels et reproductifs ;
- Des infrastructures adaptées et des ressources économiques suffisantes pour permettre au système de santé de répondre aux besoins de toutes les femmes ;
- Un environnement social et culturel favorable aux droits des femmes.

Un avortement est non sécurisé ou dangereux lorsqu'il est pratiqué dans de mauvaises conditions de sécurité (conditions minimales ne sont pas remplies) ou par des personnes n'ayant pas les compétences requises, soit les deux. (OMS). Les Soins Apres Avortement (SAA) sont une composante des SCACF comprenant un ensemble d'interventions médicales et autres visant à traiter les complications d'un avortement spontané ou provoqué, sécurisé ou non, et à répondre aux besoins en matière de soins de santé des femmes en rapport avec l'avortement.

Les Soins complets d'Avortement Centré sur la Femme (SCACF) sont une approche des services en rapport avec l'avortement qui tient compte des besoins individuels de la patiente/ cliente en termes de santé physique, mentale, des circonstances et de ses capacités. Ils comprennent un paquet de services de santé de la reproduction en rapport avec l'avortement:

- L'offre des services d'avortements sécurisés conformément aux dispositions légales et règlementaires;
- L'offre des soins après avortement pour traiter toutes les complications des avortements incomplets, la rétention fœtale et toute autre complication d'un avortement sécurisé ou non sécurisé;
- Les services de contraception après avortement;
- Le counseling ou conseil bienveillant qui est une composante très déterminante pour la qualité des SCACF;
- Les autres services de santé sexuelle ou de santé génésique dont la cliente qui avorte peut avoir besoin d'utiliser sur place ou par le biais d'une référence vers des structures accessibles;
- Mise en place de partenariats avec des prestataires de soins au sein de la communauté afin d'aider les femmes à éviter les grossesses non voulues et les avortements non sécurisés.

Les éléments essentiels des soins complets d'avortement centrés sur la femme, incluent une série de soins médicaux et de services liés à la santé. Ils comprennent:

- Choix ;
- Accessibilité ;
- Qualité.

1.1 CHOIX

Avoir le choix, en matière de droits sexuels et génésiques, signifie que personne ne doit s'immiscer dans les décisions que prend une femme concernant son corps et sa santé.

Le choix signifie qu'une femme a le droit de déterminer:

- Si et quand elle souhaite être enceinte;
- Si elle souhaite poursuivre ou interrompre une grossesse;
- Ce qu'elle souhaite utiliser parmi les procédures d'avortement et les contraceptifs disponibles, et à quel prestataires ou centre de soins elle souhaite s'adresser pour obtenir des soins et/des services;
- Les choix que font les femmes doivent s'appuyer sur des informations complètes et exactes. Elles doivent également avoir la possibilité de poser des questions et d'exprimer leurs préoccupations aux prestataires de soins. Pour que les soins qu'ils dispensent soient réellement centrés sur la femme, les prestataires doivent reconnaître à toutes les femmes le droit de faire des choix, indépendamment de leur âge ou de leur situation matrimoniale.

Les prestataires de soins de santé peuvent soutenir les femmes dans leurs choix:

- En leur fournissant des informations complètes et précises;
- En leur offrant la possibilité de poser des questions et d'exprimer leurs inquiétudes;
- En admettant leur droit à faire un choix, quels que soient leur âge, leur statut matrimonial ou leurs autres caractéristiques.

1.2 ACCESSIBILITÉ

L'accessibilité aux soins et services d'une femme est déterminée par:

La ***disponibilité des services à tous les niveaux de la pyramide sanitaire*** en termes de compétences des prestataires, le plateau technique et les infrastructures; la disponibilité de prestataires de soins qualifiés, techniquement compétents qui:

- Utilisent des technologies cliniques appropriées;
- Peuvent être aisément atteints au sein des communautés locales;
- Exercent dans toute une variété de centres de soins différents.

1.2.1 ACCESSIBILITÉ GÉOGRAPHIQUE

Le temps ou la distance nécessaire pour atteindre un établissement de soins.

Les liens entre secteur privé et public peuvent également offrir aux prestataires de soins des réseaux utiles de transfert dans des zones où les lois sur l'avortement sont restrictives.

1.2.2 ACCESSIBILITÉ FINANCIÈRE

Les soins d'urgence sont disponibles indépendamment de la capacité de la femme de les payer.

1.2.3 ACCESSIBILITÉ CULTURELLE

Les soins ne lui sont pas refusés en vertu de sa situation matrimoniale ou économique, de son âge, de son niveau social ou d'éducation, de sa religion ou de ses opinions politiques, de sa race, de son groupe ethnique ou de ses préférences sexuelles.

1.3 QUALITÉ

Parmi les aspects fondamentaux des soins de qualité optimale se trouvent les suivants:

- Des soins adaptés spécifiquement aux circonstances sociales et aux besoins individuels de la population locale.
- Des informations et un accompagnement qui favorisent la prise de décisions en toute connaissance de cause, y compris dans le cas de femmes jeunes qui peuvent nécessiter davantage d'informations ou de temps pour parvenir à faire un choix véritablement éclairé.
- La disponibilité de technologies médicales internationalement recommandées, particulièrement aspiration manuelle intra-utérine (AMIU) et méthodes médicamenteuses.
- Des normes et protocoles cliniques appropriés en matière de prévention des infections, de contrôle de la douleur et de gestion des complications.
- Des services de contraception et des possibilités de choix parmi une gamme de méthodes contraceptives au moment des soins d'avortement afin d'aider les femmes à éviter d'autres grossesses non désirées et promouvoir une espacement des naissances propice à leur santé..
- Des soins et services de santé génésique, et autres, au moment des soins d'avortement, notamment dépistage, diagnostic et traitement des infections sexuellement transmissibles (IST), /VIH ainsi que la gestion des cas de violence sexuelle
- Des prestataires de soins qui veillent tout particulièrement à ce que les besoins spécifiques des jeunes femmes et des adolescentes soient pris en compte.
- Une garantie de confidentialité, de protection de la vie privée et d'interactions positives entre les femmes et le personnel soignant, indépendamment de leur l'âge et de la situation matrimoniale.
- La garantie que des systèmes ont été mis en place pour suivre et évaluer les incidents..
- La garantie que des systèmes ont été mis en place en vue d'améliorer la qualité des soins, notamment à travers la participation des membres de la communauté

Il convient de mentionner en outre, les six éléments essentiels pour la réalisation des SCACF:

1. Offre des services des avortements conformément aux dispositions légales et réglementaires en RDC.
2. Traitement des avortements incomplets, non sécurisés et des fausses couches.
3. Conseil bienveillant afin d'identifier et de répondre individuellement aux besoins médicaux, émotionnels, physiques et autres de chaque femme.
4. Services de contraception et de planification familiale en vue d'aider la femme à éviter une grossesse non désirée ou à espacer les naissances.
5. Services liés à la santé sexuelle et génésique qu'il est préférable de dispenser sur place ou par le biais d'un transfert ou d'une orientation vers d'autres centres de soins accessibles.

6. Mise en place de partenariats avec des prestataires de soins au sein de la communauté afin d'aider les femmes à éviter les grossesses non voulues et les avortements non sécurisés.

Pour PNSR (2013) le nombre total d'interruption volontaire de la grossesse (IVG) dans le monde en 2010 a été estimé à 40 millions soit un taux de 29 interruption volontaire de la grossesse pour 100 femmes en âge de procréer. Ce taux étant de 12% en Europe occidentale, 17% en Europe du nord, 18% en Europe du sud.

La poursuite de la scolarité, les grossesses non désirées, la pauvreté… sont parmi les principales raisons pour lesquelles les adolescentes se font avortées (WAMBU, 2022). Selon l'OMS, 44% des femmes qui meurent chaque année dans le monde suite à un avortement clandestin non médicalisé, sont africaines, près de 300.000 africaines décèdent ainsi chaque année sur le continent.

Malgré les progrès dans la prise en charge, un avortement provoqué reste toujours un problème dans la vie obstétricale d'une femme.

En rapport avec ce qui est décrit ci-haut, la question de l'applicabilité de l'Accord de Maputo mérite d'être posée dans le contexte du Sud Ubangi.

En réponse, il est vraisemblable que l'accord de Maputo reste largement méconnu et par les prestataires des soins en faveur de la santé sexuelle et reproductive que par les prétendues bénéficiaires qui sont les femmes en âge de procréer.

La présente étude vise à analyser les mesures d'applicabilité du protocole de Maputo sur les soins complets d'avortement centrés sur la femme à travers la province du Sud Ubangi en général et dans la ville de Gemena en particulier. Il faut mentionner que les SCACF ne traduisent pas que l'application du protocole de Maputo mais bien plus le respect des droits fondamentaux, une garantie du bien-être de la femme et de la communauté et un gage de développement durable au vue de l'apport de la femme dans le bien-être général de la communauté.

Cette étude s'inscrit dans le domaine de la santé publique dans la thématique de la santé sexuelle et reproductive. Elle est transversale et prospective. Elle a couvert une période de trois mois soit du mois de juin au mois d'août 2024.

2 BREVE DESCRIPTION DU MILIEU D'ETUDE

Notre recherche s'est effectuée dans la zone de santé urbano-rurale de Gemena et plus particulièrement dans l'aire de santé KIVU/Cité.

L'aire de santé cité/Kivu est une des 23 aires de santé que compte la ZSUR de Gemena. Cette aire de santé a été créé par la décision N° 252/88 du 18/12/1988 de Monsieur le Commissaire du District, celle-ci est reconnue officiellement par l'ordonnance n° 87/233 du 29/06/1967.

Le bâtiment dans lequel se trouve l'aire de santé était l'habitation d'un particulier qui le cédant à la zone de santé à titre d'un don en vue d'ériger le centre de santé pour le bénéfice de membres de sa communauté.

Le premier infirmier à travailler dans cette aire de santé fut TYONGAMA: succédé par plusieurs infirmiers jusqu'à nos jours où il est géré par l'infirmier Salomon WAMBU TEGBALIU.

L'Aire de Santé cité dispose d'un centre de santé logé tout prêt de la population de son rayon d'action, cette Aire de santé se trouve en pleine ville de Gemena plus précisément dans le Quartier GBAZUBU qui a son Siège au niveau de l'Avenue KIVU N° 17 au cœur de l'ancienne cité de Gemena.

Cette aire de Santé est limitée:

- Au Nord: par l'Aire de santé Gemena II, par le ruisseau MOMBONGA;
- Au Sud: par l'Aire de santé Ville, par le ruisseau SUKIA;
- A l'Est: par l'Aire de santé SALONGO I, par le ruisseau GBAZUBU;
- A l'Ouest: par l'Aire de santé Notre Dame par les avenues du marché et Lumumba.

L'Aire de Santé Kivu/cité de Gemena a une population de 30739 habitants selon les estimations de 2023, desservie par les différentes structures de Santé dont le centre de santé étatique, les postes de santé et les centres de santé privés intégrés et ceux non intégrés.

Les pathologies dominantes sont les suivantes:

- La fièvre typhoïde;
- Le paludisme;
- La méningite;
- Les infections respiratoires aigües;

- L'amibiase;
- L'anémie.

Sur le plan socio-culturel, la tribu Ngbaka reste majoritaire au sein de cette Aire de Santé. On trouve également les Bolondo, Mbanza, Ngombe, Ngbandi, Mongo, BOMBOMA, Baluba, Swahili, Mono... les langues parlées en générales est le Lingala et le Français.

Il est à noter que les problèmes locaux de la population de cette Aire de santé sont gérés par les Chefs des Quartiers, le Bourgmestre mais aussi dans la hiérarchie, par le Maire de la ville.

Dans son organisation, le centre de santé étant un établissement des soins de premier échelon, responsable des activités des prestations des soins au niveau d'une aire de santé donnée, ouvre ses portes 24 heures sur 24 avec la rotation des prestataires pour couvrir les services et répondre valablement à l'offre des soins de qualité en faveur des bénéficiaires.

Le centre de santé compte 2 lits d'observation pour les cas graves à surveiller. Une accouchée en post partum peut y rester 24 heures de temps avant d'être libérée par l'infirmier.

Les cas de fièvre et autres maladies graves sont gardés à l'appréciation de l'IT afin de décider soit un départ à domicile, soit une référence vers une structure des soins d'échelon supérieur.

Nous avons entrepris, pour ce faire, une étude analytique de type descriptif dans la mesure où elle cherche à découvrir l'ensemble des mesures mises en œuvre au niveau du centre de santé en vue de l'application des recommandations du protocole de Maputo pour les SCACF au sein de l'aire de santé concernée.

Quant à la cible de cette étude, il s'agit avant tout des prestataires qui travaillent dans cette aire de santé durant la période couverte par cette étude.

Les sujets participant à cette étude ont été recrutés dans un processus d'échantillonnage non probabiliste à choix raisonné c'est-à-dire, le choix des participants a été intentionnellement guidé par le chercheur sur base des critères préalablement définis et bien connus dont:

- Etre prestataire œuvrant dans l'aire de santé KIVU;
- Etre présent pendant la période de l'étude;
- Accepter de participer volontairement à l'étude.

Toute personne ne répondant pas aux critères énumérée ci-haut a été automatiquement exclue de cette étude.

Grace aux critères de sélection établis ci-haut, 21 sujets ont été retenus comme taille définitive de l'échantillon de cette étude. Ce qui correspond à 61,8% d'agents travaillant dans cette entité des soins.

Méthodiquement, une enquête a été mise sur pieds pour rencontrer les sujets identifiés appuyée par des entretiens interpersonnels à travers un guide d'entretien circonstanciel, tout ceci accompagner par une revue documentaire et l'analyse des contenus pour se rassurer de la pertinence et de la véracité des données fournies par les enquêtées.

Les données ainsi collectées ont été dépouillées manuellement et organisées dans des tableaux de fréquences exprimées en pourcentage selon la formule suivante.

$$\% = 100x\, {}^{Fo}/_{n}$$

%= pourcentage

Fo = fréquence attendue

N = Nombre total

Pendant la réalisation de cette étude, plusieurs difficultés ont été rencontrées entre autre:

- Difficultés d'ordre comportementale des enquêtés. En effet, voulant parfois paraitre, certains sujets ont été tentés de répondre aux questions de l'étude juste pour satisfaire au chercheur et non pour traduire la réalité. Ce qui a requis un esprit d'analyse approfondie pour faire la sélection des données utiles à l'étude.
- Mauvaise tenue de dossiers des patientes dans les archives, des fiches des consultations mal tenues, ceci dans le but soit de sous notifier les cas ou simplement d'omettre certains cas non repris dans les registres des malades, cela ne nous a pas rendu la tâche facile dans la collecte des données.

3 RESULTATS

CARACTERISTIQUES SOCIO DEMOGRAPHIQUES ET PROFESSIONNELLES DES ENQUETES

Tableau 1. Age des enquêtes

Tranches d'âge	Effectif	Pourcentage
19 – 24 ans	3	14,3
25 – 29 ans	4	19,1
30 – 34 ans	7	33,3
35 ans et plus	7	33,3
Total	**21**	**100**

La lecture de ce tableau nous fait voir que la majorité des sujets se concentre dans les tranches d'âges de 30 – 34 ans et de 35 ans et plus avec respectivement 7 sujets pour chacune de ces classes soit 66,6% pour l'ensemble de ces 2 classes. Ceci traduit une classe des routiniers, assidus et accrochés aux valeurs traditionnelles. La majorité ayant fini les études il y a plusieurs années n'ont jamais entendu parler de SCACF ou encore du protocole de Maputo.

Tableau 2. Répartition des enquêtes selon les niveaux d'études

Niveaux d'études	Effectif	Pourcentage
Secondaire (A3/A2)	09	42,9
Supérieur/Universitaire (A1, L2)	12	57,1
Total	21	100

Il ressort clairement de ce tableau que la majorité d'enquêtés est du niveau supérieur et universitaire avec 12 sujets soit 57,1% contre 9 sujets soit 42,9% du niveau secondaire.

Tableau 3. Répartition des enquêtes selon les filières d'études

Filières d'études	Effectif	Pourcentage
Sciences infirmières/Hospitalière	14	66,7
Sciences infirmières/Pédiatrie	03	14,3
Sage-femme/Accoucheuse	04	19,0
Total	21	100

Au regard de ce tableau, on constate que la filière la plus suivie par les enquêtés est la filière des sciences infirmières plus précisément en Hospitalière. La filière Sage-femme/Accoucheuse est représentée dans cette étude par 04 sujets soit 19,0%.

Tableau 4. Répartition des enquêtes selon qu'ils ont été formé sur les SCACF ou non

Formation sur les SCACF	Effectif	Pourcentage
Oui	02	9,5
Non	19	90,5
TOTAL	21	100

Ce tableau montre clairement que sur les 21 sujets enquêtés, seulement 02 soit 9,5% ont été formés sur les SCACF donc suivant l'approche du protocole de Maputo alors que 19 soit 90,5% n'ont suivi aucune formation et sur les SCACF ni encore sur le protocole de Maputo lui-même.

Tableau 5. Répartition des enquêtes selon qu'ils ont assisté ou non aux soins relatifs à un avortement

Assistance aux soins relatifs à l'avortement	Effectif	Pourcentage
Oui	08	38,1
Non	13	61,9
Total	**21**	**100**

Il se lu à travers ce tableau que seulement 8 des 21 sujets enquêtés ont déjà pris part aux soins relatifs à un avortement alors que 13 soit 61,9% ne l'ont pas encore pratiqués.

Tableau 6. Répartition des enquêtes selon qu'ils ont déjà pratiqués les SCACF

Pratique des SCACF	Effectif	Pourcentage
Oui	0	0,0
Non	08	100,0
Total	**08**	**100,0**

Ce tableau montre qu'aucun des enquêtés n'a jamais pratiquer les soins complets d'avortement centrés sur la femme (SCACF) selon ce qui est contenu dans le protocole de Maputo.

Tableau 7. Répartition des enquêtes selon les raisons de non application des SCACF

Raisons de non application des SCACF	FA	FO	Pourcentage
Manque de formation en matière des SCACF	21	19	90,5
Manque d'équipements adaptés	21	21	100,0
Manque d'une structure appropriée	21	21	100,0
Non vulgarisation des textes sur les SCACF	21	19	90,5
Environnement non favorable aux SCACF	21	20	95,2
Total			100,0

A travers ce tableau, il se lu les différentes raisons pour lesquelles les SCACF ne sont pas appliqués dans la structure de soins de cette étude. Les 2 enquêtés, malgré leur formation en la matière n'ont jamais appliqués les soins appris à travers leur formation dans leurs pratiques des soins aux malades. Alors que même pour les formés les SCACF ne sont pas d'application, les autres prestataires ont évoqués le fait de n'être jamais formés sur les SCACF, les équipements des soins inexistants, le manque des structures adaptées. Il faut mentionner que les SCACF requièrent des équipements et des bâtiments spécialisés suivant les recommandations de l'OMS et des conventions internationales en la matière. Les soins de l'avortement tels que réalisés jusqu'à ce jour dans le centre de Santé Kivu, ZSUR de Gemena, les sont de manière très rudimentaire. D'ailleurs avec une pesanteur culturelle qui considère tout avortement, quelle que soit sa nature comme un acte plutôt criminel et non un acte des soins. Devant le manque des subsides et par le fait des moyens financiers très limités, le centre de santé se trouve dans l'impossibilité d'offrir les soins de qualité aux bénéficiaires notamment en ce qui concerne les soins complets d'avortements centrés sur la femme.

Les résultats obtenus de cette étude sont très éloquents. Ils traduisent en fait, la réalité et le vécu de la population du Sud Ubangi en général et de la femme en particulier en rapport avec les soins complets d'avortement centré sur la femme (SCACF) suivant les recommandations de l'OMS et du Protocole de Maputo.

L'applicabilité des SCACF devient, dans une certaine mesure, une nécessité pour le bien-être de la femme. Elle peut aider à prévenir, pour la jeune fille, la maternité précoce ainsi que d'innombrables conséquences à court et à long terme liées à ce phénomène au sein de la société.

De l'information à la formation en passant par les équipements et la mise en pratique des soins complets d'avortements centrés sur la femme, l'étude a démontré que tout reste à faire. Seuls 2 prestataires sur 21 enquêtés sont formés en SCACF, le centre ne dispose d'aucun équipement adapté, les infrastructures sont inexistantes et inadaptées, les fonds manquent cruellement mais aussi la pesanteur culturelle constitue un frein à l'applicabilité de ce protocole au bénéfice de la femme. Il nous appartient donc de suggérer:

Au ministère de la santé publique, Hygiène et prévoyance sociale à travers le PNSR:

- Organiser les formations continues des prestataires en vue de vulgariser le protocole de Maputo sur les SCACF;
- Equiper/Doter les structures des soins en matériels nécessaires pour les SCACF;
- Construire les infrastructures des soins nécessaires et adaptées aux SCACF.

Aux prestataires des soins:

- Appliquer, avec les moyens de bord, les notions apprises dans les différentes formations notamment en ce qui concerne les SCACF.

REFERENCES

[1] Banque mondiale Reproductive Health at a Glance. www.worldbank.org/hnp.
[2] Centers for Disease Control and Prevention. www.cdc.gov/nccdphp/drh/mh.htm
[3] Family Care International. www.familycareintl.org/.
[4] Fonds des Nations Unies pour la population. www.unfpa.org/tpd/mmupdate/.
[5] International Federation of Gynecology and Obstetrics. www.figo.org/.
[6] Maternité sans risques, Groupe inter-agences www.safemotherhood.org/freindex.htm
[7] Organisation mondiale de la Santé www.who.int
[8] Population Reference Bureau www.prb.org
[9] Organisation mondiale de la Santé (OMS), le Fonds des Nations Unies pour l'enfance (UNICEF) et le Fonds des Nations Unies pour la population (FNUAP), *Mortalité maternelle 1995: estimations de l'OMS, de l'UNICEF et du FNUAP* (Genève: OMS, 2001).
[10] Irvine Loudon, « The transformation of maternal mortality », *British Medical Journal* 305 (1992), 1557-60.
[11] Isabella Danel, « Maternal mortality reduction, Honduras, 1990-1997: a case study », rapport préparé par la Banque mondiale (Washington, DC: Banque mondiale 2000). Voir aussi Jorge H. Melendez, Jose C. Ochoa, Yanira Villanueva, « Investigación sobre mortalidad materna y de mujeres en edad reproductiva en Honduras » (Honduras, 1999). OMS, UNICEF et FNUAP, *Mortalité maternelle en 1995: estimations de l'OMS, de l'UNICEF et du l'FNUAP*.
[12] Agence des États-Unis pour le développement international (USAID): « Improving the quality and outcomes of obstetric & neonatal care in rural Nicaragua », Maternal health technical series announcement, quality assurance project quarterly report (Washington, DC: USAID, octobre-décembre 2000).
[13] Enquête Demographique et de Santé/RDC 2013 – 2014.
[14] Multi Indicator Cluster Survey (MICS), 2010.
[15] OMANYONDO OHAMBE M-C (2018), Santé de la Reproduction.
[16] PNSR (2010), Politiques et stratégies de la santé de la reproduction en RDC.

International Journal of Innovation and Applied Studies
ISSN 2028-9324 Vol. 43 No. 4 Oct. 2024, pp. 1211-1217
© 2024 Innovative Space of Scientific Research Journals
http://www.ijias.issr-journals.org/

Faible implication des hommes mariés à la consultation prénatale dans l'aire de santé Salongo II, zone de santé urbano-rurale de Gemena

[Low involvement of married men in antenatal consultation in the Salongo II health area, Gemena urban-rural health zone]

Kutubato Etonde Niclette[1], Mambesa Bainamboka Martin[2], Mangi Bende Maurice[2], Kombo Tobopele Zachée[1], and Ekpimbo Mambokolo Claris[2]

[1]Assistant, ISTM Gemena, Province du Sud-Ubangi, RD Congo

[2]Chef de Travaux, ISTM Gemena, Province du Sud-Ubangi, RD Congo

Copyright © 2024 ISSR Journals. This is an open access article distributed under the ***Creative Commons Attribution License***, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

ABSTRACT: Human reproduction remains the key to offspring and the sustainability of the human species. While becoming pregnant is seen as a happy event, several corollaries accompany its evolution, development and outcome. The involvement of the male partner from conception to childbirth remains a source of joy and fulfillment for the pregnant woman, for the product of conception, for the family and for society. The observation remains bitter in the province of Sud Ubangi in particular and in the Salongo II health area in the ZSUR of Gemena. Barely 7% of married men accompany their female partners to CPN sessions even if the importance of supporting the latter is no longer in doubt. Lack of interest and low income are the factors behind this low involvement. Increasing awareness among men and providing decent wages would be ideal solutions to resolve this thorny issue that impacts on sexual and reproductive health as well as the health of the population in general.

KEYWORDS: involvement, CPN, Sexual and reproductive health.

RESUME: La reproduction humaine reste la clé de la progéniture et de la pérennisation de l'espèce humaine. Si tomber enceinte est perçu comme un évènement heureux, plusieurs corolaires accompagnent pourtant son évolution, son développement et son aboutissement. L'implication du partenaire masculin de la conception à l'accouchement reste un motif de joie et d'épanouissement pour la femme enceinte, pour le produit de conception, pour la famille et pour la société. Le constat reste amer dans la province du Sud Ubangi en particulier et dans l'aire de santé Salongo II dans la ZSUR de Gemena. A peine moins de 7% des hommes mariés accompagnent leurs partenaires féminins aux séances de CPN même si l'importance de l'accompagnement de ces derniers n'est plus à démontrer. Le manque d'intérêts et le faible niveau de revenus sont les facteurs de cette faible implication. L'intensification des sensibilisations auprès des hommes et l'octroi des salaires décents seraient des solutions idéales à la résolution de cette épineuse question qui impacte sur la santé sexuelle et reproductive ainsi que sur la santé de la population en général.

MOTS-CLEFS: implication, CPN, Santé sexuelle et reproductive.

1 INTRODUCTION

Le suivi d'une grossesse est un événement particulier et inoubliable dans un couple. Cette expérience intense est une source de bonheur et de joie qui constituera des éventuels instants fondamentaux rares et précieux. C'est aussi un moment permettant de les soutenir et de les informer (PNSR, 2019).

La présente étude a été réalisée dans la Province du Sud-Ubangi, précisément à Gemena dans le centre de santé Salongo II, Elle se fonde du fait que moins des partenaires des femmes enceintes ont déjà accompagné leurs épouses à la visite de CPN.

Le facteur le plus souvent cité par les femmes comme raison de la présence des hommes à la CPN, serait beaucoup plus dans le but de se faire dépister du VIH, et plus généralement sur une invitation des prestataires. De manière générale, la majorité des femmes et de leurs partenaires estimaient que c'est une bonne chose que les partenaires accompagnent leurs femmes à la CPN (32,8% selon les estimations de l'OMS, 2020).

En Europe, la proportion des femmes enceintes qui vont à la CPN accompagner de leurs époux est de 81%. Toutes ces femmes débutant la CPN dans les trois premiers mois de la grossesse (HAS-France, 2008).

En Afrique par contre, la situation est toute autre car une grande majorité des gestantes ne débutent guère la CPN au premier trimestre et elles ne sont pas accompagnées par leurs partenaires. Au Togo, Zambie, et la Namibie, près de 60 % des femmes enceintes ont déclaré suivre au centre de santé au dernier trimestre de la grossesse (OMS-Afrique, 2020). C'est pourquoi, le nombre moyen de consultation prénatale accompagnée est faible.

Dans le pays des grands lacs, Au Burundi par exemple, plus de 22,5 % des hommes ont déjà accompagné leurs femmes à la CPN (OMS-Afrique, Op.cit.).

En RDC, la santé de la reproduction est caractérisée par une mortalité élevée pour la période prénatale. Ce taux pourrait atteindre jusqu'à 80% selon une étude menée en 2001 (Alexis A., 2008).

L'implication des hommes dans la consultation prénatale pose un sérieux problème aux femmes enceintes et aux maris, pourtant sa prise en compte est d'une importance capitale pour permettre les personnels soignants ainsi que les femmes enceintes à s'acquérir de l'évolution du bébé dans l'utérus de sa mère.

La fréquence de l'implication des hommes dans la CPN dans les pays en voie de développement est faible environ 38,1% selon l'OMS (2012).

La CPN représente plusieurs avantages pour les mères et les couples. Malgré cela, seulement 12% des hommes sont impliqués dans la CPN (PNSR, 2019).

Selon une autre étude réalisée dans deux cliniques de Kinshasa en 2011, seulement 17 % des femmes enquêtées étaient accompagnés par leurs maris (OMANYONDO M-C, 2013).

Il est relevé également que la population concernée par le programme de la CPN et leurs maris se trouvant dans rayons d'action du centre de santé (à proximité du centre de santé) que la fréquence de visites ou le nombre de séance par mois vont de 4 à 5 et plus en cas de nécessité (PNSR, Op. cit.).

La méconnaissance des raisons de cette faible proportion des hommes de s'impliquer dans la CPN ne permet pas de développer des stratégies adaptées à même de venir à bout de ces problèmes. C'est pourquoi nous avons jugé nécessaire d'entreprendre une étude sur l'implication des hommes dans la consultation prénatale en vue de mesurer le degré d'implication des partenaires masculins à la consultation prénatale de leurs partenaires féminins sachant qu'une grossesse a toujours été une décision prise de commun accord dans un couple et que son développement requiert la conjugaison des efforts des mariés.

Au centre de santé, le père est non seulement invité à assister au dépistage du VIH mais également à participer entièrement à la CPN. Les archives du centre de santé Salongo II retracent qu'en 2020 par exemple, seulement 8 % d'hommes avaient accompagné leur femmes à la CPN. (SNIS CS Salongo II, 2020).

1. Quel est le degré d'implication des hommes dans la CPN (consultation prénatale) de leurs épouses au centre de santé Salongo II ?
2. Comment faire pour impliquer les hommes dans la santé maternelle et reproductive ?

En réponse aux questions posées ci-dessus, nous avons formulé les hypothèses ci-dessous**:**

1. L'implication des hommes dans la CPN ou avec leurs épouses au CS SALONGOII serait hypothétique c'est-à-dire, elle reste très superficielle et moins consistante;
2. Le manque d'informations et le manque de connaissances suffisantes sur l'importance de la CPN par les hommes dans les couples seraient le motif de faiblesse des hommes à s'impliquer normalement à la CPN.

La présente étude se fixe pour objectif de mesurer le niveau d'implication des hommes à la CPN de leurs épouses.

De façon spécifique, il va s'agir de:

- Déterminer la fréquence des hommes impliqués dans la consultation prénatale de leurs épouses;
- Analyser les caractéristiques sociodémographiques et professionnelles des partenaires masculins;
- Evaluer le niveau des connaissances des hommes mariés en rapport avec la CPN de leurs épouses.

Le choix porté sur ce sujet est d'aider les couples sur la santé de la mère et de l'enfant en vue de donner une naissance à risques réduits. Elle a pour intérêt d'éduquer la communauté, et de faciliter les autres chercheurs pour les études ultérieures ainsi que les prestataires de soins sur l'amélioration de service de santé sexuelle et reproductive.

2 MÉTHODOLOGIE

APERÇU GENERAL SUR LE MILIEU D'ETUDE

La zone de santé de Gemena est l'une de 516 Zones de santé de la République Démocratique du Congo. Son HGR Créé depuis 1946 sous forme d'un dispensaire et maternité, à coté de là où se trouve le marché teck. La structure était dirigée par des sœurs religieuses catholiques qui étaient des infirmières.

En 1948, le besoin de construire un hôpital s'est fait sentir, et les travaux de constructions ont commencé pour se terminer en 1953.

Les premiers médecins affectés à l'hôpital Général de Gemena s'appelaient Monsieur VANDROGE BROUK et monsieur MICHEL BOOSTSEN tous de la nationalité Belge. A ces jours, la zone de santé urbano-rurale de Gemena est dirigée par Dr Justin KONGBO et l'hôpital général de référence par Dr Harman MUNGU (tous congolais).

La Zone de santé Urbano-rurale de Gemena est bornée au Nord par la Zone de santé Bominenge; Au Sud par la Zone de santé de Tandala; A l'Est par la Zone de santé de Bulu et MBAYA et à l'ouest par la Zone de santé Bwamanda. La ZSUR de Gemena couvre une superficie 40 Km^2 avec une population estimée à 4.054.682 habitants répartis dans 30 aires de santé dont l'aire de santé Salongo où la présente étude est réalisée.

Le centre de santé Salongo II a vu jour lors du découpage de la Zone de santé de Gemena en 2004 pour répondre à l'épineuse question de l'expansion démographique.

Le centre de santé de Salongo II de Gemena s'inscrit dans la stratégie des soins de santé primaire et offre des soins curatifs, préventifs, et promotionnels selon un paquet minimum d'activités défini par l'OMS (Organisation Mondiale de la Santé).

La population de cette aire de santé est hétérogène. On y trouve plusieurs ethnies notamment: NGWAKA, NGOMBE, NGWANDI, MONO, MABO, BOBA, KONGO, LUBA, LIBINZA, MWE… Plusieurs cultures sont rassemblées; On y trouve aussi plusieurs églises, nous citons, catholique, protestante et du réveil y sont implantées; les écoles primaires et secondaires sont installées pour la formation des jeunes gens.

Sur le plan économique la population de cette aire de santé tire leurs profits par L'agriculture, le Petit élevage (caprins, volaille etc…), le Micro-commerce…

De type transversal à visée descriptive, cette étude s'est réalisée pendant endéans trois mois (trimestre). Elle s'étend du mois de juin au mois d'aout 2023. Du domaine de la santé publique, elle s'inscrit dans le programme de la santé sexuelle et reproductive (PNSR).

Une enquête réalisée auprès des partenaires masculins des femmes enceintes fréquentant la CPN au CS Salongo II a été empruntée comme méthode avec les interviews, les entretiens comme techniques ainsi qu'un questionnaire sous forme de guide d'interview a servi à la collecte des données.

Les données ainsi collectées ont été dépouillées, compilées et disposées dans les tableaux pour ressortir les fréquences absolues et relatives ainsi que les proportions y afférentes en vue de faciliter la lecture et la compréhension de ceux qui nous lisent.

ECHANTILLONNAGE

Le procédé non probabiliste accidentel a été emprunté pour réaliser la présente étude. Les sujets ont été recrutés dans l'étude au fur et à mesure qu'on les rencontre. L'échantillon a été constitué des hommes ayant des femmes enceintes vivant en couple habitant l'aire de santé SALONGOII, zone de santé urbaino-rurale de Gemena, Province du Sud Ubangi.

CRITÈRES DE SÉLECTION

Pour être pris en compte à cette étude il faut:

- Etre habitant de l'aire de santé SALONGO II;
- Etre un Homme ayant une femme enceinte vivant sous le même toit conjugal reçus au centre de santé SALONGO II au service de la CPN;
- être présent le jour de notre étude;
- Accepter volontairement et librement de participer à notre étude.

Toute personne n'ayant pas répondu aux critères d'inclusion ci-dessus est automatiquement et catégoriquement exclue de l'étude.

Au total, 22 hommes ont été enregistrés par convenance dans le quartier Saza ou lors des séances de CPN au centre de santé SALONGO II. C'est ce qui fait la taille totale de l'échantillon de cette étude.

CONSIDERATIONS D'ORDRE ETHIQUE

Au cours de notre étude, pour des raisons d'éthique et de déontologie, une attention particulière a été mise sur les valeurs morales (politesse, prise de conscience, courtoisie, respect de la dignité humaine, dialogue et honnête…). Le consentement libre et éclairé a été considéré; le respect strict de l'anonymat et de la confidentialité ont été assurés.

Toutefois, cette étude s'est limitée à vérifier le niveau d'implication des hommes à la CPN de leurs épouses dans l'aire de santé Salongo 2 dans la zone de santé urbano rurale de Gemena. Elle s'est bornée aux aspects socio-culturels. Sans être exhaustifs, les autres aspects qui concourent à la faible implication des hommes à la CPN peuvent faire objet d'autres études ultérieures.

En termes des difficultés, nous pouvons énumérer:

- Réticence de la part de nos interlocuteurs au cours de notre étude concernant notre sujet;
- Difficulté de se ressourcer avec des matériels et documents pour réaliser l'étude;
- Le temps imparti pour la réalisation de notre étude.

3 PRESENTATION DES RESULTATS

Il s'agit de la présentation des résultats de l'étude dans des tableaux dont les rubriques détermineront les fréquences de nombre des couples exprimés en pourcentage, conformément aux questions posées sur terrain.

Tableau 1. Répartition des enquêté selon le sexe

Sexe	*F*	*%*
M	18	82
F	04	18
TOTAL	22	100

Ce tableau ci-dessus prouve que sur 22 couples contactés pour notre étude, 18 soit 82% des hommes ont répondu favorablement; tandis que 04 couples soit 18%, ce sont des femmes qui ont répondu à la place de leurs maris, pour la simple raison qu'ils étaient absents le jour de notre entretien.

Tableau 2. Répartition des enquêtés selon leurs âges

Tranche d'âge	*F*	*%*
15-25 ans	03	14
26-36 ans	10	45
37-47 ans	04	18
48- ans plus	05	23
TOTAL	22	100

Il ressort de ce tableau, que 03 hommes soit 14% sont dans la tranche d'âge comprise contre 15-25 ans:

- 10 hommes soit 45 % se retrouvent dans la tranche d'âge entre 26-36 ans
- 04 soit 18 % sont ceux dont leur âge se situe entre 37-47 ans.
- 05 soit 23 sont ceux dont leur âge varie entre 48 ans et plus.

Tableau 3. Répartition des enquêtés selon leur modes de vie

Modes de vie	F	%
Vivant en couple	19	86
Vivant séparément	03	14
Total	22	100

Il ressort de ce tableau que 19 soit 86% des hommes dans des couples consultés vivent ensemble; 03 soit 14 % restent séparés pour les raisons qui leurs sont propres.

Tableau 4. Répartition des enquêtés selon leur niveau d'études

Niveau d'études	F	%
Sans niveau	04	18
Primaire	08	36
Secondaire	05	23
Supérieur	05	23
Total	22	100

Les résultats de ce tableau, montre que 04 hommes soit 18% sont sans niveau; 08 hommes soit 36 % ont un niveau d'études primaire; 05 hommes soit 23% ont atteint un niveau d'études secondaire; 05 autres soit 23% sont passés par un niveau d'études supérieur.

Tableau 5. Répartition des enquêtés selon niveau de revenu

Revenu mensuel moyen	Equivalence en $	Niveau de revenu	F	%
500.000 – 600.000 FC	179 – 214 $	Supérieur	04	18
300.000 – 500.000 FC	107 – 179 $	Moyen	05	23
100.000 – 300.000 FC	36 - 107 $	Faible	06	27
Moins de 100.000 FC	Moins de 36 $	Pauvre	07	32
Total			22	100

Au regard de ce tableau, sur 22 hommes enquêtés, 07 soit 32% vivent dans la pauvreté; 06 soit 27% ont un niveau de revenu faible; 05 soit 23% ont un niveau de revenu supérieur.

Tableau 6. Répartition des enquêtés selon leur situation professionnelle

Situation professionnelle	F°	%
Salarié	01	04
Non salarié	05	23
Commerçant	02	09
Agriculteur	03	14
Autres	11	50
Total	22	100

Il ressort de ce tableau, sur 22 hommes enquêtés, 01 soit 4% est salarié, 02 soit 09% pratiquent le commerce, 03 soit 14% sont des agriculteurs, 05 soit 23% non-salariés, 11 soit 50% se débrouillent autrement.

Tableau 7. Répartition des enquêtés selon que l'homme a été à la CPN avec son épouse

Accompagnement de la femme à la CPN	F	%
OUI	06	27
NON	16	73
Total	22	100

Les résultats des enquêtés dans ce tableau on remarque que 06 hommes soit 27% affirment avoir été en CPN avec leurs épouses, tandis que, 16 soit 73% n'ont pas été à la CPN avec leurs épouses.

Tableau 8. Répartition des enquêtés selon leurs connaissances sur la nécessité d'accompagner leurs épouses à la CPN

Connaissance des hommes sur la nécessité d'accompagner leurs épouses à la CPN	F°	%
Oui	05	23
Non	17	77
Total	22	100

Au égard de ce tableau, on note que 17 soit 77% des hommes n'ont pas la connaissance que leur présence est nécessaire à la CPN; Par contre, 05 soit 23% ont la connaissance que leur présence est nécessaire à la CPN.

4 DISCUSSION DES RESULTATS

Dans ce travail, nous nous sommes partis de l'idée selon laquelle, l'implication des hommes dans la consultation prénatale pose un sérieux problème, aux femmes enceintes avec leurs maris un peu partout en RDC, voire dans certains pays d'Afrique.

Ici dans la province de sud-Ubangi, précisément dans la zone de santé Gemena, au CS SALONGO II, nous avons aussi mené une étude de savoir si les hommes s'impliquent dans la consultation prénatale de leurs épouses.

A l'issue de notre étude sur terrain, les données collectées et présentées dans le point précédent ont donné certains aspects en rapport avec notre préoccupation. On a pu lire, selon les résultats obtenus que concernant l'implication des hommes à la CPN avec leurs épouses, l'étude nous montre que beaucoup d'hommes ne veulent pas s'impliquer. Cela se montre dans les tableaux 7 et 8.

De ce qui précède, plusieurs raisons ont été évoquées par les hommes. Ils disent que:

- la CPN est un problème de la femme;
- Manque de temps,
- Rester avec les femmes enceintes ensemble à la CPN est difficile pour eux (obstacles culturels);
- C'est nécessaire pour les femmes pour leurs examens gynécologiques ou biologiques et non pour les hommes etc.

Par contre, certains hommes (minorité) acceptent d'être avec leurs épouses ensemble à la CPN pour suivre l'évolution de la grossesse, par ce que le fœtus leurs appartient, les autres disent c'est pour passer aussi certains examens biologiques avec la femme ensemble, pour écouter les conseils ou l'éducation sanitaire, pour ne citer que ça…

Au vu des résultats, nous pouvons dire ici que:

- La première hypothèse est confirmée que les hommes ne s'impliquent pas à la CPN de leurs épouses gestantes.
- La deuxième hypothèse, est quant à elle aussi été confirmée selon qu'une forte majorité: soit 95% des enquêtés d'une manière ou d'une autre confirme qu'ils sont informés d'assister aussi à la CPN avec leurs épouses, mais ils n'ont pas la volonté de s'impliquer à la CPN.

L'objectif principal étant d'éduquer les hommes sur l'importance de la CPN, afin qu'ils puissent s'impliquer, ceci ne peut être possible dans certaines conditions. Voilà pourquoi, nous formulons comme perspectives:

AU GOUVERNEMENT CENTRAL:

La continuité et l'appui du programme de santé de la reproduction à travers les zones de santé, serait un moyen efficace pour éduquer la communauté surtout les hommes afin de changer leur comportement, et de savoir que « la santé de la reproduction c'est un problème qui touche les deux sexes (homme et femme)

A LA ZONE DE SANTE:

De bien sensibiliser la population à travers les médias; les centres de santé, dans les quartiers; que les hommes puissent comprendre l'importance de la CPN. Ils doivent s'impliquer, pour la réussite dans leurs foyers.

AUX INSTITUTIONS SECONDAIRES, SUPERIEURES ET UNIVERSITAIRES:

Nous souhaiterons qu'au niveau des écoles; Aux enseignants de bien encadrer les apprenants, sur la santé de la reproduction qui n'est pas seulement le problème de la femme mais, c'est un problème de couple. Si les apprenants sont bien instruits et ont compris sur cette thématique, peut-être plus tard peut avoir un changement de comportement.

A LA COMMUNAUTE:

Nous aimerions qu'au niveau de la communauté (des quartiers, les communes, les localités, et les groupements) les gens puissent changer la mentalité, le comportement tout en acceptant les conseils de l'éducation pour la santé chaque fois organisée par les prestataires de soins ou par les agents du programme, soit agent communautaire.

REFERENCES

[1] Alexis A. (2008). Facteurs explicatifs de la morbidité diarrhéique chez les enfants de moins de 5 ans. Thèse de doctorat au TSHADE.
[2] Centre de santé Salongo II/ZSUR Gemena (2020), Rapport synthèse SNIS.
[3] Dictionnaire français (2001). Anonyme.
[4] Dictionnaire Le Robert (2010) 100ème édition, Paris.
[5] HAS-France (2008), Etat de santé de santé de la population, Enquête nationale, Paris, France.
[6] HORTON (2003) *Management des unités de soins*: de l'analyse systémique à l'évaluation de la qualité. Edition de De Boeck Université.
[7] Inspection Provinciale de Santé (2009). *Rapport annuel d'activité,* province du Sud Ubangi.
[8] Institut du nouveau monde, INM (2013). Etude sommaire sur le processus et les facteurs d'acceptabilité sociale pour le secteur industriel. Montréal (Québec).
[9] MSP/PNSR (2019), Stratégies de mise en place de la politique de la santé sexuelle et reproductive en RDC, Kinshasa/Gombe, RDC.
[10] OMANYONDO O. (2012) Aspects juridiques, éthiques et organisationnels de la profession infirmière en RDC, Kinshasa: éd. CEREP.
[11] OMS (2020), Rapport sur la santé au monde, Genève, Suisse.
[12] Unicef (2012), *Enquête démographique et de santé au Mali*. Direction nationale de la statistique et de l'informatique Calverton, Maryland.
[13] WENGA A. (2018), *Implication des agents sanitaire dans la gestion Hospitalier*. Section de la santé communautaire, orientation santé publique. ISTM GEMENA, Mémoire. Inédit.

International Journal of Innovation and Applied Studies
ISSN 2028-9324 Vol. 43 No. 4 Oct. 2024, pp. 1218-1238
© 2024 Innovative Space of Scientific Research Journals
http://www.ijias.issr-journals.org/

Cartographie des obstacles anthropiques rencontrés par la girafe de l'Afrique de l'ouest *(Giraffa camelopardalis peralta)* et l'interaction socio-économique liés à sa mobilité dans la réserve de biosphère du complexe park W: Cas des communes rurales de Kouré et Harikanassou

[Mapping of the anthropogenic obstacles encountered by the West African giraffe (Giraffa camelopardalis peralta) and the socio-economic interaction related to its mobility in the Park W Biosphere Reserve: The case of the rural communes of Kouré and Harikanassou]

Djibo Ibrahim[1] and Moussa Hassimi[2]

[1]Département d'agriculture en zone aride, Université d'Agadez, Institut universitaire de technologie, Agadez, Niger

[2]Département sol, environnement et irrigation, Université Boubacar Bâ de Tillaberi, Faculté des sciences et technologies agroalimentaire, Tillaberi, Niger

Copyright © 2024 ISSR Journals. This is an open access article distributed under the ***Creative Commons Attribution License***, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

ABSTRACT: The aim of this study is to map the anthropogenic obstacles that hinder the mobility of giraffes as well as the socio-economic impact that emerges from them. Thus, field visits, coordinate taking (GPS) and structured surveys were conducted using questionnaires and interview guides. The mapping of anthropogenic obstacles in the rural commune of Harikanassou and the rural commune of Kouré showed that the railway, National Road No. 1 and lateritic tracks are the main obstacles that hinder the mobility of giraffes. A survey involved ten (10) villages including 200 people composed of agropastoralists and three (3) interviews with 2 managers and the president of the tourist guides. This survey shows that the giraffe is common throughout the study area (according to 81% of respondents) and they return during the rainy season to the Kouré plateau; and they move up to the Harikanassou area during the rest of the seasons of the year. Significant damage (in fields and on fodder species) is observed at the beginning of the rainy season (according to 72% of respondents in the rural commune of Kouré) and during the cold season (according to 40% of respondents in the rural commune of Harikanassou).

KEYWORDS: *Giraffa camelopardalis peralta*, environment, crops, fodder species, Kouré, Harikanassou, Niger.

RESUME: Le but de cette étude est de cartographier les obstacles anthropiques qui entravent la mobilité des girafes ainsi que l'impact socio-économique qui s'en dégage. Ainsi, des visites terrains, des prises de coordonnées (GPS) et des enquêtes structurées ont été menées en utilisant des questionnaires et des guides d'entretien. La cartographie des obstacles anthropiques de la commune rurale de Harikanassou et de la commune rurale de Kouré a montré que le chemin de fer, la Route Nationale n°1 et les pistes latéritiques sont les principaux obstacles qui entravent la mobilité des girafes. Une enquête a concerné dix (10) villages dont 200 personnes composées d'agropasteurs et trois (3) entretiens avec 2 gestionnaires et le président des guides touristiques. Cette enquête démontre que la girafe est fréquente dans toute la zone d'étude à (selon 81% des enquêtés) et elles reviennent pendant la saison de pluie sur le plateau de Kouré; et elles remontent dans la zone de Harikanassou pendant le reste des saisons de l'année. Les dégâts importants (dans les champs et sur les espèces fourragères) sont observés au début de la saison des pluies (selon 72% des enquêtés de la commune rurale de Kouré) et pendant la saison froide (selon 40% des enquêtés de la commune rurale de Harikanassou).

MOTS-CLEFS: *Giraffa camelopardalis peralta,* environnement, cultures, espèces fourragères, Kouré, Harikanassou, Niger.

Corresponding Author: Djibo Ibrahim

1 INTRODUCTION

Le Niger, pays enclavé avec une superficie de 1.267.000 km^2 regorge d'une population de 25 369 415 millions d'habitants et dont plus de 51,6% sont des jeunes de moins de 15 ans. 84% de ses habitants vivent en milieu rural [1]. L'agriculture est le poumon de l'économie du Niger, constitue la principale source de revenus pour plus de 80% de la population. En outre, l'agriculture et l'élevage contribuent aussi respectivement à plus de 65% et 25 % du Produit Intérieur Brut du pays [2]. Au Niger, la biodiversité biologique revêt une grande importance tant à travers sa distribution géographique, sa richesse spécifique, que par sa contribution au bien être humain et au développement socioéconomique [3]. Les aires protégées du Niger abritent d'importantes biodiversités composées d'espèces floristiques et fauniques rares, menacées ou en voie de disparition [4].

Le Niger abrite la dernière population de girafe *(Giraffa camelopardalis peralta Linnaeus, 1758)* en Afrique de l'ouest, confinée dans la zone de Kouré et les zones périphériques.

En effet, cette entité communale de Kouré fait partie des localités qui sont inscrites par l'UNESCO et le Gouvernement du Niger comme zone de transition de la Réserve de Biosphère du complexe du « W » du Niger en 1997 [5].

Contrairement à la plupart des animaux sauvages qui vivent dans les parcs et réserves, la girafe du Niger est en contact direct avec les populations locales et les animaux domestiques qu'elle côtoie pacifiquement. Cependant, cette biodiversité exceptionnelle et d'importance mondiale est menacée par divers facteurs dont, les représailles, la fragmentation de son habitat, l'exploitation incontrôlée du bois énergie, les changements et variabilités climatiques.

C'est ainsi, en 2010 la girafe du Niger, estimée à 203 individus. [6] est classée sur la liste rouge de l'UICN dans la catégorie « En Danger ». Aujourd'hui, cette population est hors de danger et classée au statut « vulnérable » avec plus de 900 individus [7].

La girafe préfère les habitats ouverts et secs, l'on la rencontre en savane arbustive ou arborée.

Elle parcoure un espace relativement vaste (1700 km2) qui s'élargit encore au fil des années.

La zone centrale comprend trois (3) parties:

- Zone des plateaux de Kouré: début et durant la saison des pluies (Juin à Sept). On note aussi des plateaux habités par les girafes à Fandou et Dingazi;
- zones Dallols: durant toute la saison sèche (Octobre à mai). Des vallées habitées par les girafes à Harikanassou, N'Gonga, Fandou et Dingazi
- zone intermédiaire: zone de transit qu'elles parcourent lors de leurs déplacements entre leur pâturage de saison des pluies et de saison sèche.

On note aussi les déplacements des girafes en dehors de sa zone habituelle. Il s'agit de Gaya, Konni, Illéla, Doutchi, Loga, Tillabery. Des individus ont été observés vers les frontières du Mali et du Nigeria [8].

De nos jours, la réserve de biosphère de Kouré est confrontée à d'énormes difficultés qui contribuent à la dégradation de son système écologique. Notamment la réalisation des infrastructures routières et du chemin de fer qui traverse la réserve sur environ 85 Km d'est à l'ouest [9]. Ainsi que des pistes rurales qui favorisent le déplacement des populations locales. Ces infrastructures sont indispensables au développement, à la croissance, ainsi qu'à la compétitivité des économies des communes qui la constitue. Elles favorisent l'intégration des diverses régions précédemment cloisonnées, la fréquentation ou la création des marchés élargis nécessaires au développement d'une économie moderne.

Cependant, la girafe a changé de comportement dans son déplacement principalement dû à la présence des obstacles anthropiques. Car d'une part la transformation du relief et de sa structure qui rend la tâche plus difficile à la girafe de se mouvoir aisément dans son habitat. D'autre part, la girafe a cultivé une sorte de méfiance à s'approcher de ses différents obstacles représentent un danger potentiel pour l'animal. Certaines activités anthropiques menées au sein de la réserve de biosphère contribuent également à la dégradation de l'environnement, rendant la résilience de la girafe encore plus difficile face à l'obstruction de ses corridors de déplacements [10].

Mais, peu d'études ont examinées les obstacles anthropiques liés à la mobilité de la girafe et son interaction socio-économique dans la zone de biosphère. Ainsi cette étude traite des contraintes anthropiques et l'interaction socio-économique liées aux déplacements de la girafe dans la réserve de biosphère de Kouré.

L'objectif principal de cette étude est de contribuer à la préservation de la girafe de l'Afrique de l'ouest *(Giraffa camelopardalis peralta Linnaeus, 1758)* et de son habitat.

De manières spécifiques il s'agit de:

- Cartographier les obstacles anthropiques qui peuvent entraver ou contribuer à la mobilité des girafes;
- faire une évaluation de l'impact des obstacles sur la mobilité de la girafe;
- faire une analyse de l'impact socio-économique de la mobilité des girafes sur la population locale.

2 MATERIEL ET METHODES

2.1 MATERIEL

2.1.1 ZONE D'ETUDE

2.1.1.1 PRESENTATION DE LA COMMUNE RURALE DE KOURE

La commune rurale de Kouré fait partie des onze (11) communes que compte le département de Kollo, région de Tillabéri. Elle est située dans la partie Est du département de Kollo entre 2°23' et 1°43'de longitude Est, et entre 13°10' et 13°33' de latitude Nord sur la route Nationale N°1. Et couvre une superficie de 1 465 km^{2,} soit une densité de 45, 96 habitants au km^{2}. Le chef-lieu de la commune se positionne à 60 km à l'Est de Niamey, à 37 km de la ville de Kollo, chef-lieu du département. Selon les résultats du RGP/H 2012, elle compte une population totale de 46 249 habitants, dont 23.001 hommes et 23 248 femmes, soit un taux de 50, 26% de femmes. Cette population est répartie au niveau de 27 villages administratifs et 15 hameaux rattachés [11].

Le climat de la commune rurale de Kouré est de type sahélien caractérisé par une longue saison sèche de 8 à 9 mois, d'octobre à juin, et d'une saison humide de 3 à 4 mois, de juin à septembre. La saison sèche qui s'étale d'octobre à juin est divisée en 3 mini-saisons. La pluviométrie annuelle au cours de l'année 2022 est de 317 mm en 16 jours et une moyenne de 250 mm par an. Cependant, l'on note une répartition très irrégulière des précipitations et des températures très élevées. Les ressources en eau de surface sont constituées de mares temporaires et semi permanentes. Quant aux eaux souterraines, elles sont exploitées pour la consommation familiale et l'abreuvement des animaux à l'aide des puits cimentés, les forages et les MAEP [11].

La commune dispose d'un écosystème particulier (brousse tigrée) qui abrite les dernières girafes de l'Afrique de l'ouest, dont la population est estimée à environ 904 individus dont 400 à l'échelle de la commune [11].

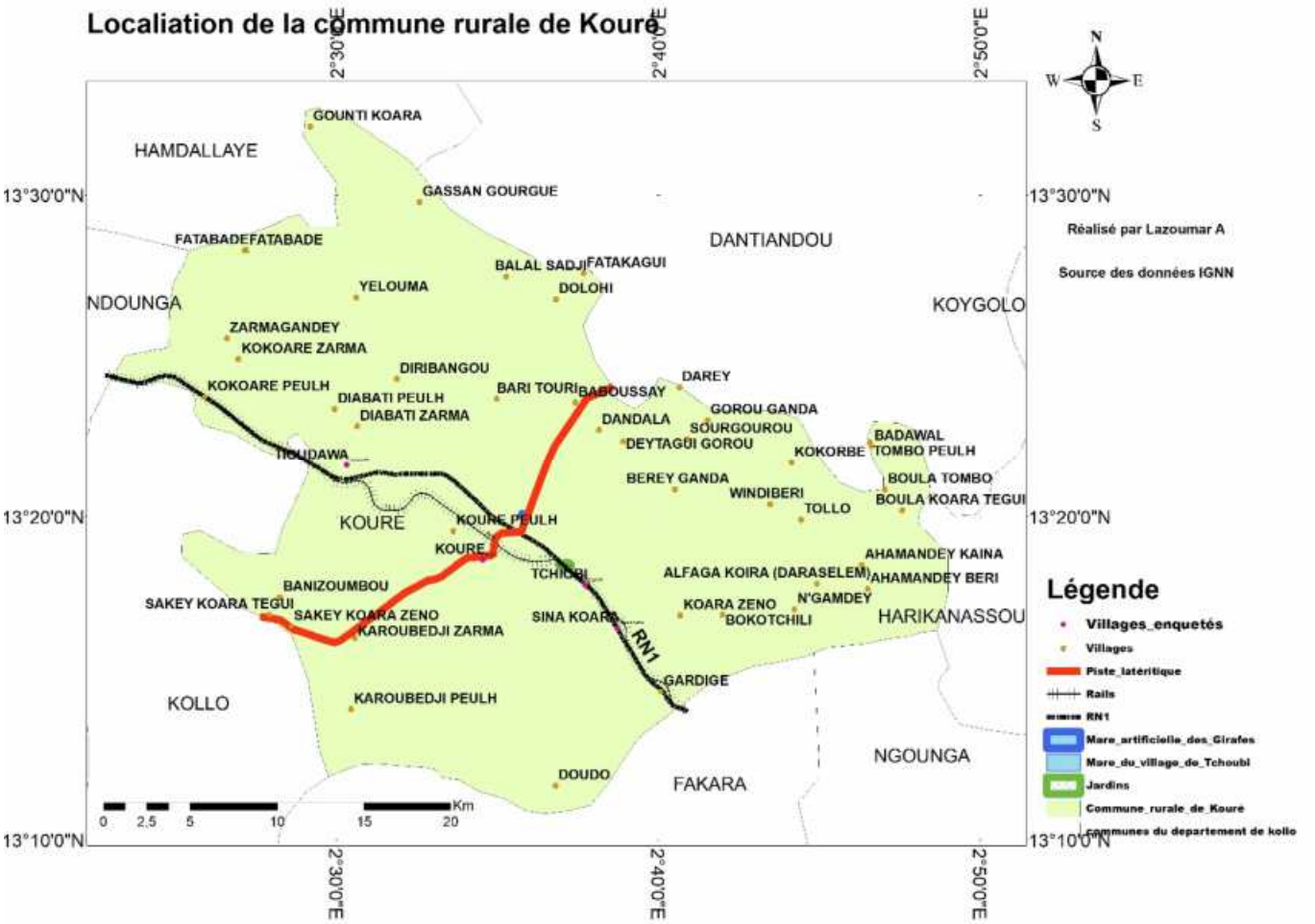


Fig. 1. Localisation de la commune rurale de Kouré

2.1.1.2 PRESENTATION DE LA COMMUNE RURALE DE HARIKANASSOU

La commune est limitée respectivement à l'Est, à l'Ouest, au Sud et au Nord par les communes de Kiota, de N'Gonga, de Kouré, de Dantchandou et de Koygolo. Le chef-lieu est Harikanassou situé à 25 km au Nord-ouest de Birni N'Gaouré. Le chef-lieu du département de Boboye, à 55 km à l'ouest de Dosso, la capitale régionale. La commune couvre une superficie approximative de 375 km2. Les principales activités économiques sont l'agriculture, l'élevage, l'artisanat et le commerce. La population de la commune rurale de Harikanassou qui était de 18 597 habitants en 2001 est passée à 26180 habitants en 2012. Avec un taux d'accroissement intercensitaire de 3.7 % par an soit un accroissement global de 40,7% en 11ans. Les femmes représentent 53,48% et les hommes 46,52% de cette population. La densité est de l'ordre de 70 habitants/km2. La population potentiellement active représente 48,36% et les femmes en âge de procréer sont de 21,28% [12]. Les ethnies qui cohabitent sont les Zarma, les Peulh et les Haoussa. Elle est administrativement composée de 33 villages et 7 hameaux rattachés [13].

Le climat est de type sahélien avec une moyenne pluviométrique de 550mm entre les années 2004 et 2012. Les formations végétales sont diverses et inégalement réparties. Elles sont importantes au sud et faibles au Nord. La composition floristique ainsi que la densité de cette végétation varient d'une zone à l'autre dans la Commune en fonction de l'importance de la pluviométrie, de la nature du sol et autres facteurs. On distingue trois strates de végétation: la strate arborée, la strate arbustive et la strate herbeuse [13].

On relève une dégradation continue de la ressource forestière à cause de la consommation de bois supérieure de 50% aux efforts de production. Le prélèvement important du bois d'œuvre, de service, du bois énergie, du pâturage aérien et la faiblesse des efforts de reboisement expliquent cet état de fait. La forte dégradation de la végétation, gite de la faune, et la chasse abusive ont engendré la disparition de plusieurs espèces importantes comme les hyènes, les gazelles, les singes, les canards sauvages, etc. Actuellement la faune est surtout prédominée par les girafes, les oiseaux aquatiques, les rongeurs et les perdrix [13].

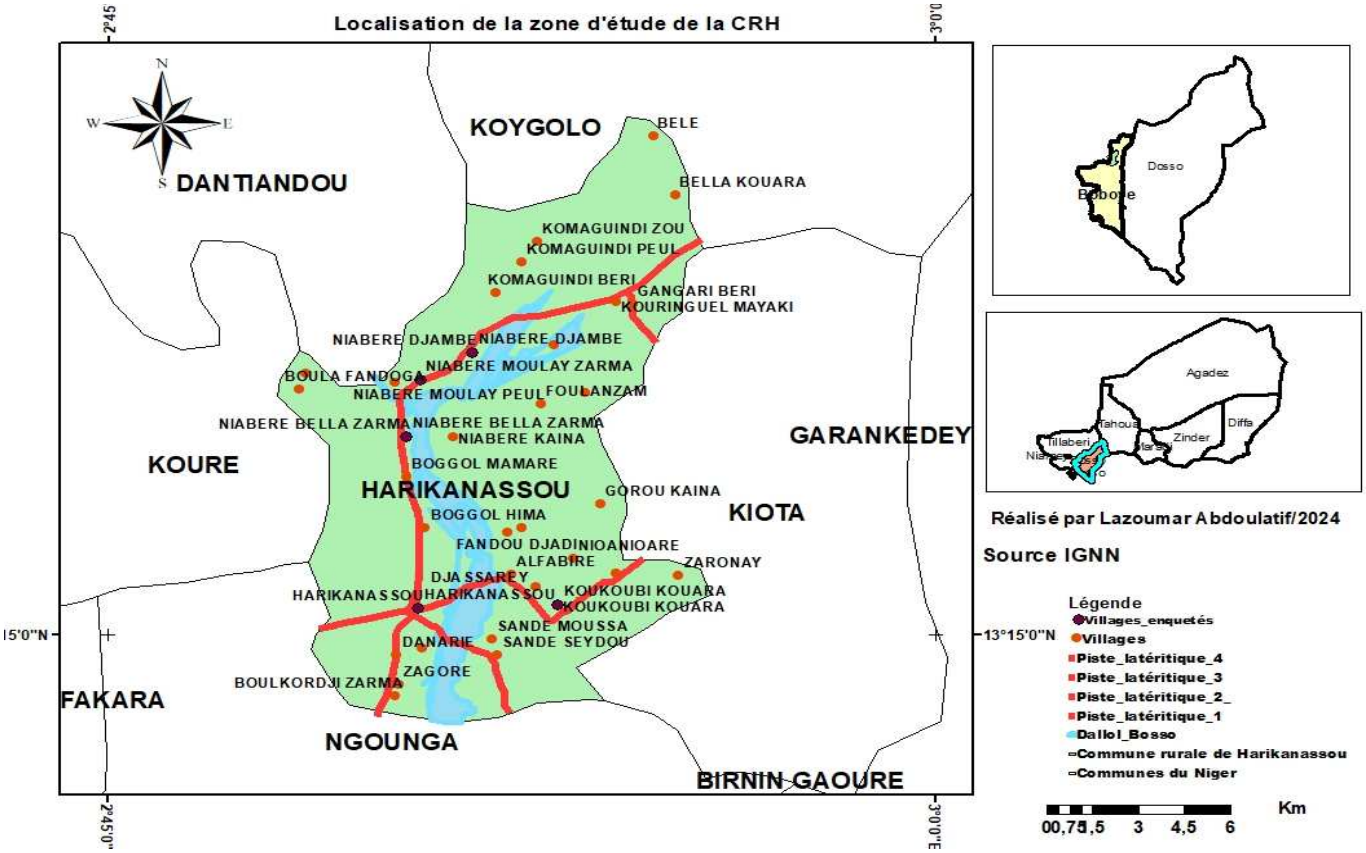


Fig. 2. Localisation de la commune rurale de Harikanassou

2.2 METHODES

2.2.1 LA CARTOGRAPHIQUE

Le principe majeur de la cartographie est la représentation de données sur un support réduit représentant un espace généralement tenu pour réel. Ainsi, une base de données a été constituée à partir des relevés GPS, leur distribution spatiale a été faite sur fonds des

cartes. Les opérations cartographiques ont été traitées à l'aide du logiciel Google earth, Excel, Arcgis version 10.8, et QGIS version 3.16.7. Quelques cartes récentes réalisées par différentes structures ont été également utilisées.

2.2.2 ANALYSE DES DONNEES SOCIO-ECONOMIQUES DE LA MOBILITE DE LA GIRAFE SUR LA POPULATION LOCALE

Des enquêtes individuelles ont été effectuées aux niveaux des communautés vivantes dans la zone d'étude; ainsi qu'aux agents chargés de la zone girafe et les guides touristiques. Ces données ont été collectées à l'aide du logiciel Kobocollect, traitées et analysées avec le logiciel Excel.

2.2.3 OBSERVATION DIRECTE

Elle a permis d'effectuer des visites sur les sites d'étude afin d'observer les différents obstacles de la réserve et les activités socio-économiques menées par la population locale.

2.2.4 ECHANTILLONNAGE

10 villages ont été choisis dans les deux communes (dont 5 villages par commune). Ces villages ont été choisis sur la base de leur rapprochement. Dans chaque village, 20 chefs de ménages ont été enquêtés par un sondage aléatoire simple. Les gestionnaires des sites touristiques des 2 communes et le président des guides touristiques ont été également enquêtés. Au total, 203 personnes ont été enquêtées dans le cadre de cette étude.

Tableau 1. Les villages enquêtés dans la commune rurale de Kouré

Noms des villages	Nombre d'échantillons
Tchoudawa	20
Kouré Dabaga	20
Tchoubi	20
Sina koira 1	20
Sina koira 2	20
Total	100

Tableau 2. Les villages enquêtés dans la commune rurale de Harikanassou

Noms des villages	Nombre d'échantillons
Village de harkanassou	20
Niabére Moulay zarma	20
Niabére Bella	20
Niabére Djambé	20
Koubi koura	20
Total	100

Tableau 3. Les gestionnaires et le président des guides touristiques

Les gestionnaires	Nombre
Communale de Kouré : Commandant Lamine Seydou	1
Communale de harkanassou : Capitaine Hamidou Issaka	1
Président des guides touristiques	1
Total	3

2.2.5 COLLECTE DES DONNEES

Il s'agit des prises de coordonnes GPS, des mesures à des différents points, et des enquêtes individuelles administrées à l'échantillon.

2.2.6 TRAITEMENT ET ANALYSE DES DONNEES

Ces données ont été traitées et analysées à l'aide des logiciels: Google earth, Excel, Arcgis version 10.8, et QGIS version 3.16.7.

3 RESULTATS

3.1 CARTOGRAPHIE DES OBSTACLES ANTHROPIQUES LIES A LA MOBILITE DES GIRAFES

3.1.1 CARTE DES OBSTACLES DE LA COMMUNE RURALE DE KOURE

La figure 3 montre dans un plan massale, les obstacles anthropiques auxquels les girafes sont confrontés pendant leurs déplacements dans la commune rurale de Kouré.

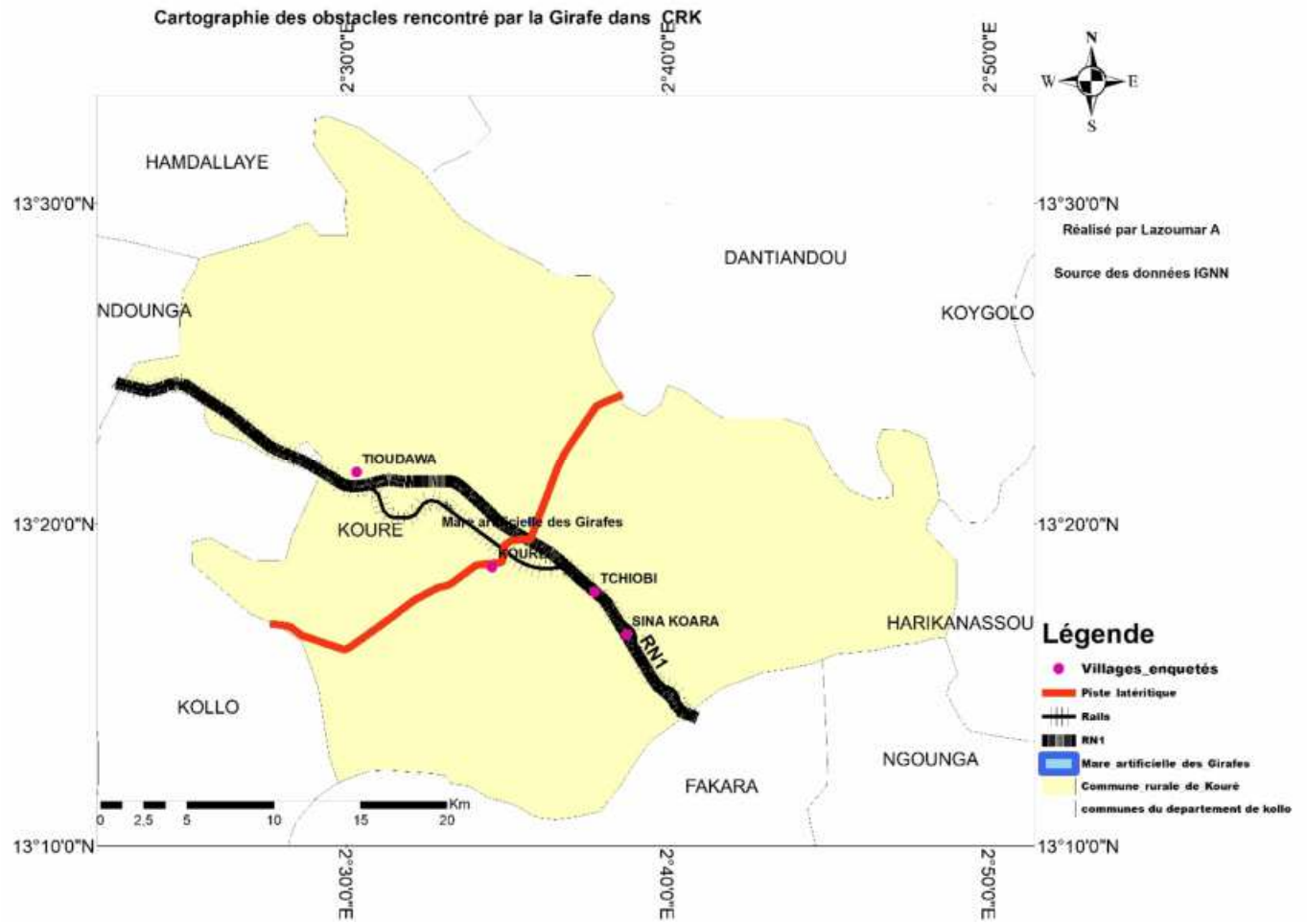


Fig. 3. Carte de localisation des obstacles de la commune rurale de Kouré

3.1.2 INVENTAIRE DES OBSTACLES ANTHROPIQUES RENCONTRES PAR LA GIRAFE DANS LA COMMUNE RURALE DE KOURE

Le tableau 4 résume les différents obstacles, les types, les distances et les directions.

Tableau 4. Inventaire des obstacles dans la commune rurale de Kouré

Obstacles	Types	Distance	Situation géographique
Une route	RN 1	40.6 Km	(Ouest à Est) commune de N'Dounga à la commune de Fakara
Piste	Piste latéritique	27 ,5Km	(Sud au Nord) De la commune de Kollo à la commune de Dantchandou
Chemin de fer	Rails	41,8 Km	(Ouest à Est) De la commune de N'Dounga à la commune de Fakara

3.1.2.1 LA ROUTE NATIONALE NO1 (RN1)

La RN1 du Niger est la Nationale qui traverse le pays d'Ouest en Est, elle quitte de la frontière du Mali à l'extrême Est du Niger. Elle passe par la capitale Niamey jusqu'à N'Guigmi à l'Est du pays sur une longueur de 1737 Km (Figure 4). Elle traverse la commune rurale de Kouré situé à 60 Km de Niamey; sur une distance de 40.6 Km occasionnant des accidents lors des traversés des girafes qui peuvent être fatale pour ces dernières. Ainsi la RN1 constitue l'un des obstacles majeurs qui entrave la mobilité des girafes. Dès lors la RN1 les fait dévier de leurs corridors de passage habituel et aussi cause un effet de division des troupeaux des girafes de part et d'autre de la RN1 (Figure 5).

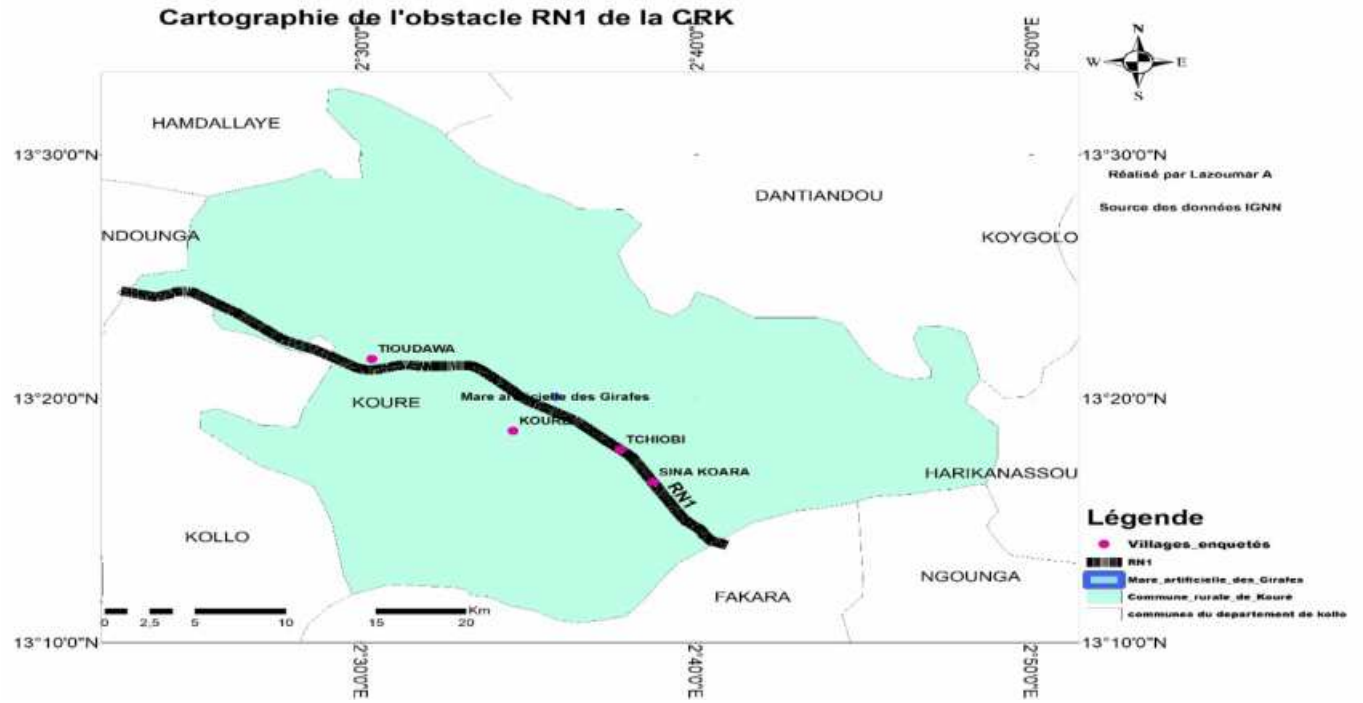


Fig. 4. Carte de la route nationale n°1 traversant la commune rurale de Kouré

Fig. 5. Une girafe traversant la RN1

3.1.2.2 LES RAILS

L'équipement de notre pays en infrastructures ferroviaires constitue une option essentielle de désenclavement. C'est ainsi que le Niger s'est engagé dans la réalisation de la boucle ferroviaire Cotonou-Niamey-Ouagadougou-Abidjan, dont le tronçon Niamey-Dosso. Le chemin de fer qui a été réalisé parcourt la réserve de biosphère de Kouré sur une distance de 85 Km (Figure 6) et la commune rurale de Kouré sur une distance de 41,8 km (Figure 7).

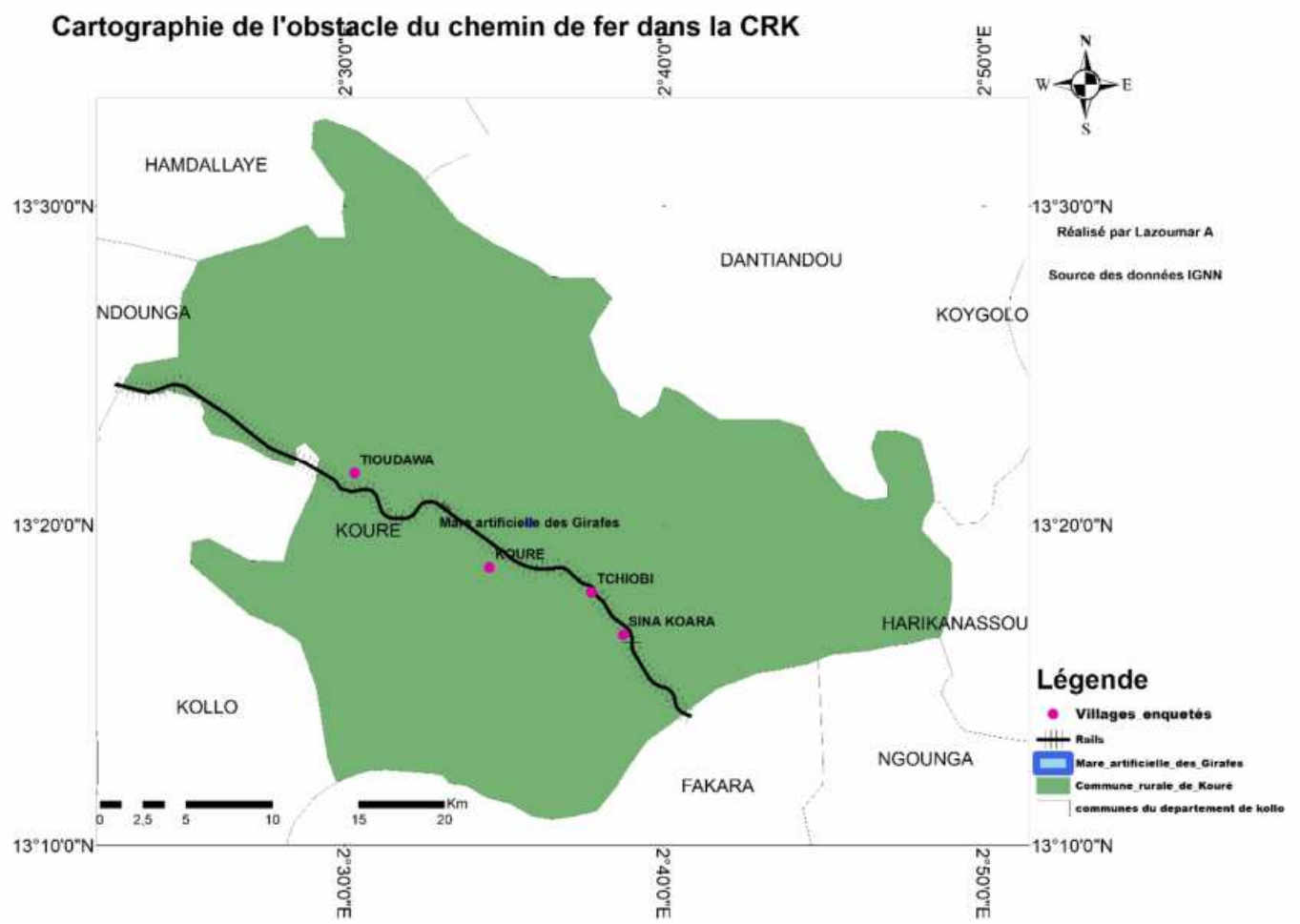


Fig. 6. Carte de l'obstacle chemin de fer traversant la commune rurale de Kouré

Fig. 7. Un girafon face aux rails

Ainsi la construction du rail à créer d'autres obstacles telle que:

- Les ponts dont le rôle constitue de franchir les ravins de collecte des eaux de ruissèlement en cas de pluie constituent le second type d'obstacle pouvant entraver la mobilité de la girafe dans cette zone. On dénombre au total 8 ponts de structure différente le long du tronçon ferroviaire traversant la réserve de biosphère dont deux (2) sont situés dans la commune rurale de Kouré (Figure 8).

Fig. 8. Deux ponts situés dans la commune rurale de Kouré

- Les ravins dus à la construction du chemin de fer a fait une dépression de 6,5 m de largeur et 6,5 m de profondeur. Ce qui a considérablement dégradé l'habitat naturel des girafes en déformant les reliefs et créant un obstacle pour leur transhumance (Figure 9).

Fig. 9. Le chemin de fer passe par une dépression de 6,5 m d'environs et 5 m de profondeur sur une distance de plus de 500m

3.1.2.3 LES PISTES LATERITIQUES

Les pistes latéritiques sont les voies de transports utilisés par les villageois pour se déplacer dans la commune et celle de Kouré traverse la commune rurale de Kouré sur une distance de 27.5 Km reliant Kollo et Dantchandou (Figure 10). Son impact est minime sur la mobilité des girafes car ne causant pas d'entrave à leurs mobilités.

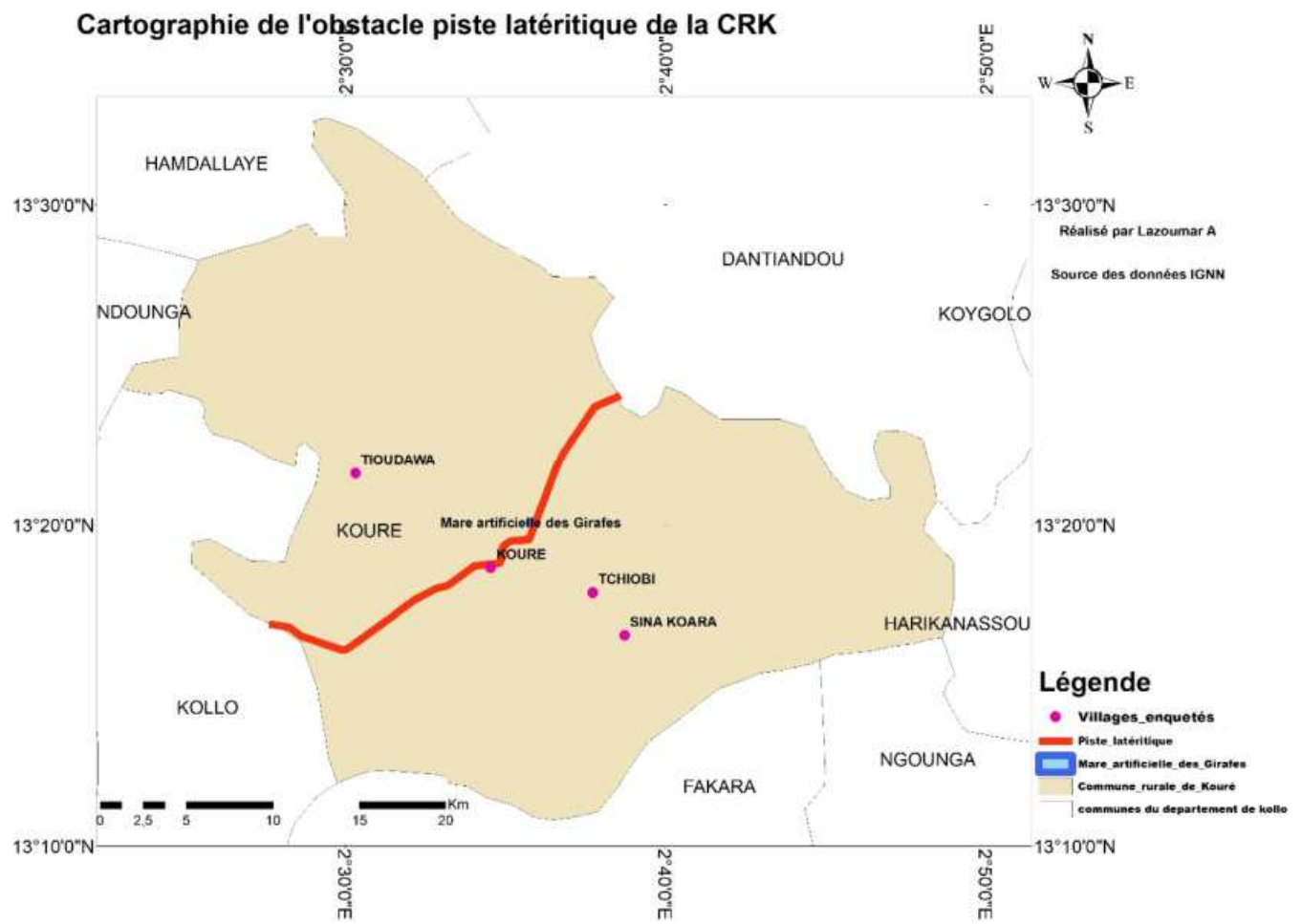


Fig. 10. Carte de la piste latéritique qui passe par la commune rurale de Kouré

3.1.3 CARTOGRAPHIE DES OBSTACLES DE LA COMMUNE RURALE DE HARIKANASSOU

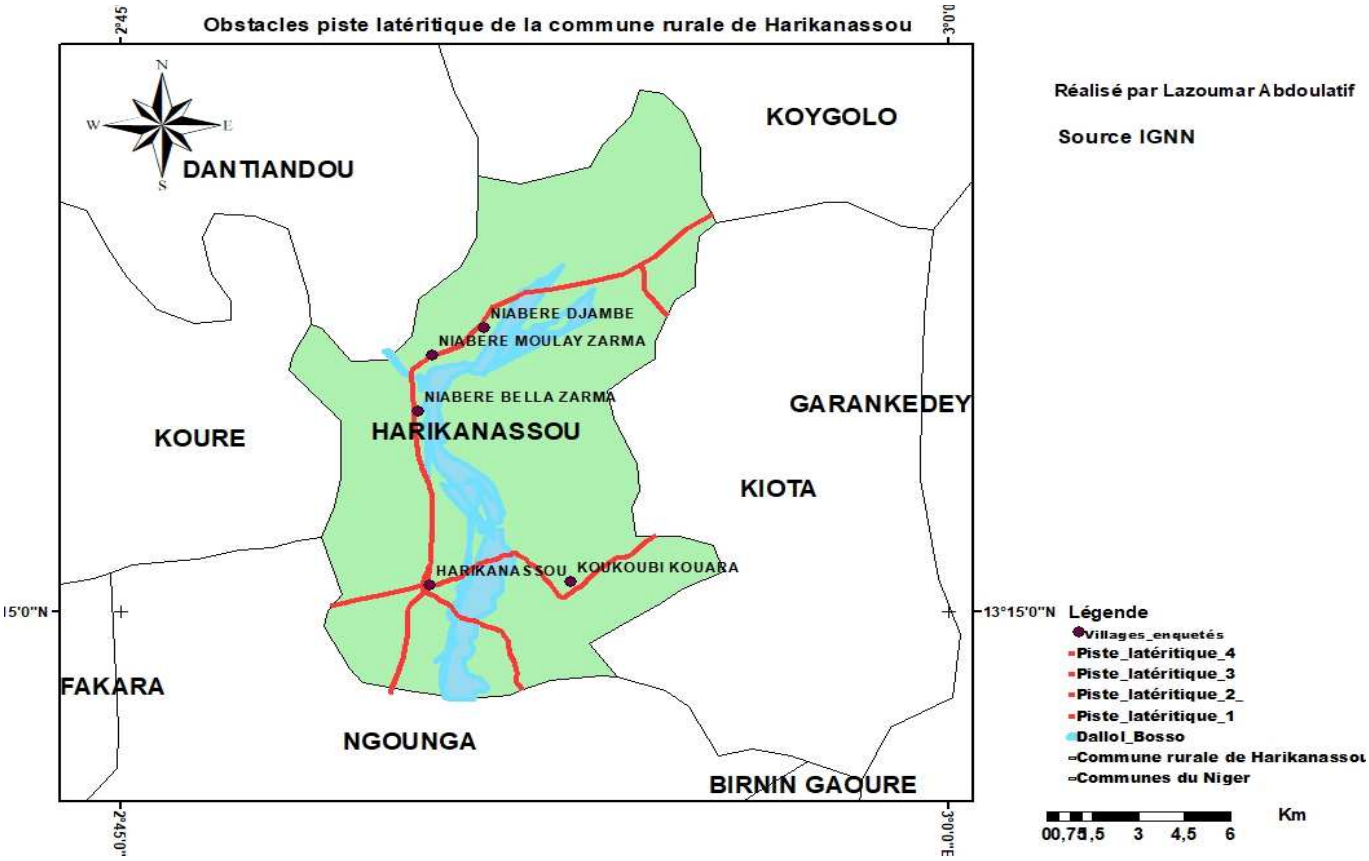


Fig. 11. Carte des obstacles de la commune rurale de Harikanassou

3.1.3.1 INVENTAIRE DES OBSTACLES ANTHROPIQUES DE LA COMMUNE RURALE DE HARIKANASSOU

Tableau 5. Inventaire des obstacles de la Commune rurale de Harikanassou

Obstacles	Types	Distance	Parcours
Piste latéritique 1	Piste latéritique	24,2 Km	Sud au Nord : la commune de N'Gonga et la commune de Koygolo
Piste latéritique 2		2,20 km	De la commune de Garantchedey à la commune de Koygolo traversant le nord de la commune rurale de Harikanassou
Piste latéritique 3		12,7 km	De la commune de N'Gonga à la commune de Kiota traversant le nord de la commune rurale de Harikanassou
Piste latéritique 4		6,32 km	De la commune de N'Gonga à la commune Harikanassou

3.1.3.1.1 LA PISTE LATERITIQUE

Quatre pistes latéritiques traversent la commune rurale de Harikanassou (distance totale 45,42 Km) constituant ainsi les principaux obstacles qui nuisent à la mobilité des girafes dans cette partie du Dallol Bosso. Elles sont les seules voies servant aux transports des populations de la commune rurale de Harikanassou et ses alentours alors le trafic routier est important. Ces pistes représentent ainsi une entrave importante à la mobilité des girafes (Figure 12).

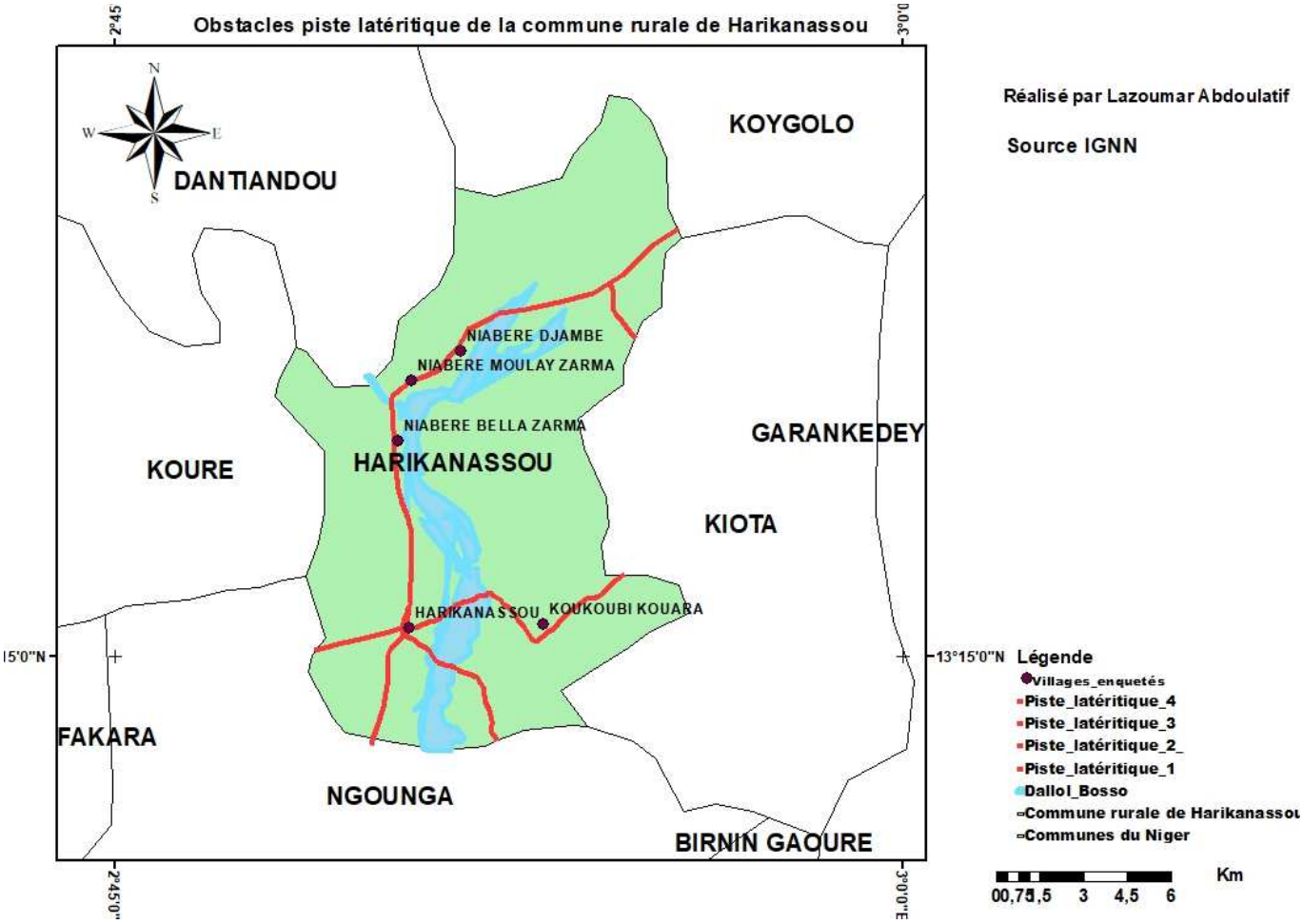


Fig. 12. Carte des obstacles rencontrés par la girafe dans la commune rurale de Harikanassou

3.2 ANALYSE DE L'IMPACT DES OBSTACLES SUR LA MOBILITE DE LA GIRAFE

Les observations directes et la prise des mesures (distances) relatives à un point de rapprochement minimal de la girafe par rapport à la RN1, les rails et les pistes latéritiques. Ces mesures ont été effectuées à partir des indices constitués de crotte, des traces de patte et la présence de la girafe. Pour mieux appréhender la problématique des impacts sur la mobilité. La distance fuite de la girafe est une distance de sécurité que la girafe observe par rapport à un danger ou une menace quelconque.

Les mesures effectuées pour les différents obstacles (Tableau 6):

- La RN l: La distance minimale de fuite varie de 35 m à 171 m;
- Les rails: La distance minimale de fuite varie de 12m à 187m;
- Les pistes latéritiques: la distance minimale de fuite est 17m.

Tableau 6. Impact sur la mobilité des girafes

Obstacles	Commune rurale de Kouré	Commune rurale de Harikanassou	Distance minimale en m	Distance maximale en m	Nombre d'accident enregistre	Périodes de l'année
RN1		Non	35m	171 m		
Les rails	Oui	Non	12 m	187 m		
Les pistes latéritiques	Oui	Oui	17m	60 m		

3.3 ANALYSE DE L'IMPACT SOCIO-ECONOMIQUE LIEE A LA MOBILITE DE LA GIRAFE

3.3.1 CARACTERISTIQUES DE LA POPULATION LOCALE

3.3.1.1 LE CHEF DE MENAGE

Les résultats de la commune rurale de Kouré (CRK) montrent que 76% des chefs de ménage enquêtés sont des hommes. Et dans celle de Harikanassou (CRH), les chefs de ménages enquêtés sont en majorité composés d'homme (78%). La figure 13 présente la répartition des enquêtés selon les chefs de ménage.

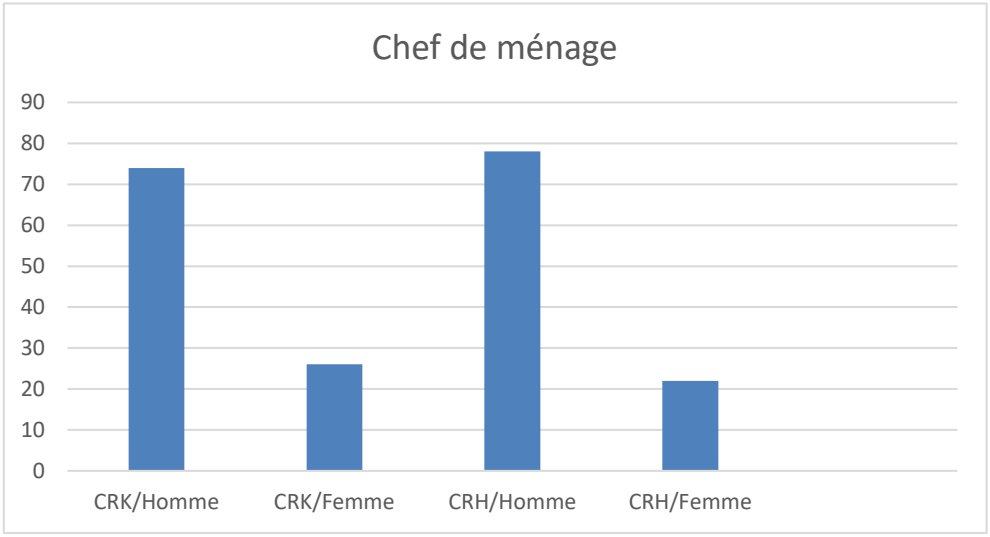


Fig. 13. Le chef de ménage

3.3.1.2 LA COUCHE SOCIO-PROFESSIONNELLE

Quant à la répartition des enquêtés par couche socio-professionnelle, les résultats de Kouré (CRK) sont présentés comme suit: Les agriculteurs et éleveurs représentent respectivement les plus grands pourcentages avec un taux de 80% et 10%.A cela s'ajoute, les commerçants (8%), ainsi que les fonctionnaires (2%). A Harikanassou (CRH), l'agriculture et l'élevage sont pratiqués respectivement par la population locale à 64% et 31%. Puis vient le commerce avec2%; les fonctionnaires, les inactifs et les autres avec 1% chacun. La figure 14 présente la répartition des enquêtés par couche socio-professionnelle.

Fig. 14. La couche socio-professionnelle

3.3.1.3 LE NIVEAU D'INSTRUCTION

Pour la commune rurale de Kouré (CRK), les analphabètes représentent le plus grand nombre avec un taux de 44%, suivi de ceux qui ont fait l'école coranique (40%). Ceux qui ont fait le primaire, le collège et l'université représentent respectivement 3%, 12% et 1%.

Ainsi pour la commune rurale de Harikanassou (CRH), les résultats montrent que le taux de ceux qui ont fréquenté l'école coranique est plus élevé (48%) suivies des analphabètes (41%). Et le primaire, le collège et l'université représentent respectivement 3%, 7% et 1%.

La figure 15 présente la répartition des enquêtés selon le niveau d'instruction de la population.

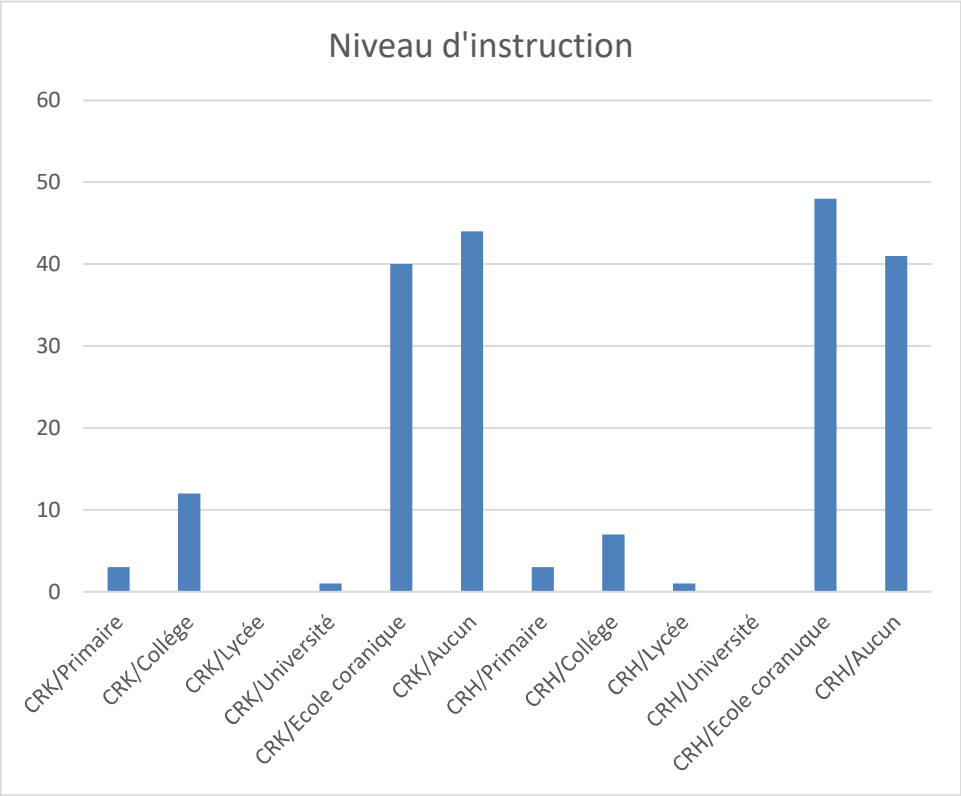


Fig. 15. Le niveau d'instruction

3.3.1.4 LES CHAMPS

97% des enquêtes de la commune rurale de Kouré (CRK) affirment avoir des champs et seulement 3% n'ont pas de champs. La répartition de la population enquêtée de la commune rurale de Harikanassou (CRH) démontre que 98% des enquêtés détiennent des champs. La figure 16 présente la répartition des enquêtés qui ont des champs.

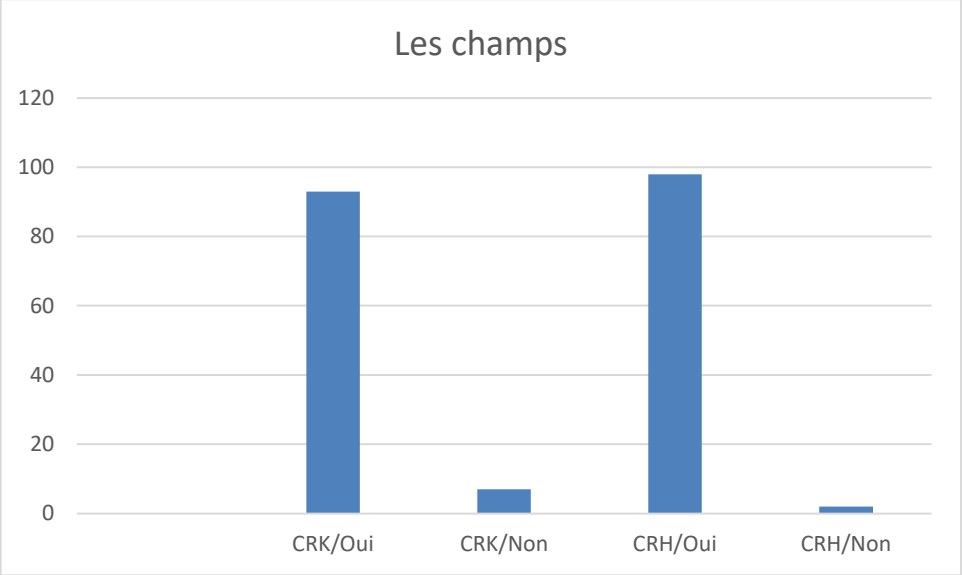


Fig. 16. Les champs

3.3.1.5 LES JARDINS

94% des enquêtés de la commune rurale de Kouré (CRK) affirment n'avoir pas de jardin, seulement 6% font des cultures maraichères (Figure 17). Pour la commune rurale de Harikanassou (CRH), 99% de la population enquêtée ont des jardins. La figure 17 présente la répartition des enquêtés selon les jardiniers. La figure 18 montre un champs de cannes à sucre et un jardin dans la commune rurale de Harikanassou.

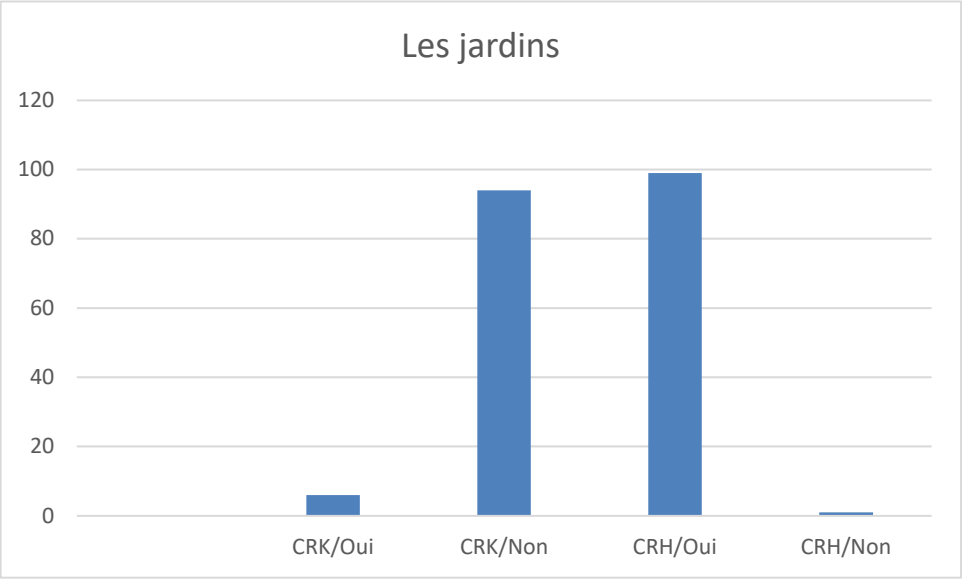


Fig. 17. Les jardins

Fig. 18. Champs de cannes à sucre et jardins situés dans le dallol dans la commune rurale de Harikanassou

3.4 LES GIRAFES DANS LA ZONE D'ETUDE

3.4.1 LA FREQUENCE DES GIRAFES

Les girafes sont vues par la population de la commune rurale de Kouré (CRK) dans leurs zones, une fois par mois (selon 81% des enquêtés); une fois par semaine (selon 14% des enquêtés); tous les jours (selon 3% des enquêtés) et moins une fois par an (selon 2% des enquêtés). Les girafes sont couramment vues par la population locale de la commune rurale de Harikanassou (CRH) soit une fois par semaine (selon 66% des enquêtés); tous les jours (selon 18% des enquêtés); une fois par mois (selon 13% des enquêtés) et moins d'une fois par an (selon 1% des enquêtés).

La figure 19 présente la répartition des enquêtés qui ont fréquemment vue la girafe.

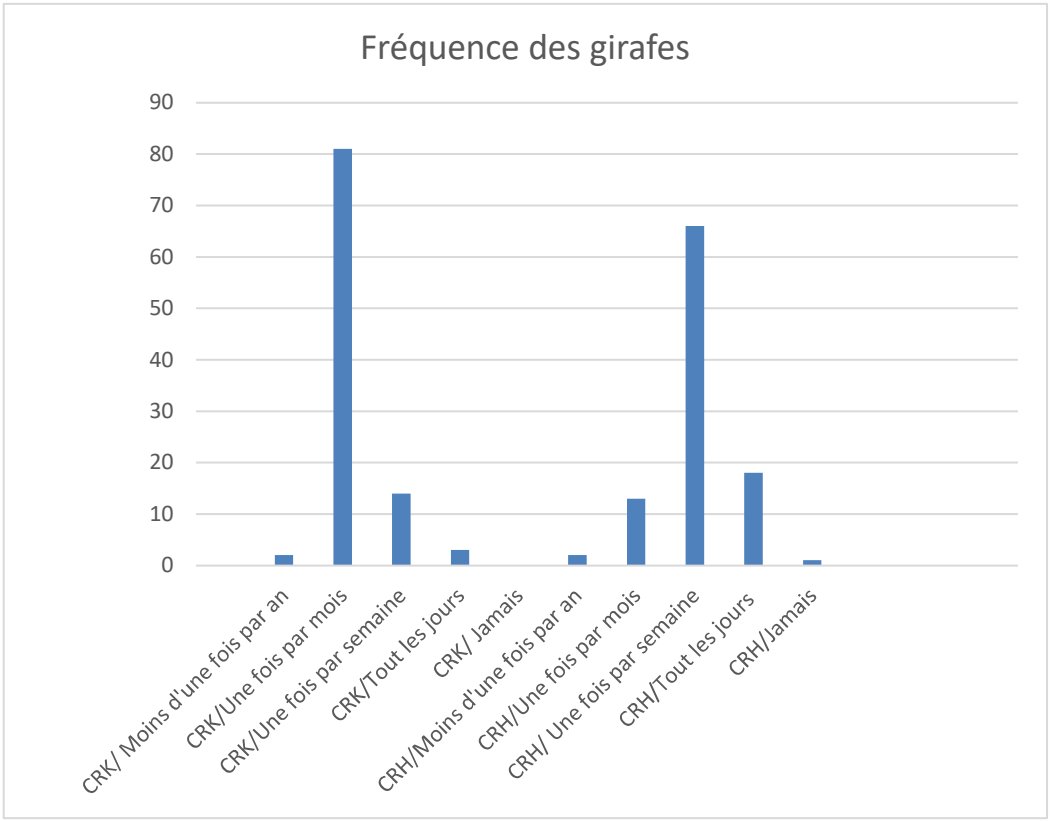


Fig. 19. La fréquence des girafes dans la zone d'étude

3.4.2 LA PERIODE DE PRESENCE DES GIRAFES

Les girafes sont présentes début et durant la saison des pluies dans la zone de Kouré (selon 82% des enquêtés). Les girafes sont respectivement vues pendant la période de récolte, la saison froide, la saison sèche (selon 11% des enquêtés), (selon 6% des enquêtés) et (selon 1% des enquêtés). Quant à la commune rurale de Harikanassou (CRH), les girafes sont vues pendant la période de récolte (selon 34% des enquêtés); la saison sèche (selon 25% des enquêtés); la saison froide (selon 24% des enquêtés); et enfin du début et durant la saison des pluies (selon 17% des enquêtés). La figure 20 présente la répartition des enquêtés selon la période de présence des girafes dans la zone d'étude.

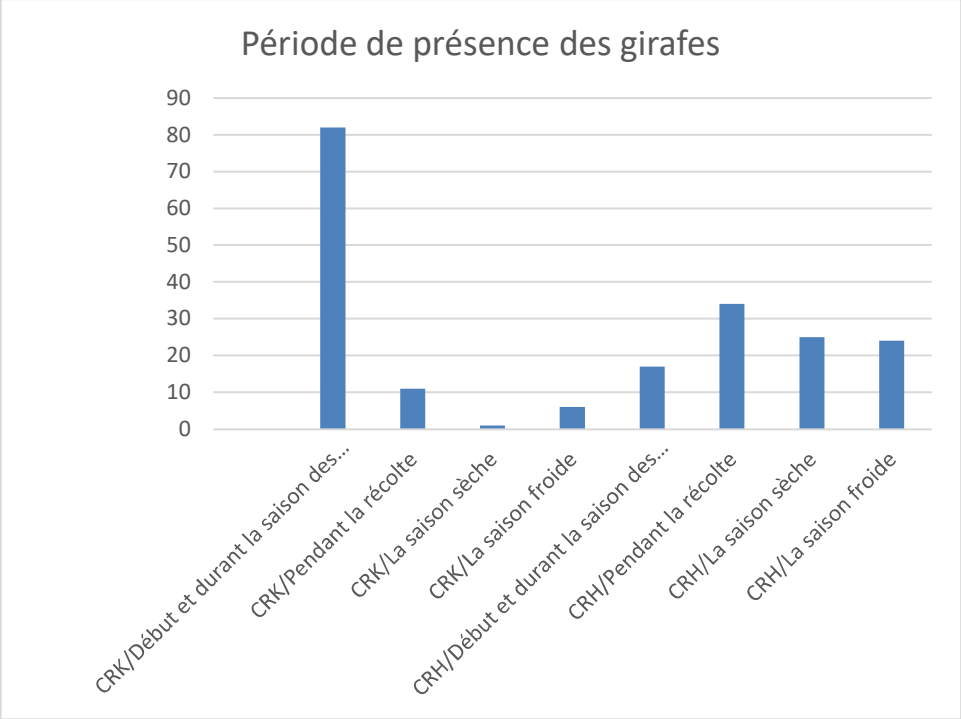


Fig. 20. La période de présence des girafes

3.4.3 LES PERIODES DE DEGATS

79% des enquêtés de la commune rurale de Kouré (CRK) affirment que les périodes de dégâts sont observés du début et durant la saison des pluies. Et pour 21% des enquêtés, c'est pendant la période de récolte que les dégâts sont observés. Dans la commune rurale de Harikanassou (CRH), les périodes des de dégâts correspondent à la saison froide (selon 40% des enquêtés) et pendant la période de récolte (selon 31% des enquêtés); la saison sèche et le début et durant la saison des pluies respectivement pour 23% des enquêtés et 6% des enquêtés (Figure 21). La figure 22 montre des girafes faisant des dégâts dans un champs.

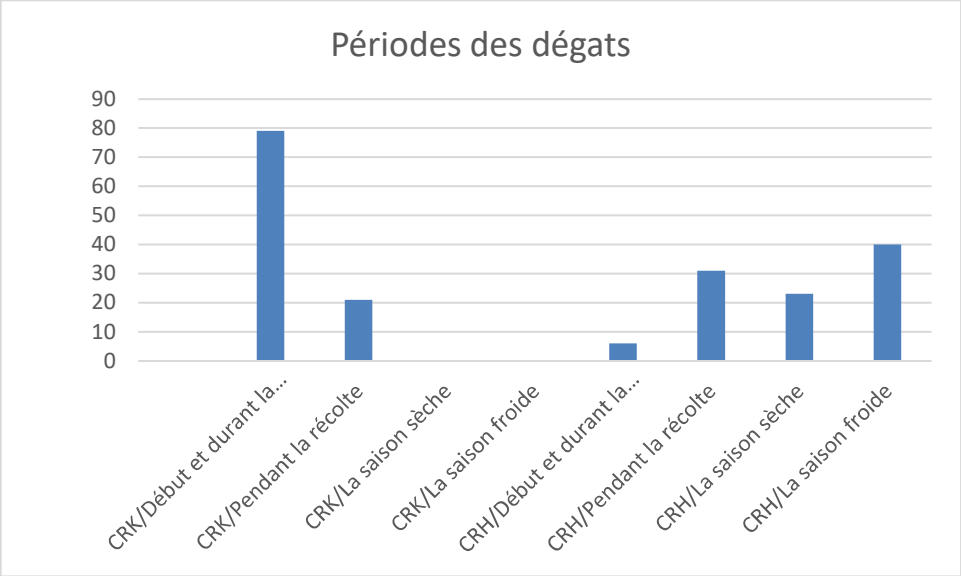


Fig. 21. Les périodes des dégâts

Fig. 22. Un troupeau de girafe dans un champs de la commune rurale de Harikanassou

3.5 LES ESPECES FOURRAGERES CONSOMMEES PAR LA GIRAFE

Les différentes espèces fourragères consommées par la girafe dans la commune rurale de Kouré sont *Acacia alblida* (selon 39% des enquêtés), *Balanites aegyptiaca* (selon 29% des enquêtés), *Acacia nilotica (selon* 24% des enquêtés), *Acacia ataxancantha* (selon 2% des enquêtés), *Acacia macrostachya* (selon 3% des enquêtés) et *Guerra senelasensis* (selon 1% des enquêtés). Quant à la commune rurale de Harikanassou, les espèces végétaux prisées par les girafes sont *Acacia albida* (selon 35% des enquêtés), *Balanites aegyptiaca* (selon 30% des enquêtés), *Acacia ataxcantha (selon* 21% des enquêtés), *Acacia nilotica* (selon 14% des enquêtés) et *Manguifere indica* (selon 30% des enquêtés).). Quant à la commune rurale de Harikanassou, les espèces végétaux prisées par les girafes sont *Acacia albida* (selon 35% des enquêtés), *Balanites aegyptiaca* (selon 30% des enquêtés), *Acacia ataxcantha (selon* 21% des enquêtés), *Acacia nilotica* (selon 14% des enquêtés) et *Manguifere indica* (selon 30% des enquêtés).

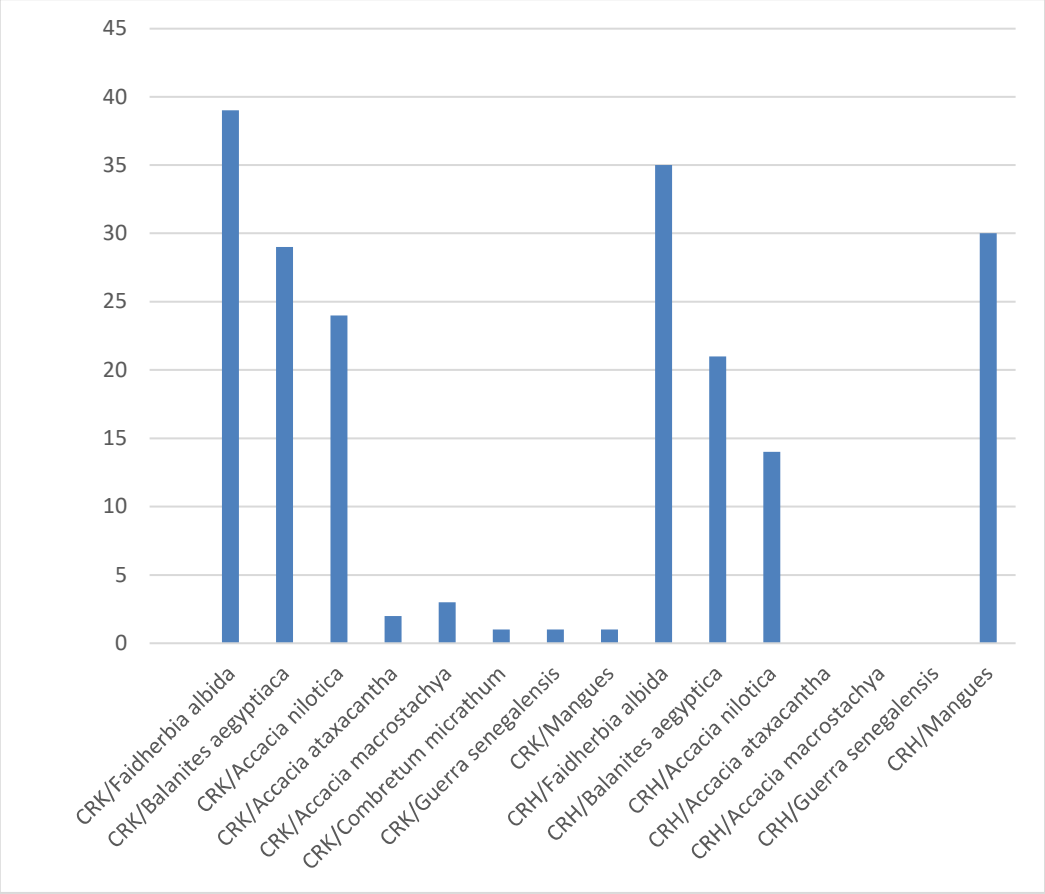


Fig. 23. Les espèces fourragères consommées par les girafes

Fig. 24. Un troupeau de girafe qui broute un Acacia fedherbia

4 DISCUSSION

Dans les deux communes, les chefs de ménages sont principalement des hommes (76% des enquêtés de la commune rurale de Kouré).Et 78% des enquêtés de la commune rurale de Harikanassou sont des hommes. Au niveau des deux communes les populations, sont principalement agropastorales. Cette frange représente environ 80%. 97% des enquêtés des villages de la commune rurale de Kouré

affirment avoir des champs de culture. Et 94% des enquêtés de la même commune affirment n'avoir pas de jardins. Ceci est dû par le fait que la commune de Kouré est dans la zone des plateaux, la profondeur de la nappe est élevée. Cependant dans la commune rurale de Harikanassou, la majeure partie de la population possède des terres dans la vallée du Dallol Bosso pour leur activité de culture de contre saison. Ce qui explique l'existence de nombreux jardins et vergers. Ainsi la répartition de la population enquêtée démontre que 98% des enquêtés de la commune détient des champs et 99% des enquêtés de la même commune possèdent au moins un jardin. La commune rurale de Harikanassou est une zone favorable aux cultures maraichères due à l'existence du Dallol Bosso.

Elle est l'une des principaux obstacles qui entrave la mobilité des girafes et est un danger potentiel. La RN1 traverse la commune rurale de Kouré sur une distance de 40,6 Km. Sur cette route plusieurs cas d'accidents ont été enregistrés. Ainsi donc la densité de la circulation est un obstacle pour les girafes et une menace pour ces dernières. C'est dans le même ordre d'idées que [14], affirme que la circulation routière est une des menaces qui pèsent sur la girafe au Niger.

Il traverse la réserve de biosphère sur une distance totale de 85km, la partie traversée dans la commune rurale de Kouré est de 27,5Km. Il constitue un obstacle anthropique majeur qui entrave beaucoup les déplacements des girafes dans son habitat. En certains points on rencontre des ponts, excavations profondes et larges empêchant les girafes de se retrouver dans la bande sud ou nord. Cet obstacle majeur peut conduire à la division du troupeau pour des séjours longs dans certaines parties et des contournements importants pour rallier certaines zones de la réserve. Donc il peut conduire à la division du troupeau de part et d'autre du rail. Cela a contribué à dégrader davantage l'environnement.

La piste reliant Kollo à Dantchandou dans la commune rurale de Kouré sur une distance de 41,8Km. Ces pistes rurales constituent un obstacle mineur pouvant être majeur en certains points. La commune rurale de Harikanassou située dans une zone du dallol Bosso très favorable à la culture de contre saison. De ce fait la population est fortement attachée dans l'activité de jardinage qui l'occupe pendant une longue période. Ainsi dans cette localité les pistes latéritiques, sont les seules voies de transport utilisées par la population locale. Donc constitue un obstacle majeur pour les girafes lors des traversées. Ces résultats corroborent avec ceux de [15], qui affirment que les conflits Homme-faune sont devenus plus fréquents et plus graves au cours des dernières années en raison de l'accroissement et de l'extension des infrastructures routières et du développement de l'agriculture.

La cartographie des obstacles anthropiques (RN1, rails, pistes rurales) auxquels les girafes sont confrontées dans notre zone d'étude. Ils ont un impact négatif sur les déplacements des girafes dans les deux communes. Car on dénombre un certain nombre d'incidents lors des traversées des routes notamment dans la commune rurale de Kouré sur la RN1 et surtout en période de saison pluvieuse. [16] stipule que les voies routières constituent une source de désagrément pour la faune sauvage. Du fait des accidents qu'elles occasionnent malgré les panneaux de signalisation limitant la vitesse à 40 Km/heure. Des cas d'accidents sur la RN1 ont été enregistrés surtout en saison de pluie (période de concentration des girafes sur les ilots du plateau de Kouré).

Les girafes sont fréquemment vues par la population de la commune rurale de Kouré en moyenne une fois par mois (selon 81% des enquêtés). Cela démontre la forte présence des girafes dans la zone d'étude. Les girafes sont également vues aux débuts et durant la saison des pluies et pendant la période de récolte. Dans la commune rurale de Harikanassou, les girafes sont couramment vues par la population locale soit une fois par semaine (selon 66% des enquêtés). Les girafes font des dégâts dans les champs et dans les parcours en détériorant les cultures et les espèces fourragères. [17] affirme que face à la dégradation de l'habitat, les girafes cherchent à s'adapter au contexte en causant des dommages ponctuels aux cultures des paysans et sur les terres de parcours.

5 CONCLUSION

La cartographie a révélé que la mobilité des girafes est entravée par certains obstacles anthropiques tels que le chemin de fer, la route nationale N1, les pistes rurales, les zones de culture et vergers. La transformation du relief et de sa structure a rendu la tâche encore plus difficile à la girafe de se mouvoir aisément dans son habitat. Ces obstacles ont un impact majeur sur la mobilité des girafes qui a cultivé une sorte de méfiance à s'approcher de ses obstacles qui représente un danger potentiel. En plus de cela, l'étude nous a permis de faire ressortir certaines activités menées dans les communes de la réserve de biosphère, qui contribuent à la dégradation de l'habitat de la girafe, rendant sa résilience encore plus difficile. Les rails, la route nationale N1 et les pistes représentent un réel problème pour la mobilité de la girafe et a changé ces habitudes quotidiennes. Le changement de comportement dans le déplacement de la girafe a eu des répercussions sur la vie socio-économique des communautés vivant dans les communes rurales de Kouré et de Harikanassou. En effet, les dégâts occasionnés par les girafes affectent directement les activités agropastorales.

REFERENCES

[1] Ministère du plan, 2023; Institut Nationale de la Statistique, Tableau de bord social 89p.
[2] FISAN, 2021; Mission d'appui technique pour la définition du PHVA (Population and Habitat Viability Assessment) de la population de girafe de l'Afrique de l'Ouest (Giraffa camelopardalis peralta) en vue de la formulation d'une stratégie de conservation, 42p.
[3] FEM/CNEPDD/PNUE, 2014; Cinquième rapport national sur la diversité biologique 60p.
[4] Sani Issaka, (2019); centre d'échange d'information sur la biodiversité du Niger. http://www.abctaxa.be/niger.

[5] DFC/AP, 2020; Stratégie Nationale et Plan d'Actions pour la Conservation Durable des Girafes du Niger. Rapport final, 41p.
[6] DFC/AP, 2010; Stratégie Nationale et Plan d'Actions pour la Conservation Durable des Girafes du Niger. Rapport final, 41p.
[7] DFC/AP, 2021; Stratégie Nationale et Plan d'Actions pour la Conservation Durable des Girafes du Niger. Rapport final, 41p.
[8] Ciofolo.I, Yvonnick Le pendu et Allen Grosser., 1998; Les girafes du Niger, dernières girafes d'Afrique de l'ouest 117p.
[9] DDE Kollo, 2010; Ministère de l'Environnement et de la Lutte Contre la Désertification, Direction Départementale de l'Environnement et des Eaux et Forêts, Rapport d'activités, 41p.
[10] Ali Koua, 2021; Mémoire de master recherche option: Gestion des Ressources Naturelles (GRN): l'impact du changement climatique sur la dynamique des ressources forestières dans la commune rurale de kouré, mémoire de masters de recherche en gestion des ressources naturelles, université Joseph ki-zerbo 102p.
[11] Plan de Développement communautaire de la commune de Kouré, 2022, Rapport final, 65p.
[12] Ministère du plan, 2012; Institut Nationale de la Statistique, Tableau de bord social 79p.
[13] Plan de Développement communautaire de la commune de Harikanassou, 2013, Rapport final, 95p.
[14] Hamissou Halilou Malam Garba, Ali Laouel Abagana, 2018; ministère de l'environnement, de salubrité urbaine et du développement durable direction générale des eaux et forêts, rapport d'activité translocation des girafes de la réserve de biosphère transfrontière du w (RBT/W) du Niger à la réserve de biosphère de Gadabédji (RBG) Décembre 33p.
[15] Hamadou I, 2022; Impacts de l'occupation des sols sur l'habitat de la girafe au Niger et enjeux pour la sauvegarde du dernier troupeau de girafe de l'Afrique de l'ouest Université de Abdou Moumouni.
[16] Almoustapha Abdou Mohamed, 2021; caractérisation des menaces qui pèsent sur l'habitat de la girafe cas de la commune rurale de kouré. Mémoire de Technicien de Développement Rural, Esimad academy 50p.
[17] Barragé M., 2004; Contribution à l'Etude de Conflits Girafe - Population locale sur la zone de transition de la réserve de la Biosphère de la Région de « Parc W » du Niger. Mémoire du Master II Géographie Aménagement de Territoire. Université Jean Moulin Lyon33, 54p.