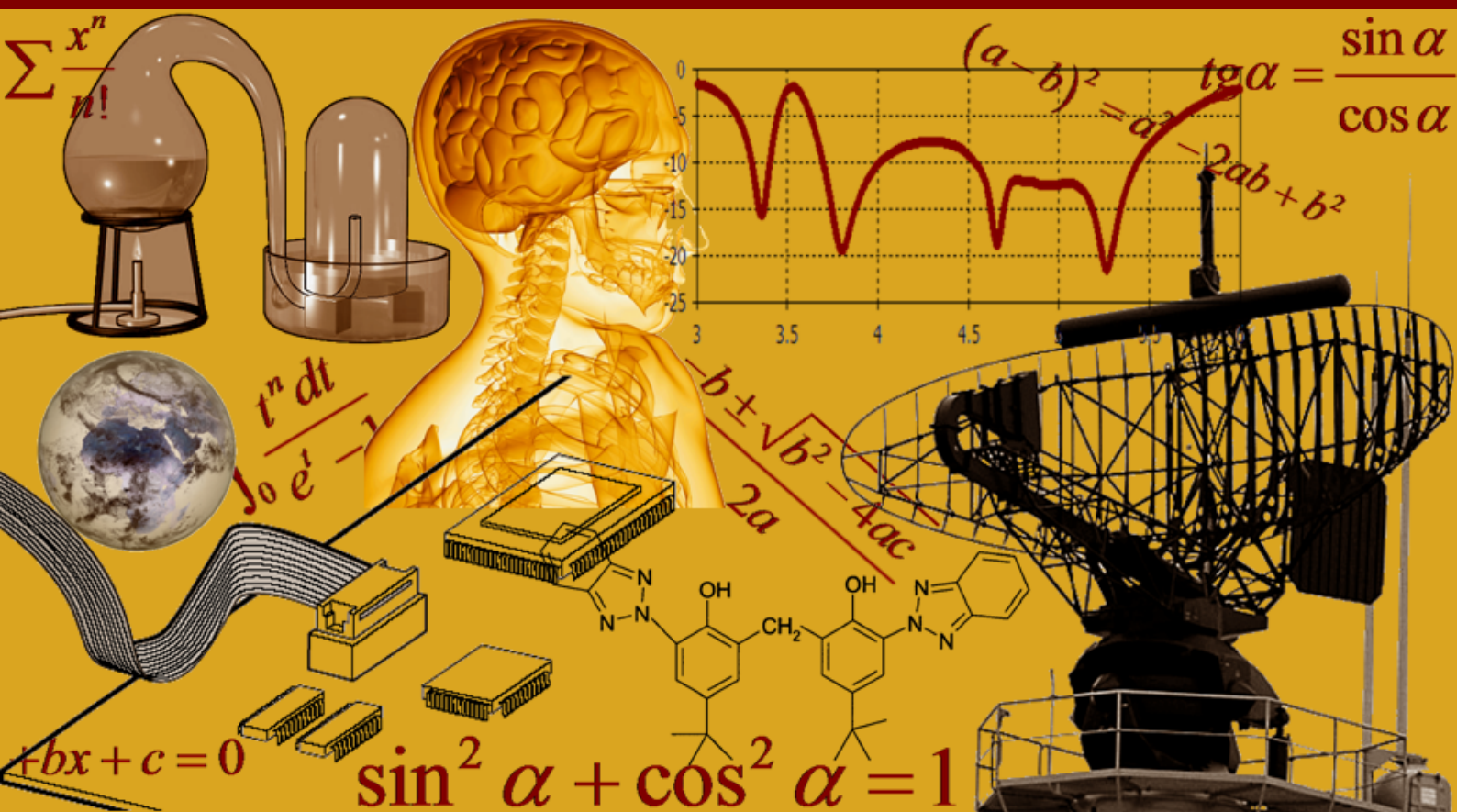


INTERNATIONAL JOURNAL OF INNOVATION AND SCIENTIFIC RESEARCH

Vol. 63 N. 1 October 2022



International Peer Reviewed Monthly Journal



International Journal of Innovation and Scientific Research

International Journal of Innovation and Scientific Research (ISSN: 2351-8014) is an open access, specialized, peer-reviewed, and interdisciplinary journal that focuses on research, development and application within the fields of innovation, engineering, science and technology. Published four times per year in English, French, Spanish and Arabic, it tries to give its contribution for enhancement of research studies.

All research articles, review articles, short communications and technical notes are sent for blind peer review, with a very fast and without delay review procedure (within approximately two weeks of submission) thanks to the joint efforts of Editorial Board and Advisory Board. The acceptance rate of the journal is 75%.

Contributions must be original, not previously or simultaneously published elsewhere. 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

K. Messaoudi, Hochschule für Bankwirtschaft, Germany
Sundar Balasubramanian, Medical University of South Carolina, USA
Ujwal Patil, University of New Orleans, USA
Avdhoot Walunj, National Institute of Technology Karnataka, India
Rehan Jamil, Yunnan Normal University, China
Sankaranarayanan Seetharaman, National University of Singapore, Singapore
Fairouz Benahmed, University of Connecticut Health Center, USA
Achmad Choerudin, ST.,SE.,MM., Academy Technology of Adhi Unggul Bhirawa, Indonesia
Mohammad Ali Shariati, Islamic Azad University, Science and Research Branch, Iran
Md Ramim Tanver Rahman, Jiangnan University, China
Rasha Khalil Al-Saad, Veterinary Medicine College, Iraq
Neil L. Egloso, Palompon Institute of Technology, Philippines
Sanjay Sharma, Roorkee Engineering & Management Technology Institute, India
Ahmed Nabile Emam, National Research Center (NRC), Egypt
Md. Arif Hossain Jewel, Rural Development Academy, Bangladesh
N. Thangadurai, Jayalakshmi Institute of Technology, India
Urmila Shrawankar, G H Rasoni College of Engineering, India
Goutam Banerjee, Visva-Bharati University, India
Santosh Kumar Mishra, S. N. D. T. Women's University, India
Anupam Kumar, Ashoka Institute of Technology & Management, India

Table of Contents

Applications of Blockchain Technology 4.0 in Education: A Systematic Review <i>El Mustapha Imouri</i>	1-8
Etude ethnobotanique des produits forestiers non ligneux (PFNLs) d'origine végétale de la localité de Tonga, Ouest Cameroun <i>Tsobou Roger, Tiokeng Bertine, Lucha Celestine Fonyikeh, Fawa Guidawa, Njiméli Sonkoué Patrick, Nzetchou Noumi Stanie Miriane, Neme Fotso Salomé Bertile, Agvingi Ambang Lucy, and P.M. Mapongmetsem</i>	9-33
Lithostratigraphie des sites d'exploitation artisanale et caractérisation de la source de l'or de Doumbiadougou, Duékoué, Côte d'Ivoire <i>Zié Ouattara, Gnamba Franck Emmanuel Gouédji, Clément Odon N'cho, Méhi Yves Arsène Ali, Bamory Kamagaté, and Yacouba Coulibaly</i>	34-44
Le Marché Educatif dans la province de Haut-Katanga: Un défi pour la couverture de la demande scolaire <i>Dihumba Kabwe</i>	45-56
Evaluation des nuisances sonores chez les travailleurs de l'aéroport international de Conakry Gbéssia en 2020 <i>Habib Toure, Mor Ndiaye, F. Oulare, and Hassane Bah</i>	57-62
Evaluation des connaissances sur les risques professionnels et les moyens de prévention chez les pompistes des stations d'essence de conakry en 2020 <i>Habib Toure, A. Diatta, B. Diediou, Mor Ndiaye, and Hassane Bah</i>	63-70
Caractérisation du peuplement de poissons dans une lagune tropicale, le complexe lagunaire Aghien-Potou, soumise à un régime alternatif de fermeture et d'ouverture de la passe de Grand-Bassam (Côte d'Ivoire) <i>KIEN Kouassi Brahiman, Bédia Aké Théophile, Kone Naminata, and Kouamélan Essetchi Paul</i>	71-86
Termites ravageurs des plantations de cacaoyers Theobroma cacao L. (Malvaceae) dans la région du Tonkpi (Ouest de la Côte d'Ivoire) <i>Dohouonan Diabaté, Ohoueu Ehouman Jean Brice, Coulibaly Tenon, Akpa Alexandre Moïse Akpesse, and Yao Tano</i>	87-95
Burn out chez les étudiants de la 7ème de la Faculté des sciences techniques et de santé de l'Université de Conakry en 2020 <i>Habib Toure, Mor Ndiaye, F. Oulare, Hassane Bah, C. A. Toure, and K. Bah</i>	96-103
Aptitude à la multiplication végétative par bouturage et marcottage aérien de Combretum nigricans Lepr. ex Guill. & Perr. au Burkina Faso <i>Ki Dieudonné, Paulin QUOBA, Kaboré Sibiry Albert, Nacoulma Blandine Marie Ivette, Irénée Somda, and Nacro Hassan Bismarck</i>	104-115

Applications of Blockchain Technology 4.0 in Education: A Systematic Review

El Mustapha Imouri

School of Arts and Humanities, Moulay Ismail University, Meknes, Morocco

Copyright © 2022 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 5G, internet of things and machine learning will shape the future of education in a way that makes the exchange of Big Data at stake, mainly the financial, personal and academic credentials of students and faculty. The 4.0 technology, known as the fourth industrial revolution, has arrived to fix issues germane to trust, transparency and security. This article focuses on how education could take advantage of this fourth industrial revolution 4.0, mainly through blockchain applications. This article is an outcome of a critical systematic review of the state of the art on the use of blockchain technology in education. The literature sampled have responded largely to the following question: how can blockchain improve the sector of education? It explores the different benefits of Blockchain in operating the online data of students, faculty, partners, etc., providing them with a sense of ownership and ease of access. It also focuses on how the blockchain technology revolutionizes the way educational data will be stored and exchanged by means of safe, quick and transparent blocks. The state of the art has revealed that the benefits of blockchain technology to education are numerous, ranging from management to enabled educational platforms. The outcome of this article provides institutions and educators with a framework of reference to implement the blockchain applications effectively. It is also a catalyst work for researchers who aim at delving into the mainstream of the indispensable debate of how education could take advantage of this fourth industrial revolution 4.0.

KEYWORDS: Blockchain, Security, Big Data, Exchange, Smart Education.

"Everything will be tokenized and connected by a blockchain one day."

Fred Ehrsam

INTRODUCTION

In the 1970s, the internet was just a couple of computers that rarely got connected to each other. Today, everybody uses the internet and we even start experiencing the internet of things. Blockchain, which was first introduced for use in Bitcoin cryptocurrency, is now being used across many industries, including education. One may ask what is meant by blockchain and how is it going to revolutionize the sector of education and develop it? Well, blockchain is usually termed as digital ledger. The blockchain is the distributed database that gives an alterable and semi-public record of the digital transactions (Audrey Watters. 2016). Every block gathered at a timestamped batch of the transaction is to be incorporated in the ledger or in the blockchain. Every block is recognized by the cryptographic signature (Nielson. 2020). In other words, the blockchain is a distributed database that provides an unalterable, (semi-) public record of digital transactions. Each block aggregates a timestamped batch of transactions to be included in the ledger – or rather, in the blockchain. Each block is identified by a cryptographic signature. These blocks are all back-linked, meaning they refer to the signature of the previous block in the chain, and that chain can be traced all the way back to the very first block created. As such, the blockchain contains an un-editable record of all the transactions made (Audrey Watters. 2016). Furthermore, blockchain serves as a platform for achieving and maintaining integrity in distributed peer-to-peer (PTP) systems, obviating the need for a central authority or clearinghouse. Here's how it works at a high level:

- **Each user maintains his or her own information**, including transactions, contracts, certifications, credentials, assets and identities, as well as anything else that can be recorded in digital form.
- **Because entries are permanent**, transparent and secure, community members can view transaction histories in their entirety.

- **Each update is a new “block”** added to the end of a “chain.” A blockchain protocol manages how new entries are initiated, validated, recorded and distributed.
- **Cryptology replaces third-party intermediaries** as the keeper of trust; all blockchain participants run consensus algorithms to certify the integrity of the whole (Jain 2018).

The universities and academia around the world are faced with persistent operational challenges (Broggi et al., 2018). Most colleges in different parts of the globe are finding problems and difficulties just with the educational system and are not equipped even with laptops. Whatever is the true depiction of university operational restrictions, most will come to the idea that innovative solutions are needed. The modernization of universities is one of the best solutions that might solve all universities' problems. Here, we are talking exactly about smart university. The concept of a 'Smart University' is an emerging and fast-evolving area that represents the creative integration of innovative concepts, smart software and hardware systems, Smart Classrooms with state-of-the-art technologies and technical platforms, Smart Pedagogy based on modern teaching and learning strategies, Smart Learning Analytics and academic analytic (Uskov et al. 2018, 2). Consequently, with the growth of technology nowadays, the exchange of Big Data is considered a challenge for faculties and even societies in general. In this regard, the aim of this work is to introduce researchers all over the world and especially in Morocco to the new field of blockchain technology and show how it can be used in the educational sector to improve it.

It is necessary to develop a trustable, reliable and secured data storage method to record the process of students' learning during their whole lives. Blockchain technology is an eligible tool to vanish all the problems of education such as data insecurity, poor certification, trust transparency and many others. Currently, the technical features of the blockchain can inspire a set of good solutions to the problems of education. From this perspective, a critical systematic review is followed in this work to provide educational institutions and educators with a framework of reference to implement the blockchain applications effectively to solve all the problems facing them.

RESEARCH QUESTIONS

These research questions were formulated based on the aim and the objective of this study.

- How can blockchain technology improve the sector of education?
- What are the challenges of implementing blockchain in education?
- Why blockchain technology is important for improving education?

METHODOLOGY

A critical systematic review of the state of the art on the use of blockchain technology in education was performed following the guidelines of the PRISMA statement. The following steps are the key elements of the protocol.

1. Identifying the purpose of the study by answering the question “why do this review”? It also addresses the importance of the review and provides information about current gaps in the literature and describes the intervention, how the intervention might work, and why it is important to investigate.
2. Recognizing the objectives of the review by including the research question and a statement about the population and outcomes on which the review focuses.
3. Characterizing methods: this section should outline the process for conducting the review. Key components of the methods section are:
 - a) **Selection Criteria:** determining which articles to include in the review and which are to be excluded. Items to consider when designing selection criteria include:
 - i) *Type of intervention:* Considering the types of intervention to be included in the review and describing the components of interventions to include and exclude.
 - ii) *Type of Outcome:* considering possible outcomes, including potential consequences such as risks as well as benefits, and identifying primary and secondary outcomes that are most relevant to the targeted intervention and study population.
 - iii) *Type of studies:* Considering the study designs to include.
 - iv) *Type of publication:* Considering whether the review will include published research studies only or if it will also include gray literature.
 - v) *Publication date:* Considering whether the studies in the review will be limited to a specific time frame.

- vi) *Language*: Considering whether the review will be limited to studies in English or include studies written in other languages.
- b) **Search Strategy**: the protocol provides a list of the databases and other sources used during literature searches to identify potentially relevant studies. This section will also include the search strategy, such as keywords and criteria for the searches.
- c) **Data Collection**: this section will include a description of the process for selecting studies and extracting data from eligible studies. It includes variables and definitions for each variable for which data is collected from eligible studies. This section will also provide details about how many members of the review team reviewed each article and how disagreements over the data extracted were resolved.
- d) **Displaying Data**: A flow diagram was used to lay out the data in a clear and organized way. It includes information such as the number of studies identified, reviewed, included, and excluded.
- e) **Analysis and Synthesis**: the reviewer will determine how to analyze the data extracted for the review. The reviewer will use a standard approach to assess the body of evidence used in the review by considering study limitations, consistency of effect, imprecision, indirectness, and publication bias. The analysis section should also include a description of how risk bias in included studies will be assessed. This section will also address how the reviewer will handle missing data. Moreover, reviews will contain a section on limitations.

The researcher came out with the following subsections that will show how the previously mentioned steps were performed within the systematic review.

CHARACTERIZING METHODS

In order to determine which articles to include in the review, we resorted to different reliable databases: ResearchGate, Open Access, Scopus, EBSCO, IACEE, MDR, NECTEC, InformED, PeDocs, EUSSET, Blockchain Research Institute, digital Education, semantic scholar and AllAfrica. All these databases index high quality articles related to the education sector and emerging technologies in learning. The study designs to include randomized controlled trial [RCT] which relies on four phases (enrollments, allocation, intervention, follow-up and data analysis). The date of the last search was published in 2020. Furthermore, researchers used the following terms in the study: "Blockchain Technology, Education," "Blockchain Technology, Higher education," "Blockchain, Learning," "Blockchained education, Big Data," "Blockchain, Learning" as shown in the table below. Also, the review is limited only to studies in the English language.

Database	Keywords and Criteria
ResearchGate	Blockchains, Smart contracts, Adaptive learning, Curriculum, Certification.
Open Access	Blockchain, Educational evaluation, Instructional design, Learning is earning.
IACEE	Blockchained education, academic institutions, higher education, learning experiences, big data.
MDR	Blockchain, Education, Certificates.
NECTEC	Blockchain, Education, Education Certificates, solution, benefits.
InformED	Blockchain, education, Information Security, Student Ownership of Learning, Interactive Learning.
PeDocs	Blockchain, education, technology, empower learners.
EUSSET	Blockchain, Certificates, education, certification authorities, educational institution, educational institution.
Blockchain Research Institute	Blockchain revolution, identity, student records, the new pedagogy, the meta university.
DigitalEducation	Learning Itineraries; Blockchain in Education; University; Digital Education; Privacy.
Semanticscholar	Educational records, blockchain, privacy.
AllAfrica	Blockchain, education, young students, learning

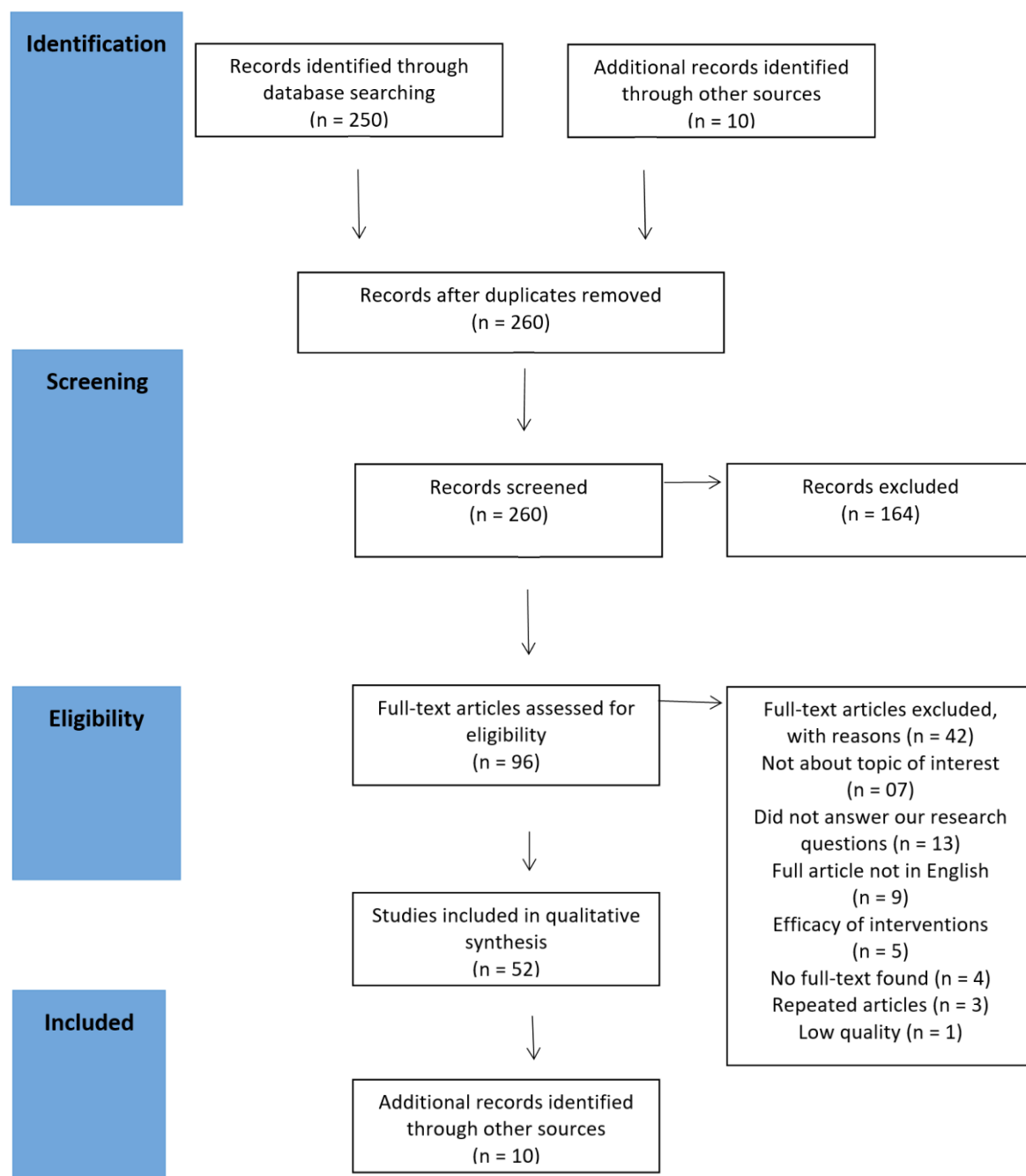
COLLECTING AND DISPLAYING DATA

The process for selecting studies and extracting data from eligible studies of the retrieved literature was evaluated independently based on a set of predefined exclusion and inclusion criteria (diagram below). A flow diagram was used to lay out the data in a clear and organized way. It includes information such as the number of studies identified, reviewed, included, and excluded. Before introducing the literature in the bibliographic manager (language, subject area and document type restrictions), some exclusion criteria were used. Based on very specific and crucial norms, articles that met one of the exclusion criteria were excluded and attached to the reason of exclusion. Thereafter, full-text articles review got the attention of the researcher, and again extra articles were excluded and sorted by reasons. Any inconsistency regarding the importance of the reviewed articles was resolved through double check process. After all, hundreds of studies were excluded since they did not meet the criteria of our study.

ANALYSIS

Data analysis was performed after extracting the data from papers. 250 articles were explored from the previously mentioned journals and databases in addition to 10 articles from google scholar search. Based on these articles' titles, abstract, introduction and keywords, all of them were screened and we were left with only 96 articles after the exclusion of 164 ones. This number of excluded articles was done on the purpose that they were not relevant to the subject we are dealing with. An additional 45 articles were excluded because of their scope; 1. they were not about topic of interest. 2. Did not answer the research questions. 3. Full article not in English. The remaining 54 articles included in quantitative and qualitative synthesis were deemed suitable for inclusion in this systematic review and were included in the data extraction process in the study (figure 1).

Included articles were divided by the year of publication. They were published in the last five years. During the year 2016, only two relevant articles were found. Whereas, this number increased rapidly in 2018 and 2020.



Flow Diagram of the systematic review process

Articles that were included in the review mentioned a variety of Blockchain applications. Consequently, they can be classified as follows: smart contracts, certification, educational evaluation, learning is earning, challenges, higher education, big data, student records, student ownership of learning, interactive learning, empowerment of learners, digital education, smart services, open digital badges, lifelong learning, data privacy, data security and digital diplomas.

Applications categories identified in the reviewed articles

Application Category	Number of Included articles
Smart contracts	5 articles
Certification	10 articles
educational evaluation	13 articles
Learning is earning	17 articles
challenges	6 articles
higher education	20 articles
big data	5 articles
Student records	23 articles
Student ownership of learning	14 articles
Interactive Learning	9 articles
empowerment of learners	27 articles
digital Education	7 articles
smart services	9 articles
open digital badges	15 articles
lifelong learning	2 articles
data privacy	10 articles
data security	12 articles
digital diplomas.	20 articles

The majority of articles used in the review mentioned almost all the categories of blockchain related to education. Furthermore, all of these categories can be split and put under three main themes.

RESULTS

The reviewer read and classified all articles according to the themes that relate to the research questions. The themes included: benefits of blockchain technology, challenges, and future area of application.

BENEFITS OF BLOCKCHAIN TECHNOLOGY TO EDUCATION

Schools add more security cameras and sensors, and they need to protect their networks from hackers as well. Blockchain technology could improve the educational sector in a variety of ways. The use of Blockchain technology in education assures security and privacy of all users' data, which is exchanged between intended parties. Blockchain network uses the one-way hash function which is a mathematical function that takes a variable-length input string and converts it into a fixed-length binary sequence. The output bears no apparent relationship to the input. The process is hard to reverse because, given just the output, the input is impossible to determine (Yli-Huumo et al. 2016). Furthermore, the newly generated block is strictly following the linear sequence of time (Chen and his colleagues, 2018). To illustrate, information and communications can be secure if considered as transactions of the blockchain (Prisco, 2016), based on cryptographic protocols. Thus, for example, blockchain offers the potential to make degree records more secure (Turcu and his colleagues). Each learning block is composed of several types of data related to a learning activity; in order to protect these data, an encryption algorithm was performed before sending it to other participants.

Furthermore, the system ensures permanent indestructible records that can keep students' records safe and secured. The ledger in the Bitcoin blockchain is 'append-only' – which means that transactions can only be added, and *cannot* be edited or deleted (Grech, Camilleri. 2017). While every new transaction is linked to a block, each single block is connected to the previous block to form a chain. All information are stored on a blockchain; with just a few clicks, a person can obtain a complete, verified record of content courses and all academic achievements. Thus, hacking the chain would require not only changing the transaction, but also recalculating and changing the header information of every block created since that transaction, and doing so on over half the computers on the network – a highly

impractical proposition (figure 4) (Grech, Camilleri. 2017). Storing all educational or school records in one place, where it can be easily accessible, will increase the accountability and transparency of using such records (Alammary et al. 2019).

Issuing certification using digital signatures is another benefit that can be brought to the field of education to improve it. All solutions for digital certification use a system of digital signatures to issue certificates (Grech, Camilleri. 2017). It provides instant and self-verification of academic qualification; even when the university does not exist anymore (Gopane, 2019), a digital syllabus can be stored in a blockchain. Once blocks have been created, the authorized university will sign it using a private key. After that, a cryptographic hash of the course syllabus will be issued to ensure that no one can tamper with the content. In order to validate the authenticity of these data, the university verifies it by the hash and the key that belongs to the original institution (Bandara, I.B.; Ioras, F.; Arraiza, M.P. 2018).

The use of blockchain technology in education makes trust present in the whole process. Only trusted parties can be engaged in adding blocks to the network and only trusted parties can gain access. Trust is a big concern when dealing with different authorities from different regions. Universities or any educational institutions can build a trustworthy community by implementing secure and reliable blockchain-based systems (Alammary et al., 2019). This basic concept of trust remains unchanged in the digitized world where we have to rely upon many actors, whom we will never meet, to act in good faith and on our behalf: trust is often granted only for a very specific application, within a specific context, and for a set period of time. In a global, digital economy, the challenges of maintaining trust - with the resultant checks and balances – are becoming increasingly expensive, time consuming, and inefficient (Piscini et. al (2016). Indeed, blockchain can really enhance the sector of education.

These are only few advantages that Blockchain Technology can bring to life of education; still, it can bring hundreds of benefits, including low cost, enhancing learners' interactivity, enhancing accountability and transparency, prepaid cards, supporting learners' career decisions and many other ones.

THE CHALLENGES OF IMPLEMENTING BLOCKCHAIN IN EDUCATION

Despite the fact that Blockchain can revolutionize the field of education in a positive way to be improved, still a number of challenges might occur if using blockchain in this sector. In this review article, we have gathered most of these challenges into certain categories. Blockchain's scalability, which is the slow speed of blockchain transactions, can affect the process in the education system. Educational systems also have plenty of data to keep track

of students who are constantly moving from school to school. This can increase the block size. Every transaction requires peer-to-peer verification that can become time consuming as the number of blocks increase. This is a big challenge of blockchain technology that Bitcoin technology can handle with only three to seven transactions per second (Zheng and his colleagues. 2018).

Many educators have a problem with the idea of education as big business, and yet companies like Pearson and McGraw-Hill make their fortunes by providing the classroom content, additional teacher training, classroom and school administration systems, and the testing content and platforms—the results of which lead to credentials, not just of high school diplomas and college entrance but of individual licensures and professional certifications. These companies have considerable budgets for lobbying the state (Don and Alex Tapscott. 2017). The cost of the adoption of blockchain is really high. To store big student data, there need be a huge size which will be costly somehow. Without managing this development and operational cost, it will be difficult to use this technique in traditional education systems (Bore and his colleagues.2017).

Absolutely, it is difficult to provide security while using blockchain technology and keep privacy at the very same time. While security is the main feature of the blockchain technology, the risk of malicious attacks cannot be removed (Zheng and his colleagues. 2017). this puts one's whole life career at risk. In 2013, the Education Advisory Board (EAB) published a list of 157 strategies for collecting data about students and alumni for colleges and universities to exploit in fundraising efforts, and institutions have become good at doing so.³ When it comes to protecting these data, however, colleges and universities are no less vulnerable than other large organizations (Don and Alex Tapscott. 2017). And, in this way, user's transactions can be linked to reveal user's information. Adequate storage and protection of private keys of all members is also a security issue that should be amicably handled (Turkanović and his colleagues. 2018). Different kinds of leakage may occur while using blockchain technology in the educational field.

Different other kinds of challenges might occur with the use of this technology in the education sector. But still, it is one of the greatest innovations that will revolutionize all sectors, including the educational one. All of the previously mentioned challenges can be overcome with more effort to develop blockchain technology.

AREAS OF BLOCKCHAIN APPLICATION IN EDUCATION

There are many potential ways how blockchain can improve education. Most higher education institutions keep students' completed course records in proprietary formats. These databases are structured for exclusive access by an institution's staff and in dedicated online

systems, with little or no interoperability. The majority of institutions have their own specialized system for keeping students' completed course records, which can preserve the proprietary data structure of the database. In contrast, blockchain records are stored permanently, and documents such as degrees and course certificates can be secured and verified regardless of whether or not a user has access to an institution's record-keeping system. Even if the institution that issued the certificates were to close, or if the entire education system collapsed, those certificates would still be verifiable against the records stored in a blockchain. In addition, once institutions issue certificates, no further efforts are required to confirm the validity of those certificates to third parties since the certificate can verify itself directly on the blockchain. (Jain 2018). Instead of storing a document that contains information about students, Blockchain will store documents' data. All the parts that are contributing to the field of education can be connected via Blockchain technology, which can lead to Credentialing Students' data through Blockchain (Jain, 2018).

The revolution and evolution of blockchain applications appear to be driven by the technology's capacity to handle problems that involve double-spend, consensus, immutability, transaction, trust, identity and general data security. Such blockchain applications will vary according to design-characteristics, including the content of what is stored on the ledger, the process used to reach consensus, and the degree to which the ledger is permissioned (Pisa & Juden, 2017). Blockchain could provide a more durable and flexible system for storing student credentials as they move from course to course throughout their professional careers plus their secondary education. Via blockchain, credentials cannot be modified, providing a more reliable system of storing credentials for a lifetime of learning, ensuring Durability and Flexibility with Micro-Credentialing (Jain, 2018).

Moreover, (Thabo J. Gopane. 2019) has gathered the payoff of blockchain application by universities from Nakamoto (2008), Swan (2015), Pisa and Juden (2017), and Broggi (2018) and came out with following table as the benefits that universities will gain when using blockchain in education.

Blockchain Application Opportunities for Universities

No	Application	Benefit
Blockchain Possibilities for Universities I: Universal Usage		
1	Smart Contracts	To store and activate transaction contract when they are due, automatically.
2	Disintermediation	Removes the need of the trusted middle party, with its associated cost, risk, and time inefficiencies.
3	Serve as Registry	Provides time-stamped systematic record of assets.
4	Process Integrity and Immutability	Through transparency should reduce risk of dishonesty, tampering
5	Preservation of Intellectual Property	Removes the need of intermediaries for the management and preservation of personal works of art, and innovation
6	Advantages of Data Security through Decentralisation	Decentralised data ledgers removes the risk of onestop data failure (malicious, or system malfunction)
7	Digital Identity	To digitise personal identity details: passports, national identity document, online account login, birth certificate, proof of residence
8	Decentralised Notary	To capture the time-stamped attestation of document. Document not stored but its existence is stored in hash format.
Blockchain Possibilities for Universities II: Academic Specific Usage		
9	Digital Academic Certificate	Provides instant and self-verification of academic qualification, even when the university does not exist anymore.
10	Massive Open Online Courses (MOOCs)	Cryptocurrency and blockchain may be used to facilitate recording and payment for the MOOCs.
11	Smart Learning Contract: financial Sponsor to Student (S2S) peers.	Smart contracts will be triggered by academic performance or built-in rules to release bitcoins, or learncoins, or local fiat from sponsor to student (S2S).
12	Learncoin	Institutions, or individual students can publish their funding needs, and receive learncoins from spontaneous learning donors, even pseudonymously.
13	Learning contract exchanges	Suitable for continuing professional education (CPE), and could benefit institutions offerings to government workers, and private sector.
14	Journalcoin	The intuition of bitcoin wallets used as journalcoin may be used to incentivise and earn academic brown points for journal editors, reviewers, and examination moderators.

What can be noticed from the discussion is that blockchain technology will be of great help to the educational sector and especially higher education since it can solve the majority of problems that are faced in the non-stop process of learning; it will bring added values and extra benefits that can make it revolutionize the educational sector.

CONCLUSION

The article has followed a critical systematic review of the state of the art on the use of Blockchain Technology in Education. It is found that the digital world of big data exchange is improving in a faster way than ever before. The objective of this study has been to provide educational institutions and educators with a framework of reference to implement the Blockchain applications effectively to solve all the problems facing them from trust, transparency to security. Blockchain technology is an important technological advancement as found through the whole study that can be considered as an added value to university smartness and academia. The review was guided by research questions that relate mainly to how blockchain can improve education, and the challenges of implementing this technology. The systematic review has found that providing educators and students with a sense of ownership, ease of access, and security across the globe are the most important benefits of using blockchain technology. The study is also a catalyst work for other researchers who aim at delving into the mainstream of the indispensable debate of how education could take advantage of this fourth industrial revolution 4.0 (Blockchain Technology).

REFERENCES

- [1] Alammary, A., Alhazmi, S., Almasri, M., & Gillani, S. (2019, June 1). Blockchain-based Applications in education: A systematic review. *Applied Sciences (Switzerland)*. MDPI AG. <https://doi.org/10.3390/app9122400>
- [2] Bakken, J. P., Uskov, V. L., & Penumatsa, A. (2019). Smart Education and e-Learning 2018. *Smart Education and E-Learning 2016*, 99 (1), 15–27. http://dx.doi.org/10.1007/978-3-319-92363-5_11
- [3] Bandara, I.B., Ioras, F. & Arraiza, M.P. *The emerging trend of blockchain for validating Degree apprenticeship certification in cybersecurity education. Proceedings of the 12th Annual International Technology, Education and Development Conference, Valencia, Spain, 5–7 March 2018; pp. 7677–7683*
- [4] Cerdan, A. & Jardí, A. (2018). Blockchain in Education: On the Limit Between the Real, the Possible and the Dreamed. *Digital Education Review*, 0(34), 109–111. <https://doi.org/10.1344/der.2018.34.109-111>
- [5] Bore, N., Karumba, S., Mutahi, J., Darnell, S.S., Wayua, C. & Weldemariam, K. (2017). *Towards Blockchain Enabled School Information Hub. In Proceedings of the 9th International Conference on Information and Communication Technologies and Development, Lahore, Pakistan.*
- [6] Broggi, J.D, Gallagher, M.A, Duquette, J., Nimura, C., Pattenden, M., Arbide, L.S.M., Avin, S., Kelley, K., Lidova, M., Rodríguez-Pérez, D., Slater, G. & Winkler, A. (2018). Building the first Blockchain University. *White Paper, Woolf Development Ltd.* <https://www.slideshare.net/eraser/woolf-building-the-first-blockchain-university-whitepaper>
- [7] Chen, G., Xu, B., Lu, M., & Chen, N.-S. (2018). Exploring blockchain technology and its potential. *Smart Learning Environment* 5, 1 (2018). <https://doi.org/10.1186/s40561-017-0050-x>
- [8] Jain, K.A. (2018, March). *Blockchain Goes to School*. Cognizant. <https://www.cognizant.com/whitepapers/blockchain-goes-to-school-codex3775.pdf>
- [9] Gopane, T. J. (2019). Blockchain Technology and Smart Universities (Vol. 12, pp. 72–58). EasyChair. <https://doi.org/10.29007/rkv5>
- [10] Grech, A. and Camilleri, A. F. (2017). *Blockchain in Education*. Inamorato dos Santos, A. (ed.) EUR 28778 EN; doi:10.2760/60649
- [11] Nielson. B. (2020, Jan. 23). How Blockchain is Changing Learning and Development. <https://www.yourtrainingedge.com/how-blockchain-is-changing-learning-development/>
- [12] Okoli, C. & Schabram, K. (2010). A Guide to Conducting a Systematic Literature Review of Information Systems Research. *Sprouts: Working Papers on Information Systems*, 10(26). <http://sprouts.aisnet.org/10-26>
- [13] Pisa, M., & Juden, M. (2017). Blockchain and Economic Development: Hype vs Reality. *Center for Global Development Policy Paper* (107), (July), 47. https://www.cgdev.org/sites/default/files/blockchain-and-economic-development-hype-vs-reality_0.pdf
- [14] Prisco, G. (2016). *Slock it to Introduce Smart Locks Linked to Smart Ethereum Contracts, Decentralize the Sharing Economy*. Bitcoin Magazine. <https://bitcoinmagazine.com/technical/slock-it-to-introduce-smart-locks-linked-to-smart-ethereum-contracts-decentralize-the-sharing-economy-1446746719>
- [15] Yli-Huumo, J., Ko, D., Choi, S., Park, S., & Smolander, K. (2016). Where is Current Research on Blockchain Technology? -A systematic review. *PLOS ONE*, 11(10). <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0163477>
- [16] Zheng, Z., Xie, S., Dai, H. N., Chen, X., & Wang, H. (2018). Blockchain Challenges and Opportunities: A Survey. *International Journal of Web and Grid Services*, 14(4), 352–375. <https://doi.org/10.1504/IJWGS.2018.095647>

Etude ethnobotanique des produits forestiers non ligneux (PFNLs) d'origine végétale de la localité de Tonga, Ouest Cameroun

[Ethnobotanical study of plant non timber forest products (NTFPs) in the locality of Tonga, West Cameroon]

Tsobou Roger¹, Tiokeng Bertine¹, Lucha Celestine Fonyikeh¹, Fawa Guidawa², Njiméli Sonkoué Patrick¹, Nzetchou Noumi Stanie Miriane¹, Neme Fotso Salomé Bertile¹, Agyingi Ambang Lucy¹, and Mapongmetsem Pierre-Marie²

¹Département de Biologie Végétale, Université de Dschang, BP: 67 Dschang, Cameroon

²Département des Sciences Biologiques, Université de Ngaoundéré, BP: 454 Ngaoundéré, Cameroon

Copyright © 2022 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: Non-Timber Forest Products (NTFPs) are important source for sustenance of rural and urban populations. They contribute to food security and poverty reduction. In order to contribute to the knowledge and sustainable management of these products, ethnobotanical data were gathered through semi-structured questionnaires between March and May 2022 in four (04) villages in the locality of Tonga. A total of 92 informants were involved in the study, including 52 women and 40 men. A total of 43 plant species belonging to 42 genera and 31 families used as a source of NTFPs were recorded. Seven major use categories of the NTFPs were identified. Out of these, food and medicine were the most dominant uses. In food categories, Fabaceae and Piperaceae, were the most represented (13% each) families; and the most cited plant species were *Gnetum africanum*, *Tetrapleura tetraptera*, *Recinodendron heudelotii* and *Garcinia kola*, while in medicine, Poaceae and Asteraceae were dominant. *Ageratum conyzoides*, *Eremomastax speciosa*, *Ocimum gratissimum*, *Cymbopogon citratus* and *Raphia taedigra* were the most used plants in medicine. Out of these species, ten (10) plant species are used in food, 32 in medicine, 6 plants are commonly used in both categories. The species *Gnetum africanum* (51,1%), *Tetrapleura tetraptera* (23,9%), *Recinodendron heudelotii* (21,7%), *Garcinia kola* (17,4%), *Megaphrynium macrostachyum* (18,5%), *Cola pachycarpa* (13%) are the most sought after in both areas. Trees (69%) and herbs (47%) were widely used. Whereas, leaves were the most solicited organs, and were mostly harvested from the forest (69,56%). Malaria and Stomach ache were the most treated diseases conditions. The most used method for drugs preparation was decoction. While picking (63%) and collection (21%) were the mainly practiced collection. This result constitutes a data base on the importance of NTFPs in the locality of Tonga.

KEYWORDS: Non-Timber Forest Products, Food, pharmacopoeia, Ethnobotanical surveys, Tonga.

RESUME: Les produits forestiers non ligneux (PFNL) à travers leurs usages sont une source de subsistance et de revenu pour les populations aussi bien rurale qu'urbaine. Ils contribuent à la sécurité alimentaire et à la réduction de la pauvreté. Afin de contribuer à la connaissance et une gestion soutenable de ces produits, une enquête ethnobotanique a été menée entre Mars et Mai 2022 dans quatre (04) villages de la localité de Tonga. La technique d'entretien semi-structuré a été mise en profit. 92 personnes ont été interviewées, dont 52 femmes et 40 hommes. Un total de 43 espèces végétales appartenant à 42 genres et 31 familles botaniques ont été répertoriées. Ces espèces sources de PFNLs sont plus employées dans 7 catégories, dont les plus importantes sont l'alimentation et la médecine. Sur le plan alimentaire les Piperaceae et les Fabaceae sont les plus représentées (13% chacune), et les espèces les plus citées sont *Gnetum africana*, *Tetrapleura tetraptera*, *Garcinia kola* et *Recinodendron heudelotii*, alors que dans le domaine de la pharmacopée, les Poaceae et les Asteraceae sont dominantes, les espèces *Ageratum conyzoides*, *Eremomastax speciosa*, *Ocimum gratissimum*, *Cymbopogon citratus* et *Raphia taedigra*. Des espèces répertoriées, dix (10) espèces sont utilisées dans l'alimentation, 32 dans la pharmacopée, 6 plantes sont communément employées dans les deux catégories. Les espèces *Gnetum africanum* (51,1%), *Tetrapleura tetraptera* (23,9%), *Recinodendron heudelotii* (21,7%), *Garcinia kola* (17,4%), *Megaphrynium macrostachyum* (18,5%), *Cola pachycarpa* (13%) sont les plus sollicitées dans les deux domaines. Les types biologiques largement recherchés sont respectivement les arbres (69%) et les herbes (47%). Les feuilles sont les organes les plus sollicitées, et sont majoritairement récoltées dans les forêts (69,56%). Le paludisme et le mal de ventre sont les affections les plus traitées par les espèces recensées. La décoction est le mode de préparation le plus utilisé en

pharmacopée. Les modes de prélèvements les plus pratiqués sont la cueillette (63%) et le ramassage (21%). Ce résultat constitue une base de données sur l'importance des produits forestiers non ligneux de la localité de Tonga.

MOTS-CLEFS: Produits Forestier Non Ligneux, alimentaires, pharmacopée, enquêtes ethnobotaniques, Tonga.

INTRODUCTION

Les écosystèmes terrestres (forêts, savanes et sahel) d'Afrique Centrale renferment une biodiversité exceptionnelle qui constitue un potentiel inestimable pour le développement socio-économique de la sous-région. Ils sont riches en Produits Forestiers Non Ligneux (PFNLs) d'origine végétale: feuilles, graines, noix, fruits, champignons, racines, tiges, écorces, lianes, sèves, etc. ainsi que les PFNLs d'origine animale comme: chenilles, escargots, larves, insectes, reptiles, amphibiens, oiseaux et le gibier [1]. Ils ont de nombreuses fonctions socioéconomiques et environnementales importantes tant au niveau mondial, national que local. La FAO [2] les définit comme « l'ensemble des biens d'origine biologique autres que le bois, dérivés des forêts, des autres terres boisées et des arbres hors forêt ». En Afrique ils contribuent à près de 64,12 milliards par an [3], et participent significativement à la lutte contre la pauvreté via la commercialisation, à la sécurité alimentaire et aux soins de santé primaire [4, 5, 6]. Malheureusement, la déforestation, les feux de brousse, l'agriculture, l'exploitation forestière, les changements climatiques contribuent à la perte de plusieurs espèces végétales [7]. Aujourd'hui, l'avenir de ces ressources forestières devient de plus en plus, une préoccupation permanente dans le monde entier [8, 9]. Même si l'exploitation de ces produits se fait à l'échelle artisanale, ils ont une influence sur la vie ou la survie des populations rurales, car ils jouent un rôle important dans l'équilibre alimentaire, la conservation de l'identité culturelle, la santé, etc. En vue de garantir l'utilisation durable des ressources forestières au Cameroun, un encadrement juridique a été mis en place, il s'agit de la loi forestière n°94/01 du 20 janvier 1994 portant régime des forêts, de la faune et de la pêche [10] et son décret d'application N° 95/531/PM du 23 août 1995 fixant les modalités d'application du régime des forêts [11]. Ces PFNLs en dehors de l'économie qu'ils apportent dans les ménages et de la contribution à la sécurisation alimentaire, ils jouent aussi un rôle dans la conservation de la biodiversité végétale [12]. Selon les allégations de la FAO [13], la dégradation des écosystèmes forestiers du fait des activités anthropiques risquerait de mettre en péril l'avenir des populations qui dépendent de ces produits forestiers. A l'Ouest Cameroun, l'exploitation des produits forestiers non ligneux est une activité de plus en plus attrayante pour de nombreuses personnes démunies et sans emploi. Dans la localité de Tonga; cette activité est beaucoup pratiquée du fait de sa proximité avec la zone forestière, mais aussi de sa richesse en divers PFNLs. Ces produits remplissent de nombreuses fonctions socio-économiques (alimentaires, médicinales, économiques). Au regard de l'intérêt de ces produits pour ces populations, leur recensement s'avère nécessaire pour une gestion soutenable de ladite ressource. Ainsi la présente étude a pour objectif de contribuer à la connaissance des produits forestiers non ligneux de la localité de Tonga. De façon spécifique, il s'est agi de (i) de recenser les différents PFNL d'origine végétale de ladite localité, (ii) catégoriser leurs usages et leurs méthodes d'exploitation et (iii) analyser la perception paysanne sur l'état de la ressource et les stratégies locales de gestion durable.

MATÉRIEL ET MÉTHODES

PRÉSENTATION DE LA ZONE D'ÉTUDE

L'étude a été réalisée dans 04 villages (Tonga ville, Babitchoua, Médima et Baloua) de la localité de Tonga, Ouest Cameroun (4°58'11"N et 10°41'45"E). Tonga est située à l'entrée Est de la Région de l'Ouest, sur la route nationale N°4, juste après la Région du Centre (Figure 1). Elle s'étend sur une superficie d'environ 342 km² et compte environ 30000 habitants. Elle est constituée d'un centre Urbain composé de 21 quartiers et 18 villages.

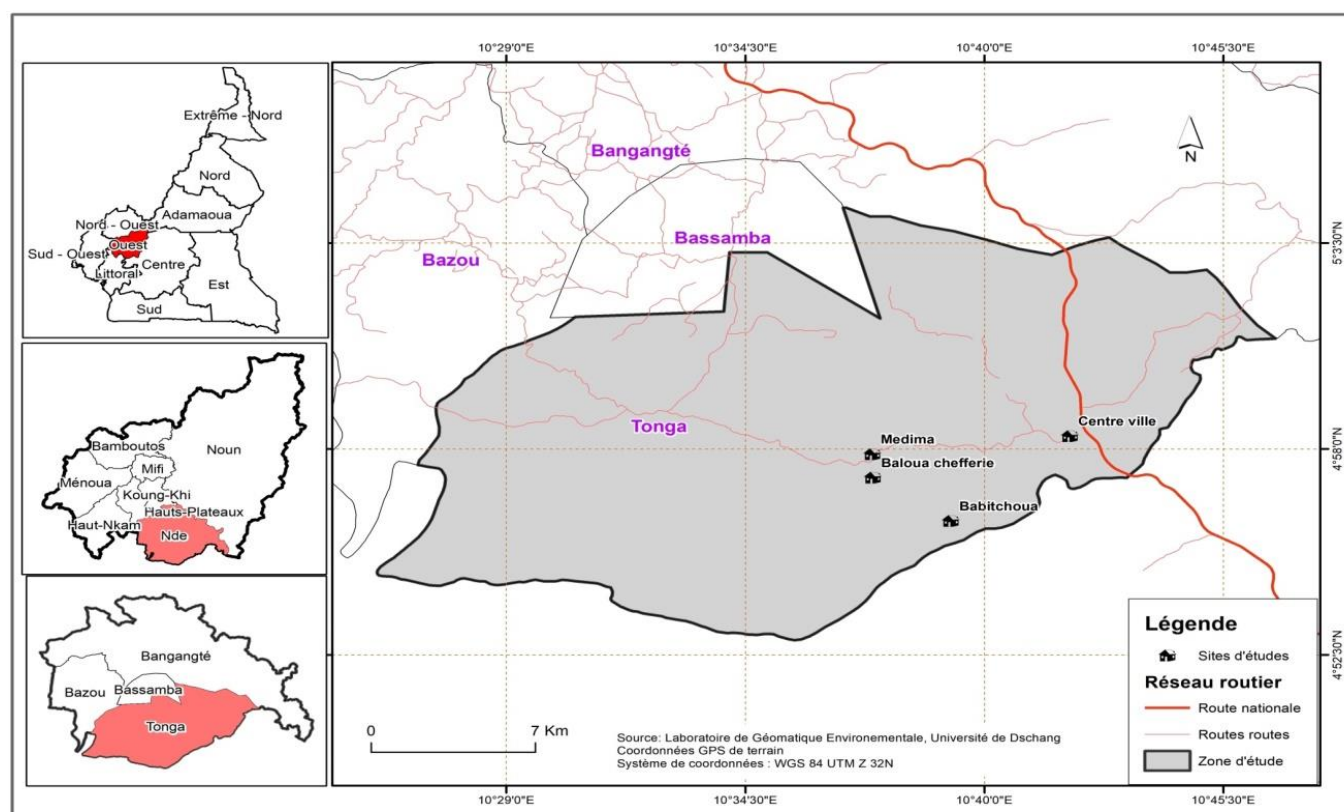


Fig. 1. Localisation de la zone d'étude

Source: ACFCAM/CTFC, [14]

SOLS ET VÉGÉTATION

Son relief est varié sur toute son étendue. Il comprend des plaines, des plateaux, des montagnes riveraines, des collines et des vallées. La nature des sols varie en fonction du relief. On rencontre des sols ferralitiques et de couleur jaune-brunâtre sur les plateaux et les collines; les sols sablonneux, argileux, ferralitiques et brun latéritique sur les plaines; des sols argileux, calcaire et peu évolués sur les pentes et les flancs des collines et des sols hydromorphes dans les vallées.

Sur le plan phytogéographique, Tonga est considérée comme une zone de transition entre la forêt et la savane. La végétation est riche en espèces ligneuses, non ligneuses, les cultures de rentes et pérennes, variées et dominées par la présence des forêts et de la savane arbustive. En dehors de la sylviculture qui porte sur une forêt communale en cours de création et une forêt de récréation dont la mise en place a été momentanément arrêtée en 2009 pour défaut de financement. Les forêts naturelles sont abondantes et répandue sur l'ensemble de la localité. Ces forêts regorgent à vue d'œil des essences variées (*Melicia excelsa*, *Entandrophragma cylindricum*, *Terminalia superba*, *Lophira alata* etc.), des plantes médicinales et des ressources non ligneuses [14].

CLIMAT ET HYDROGRAPHIE

Le climat qui règne dans cette zone est de type tropical soudano-guinéen tempéré, influencé par la chaîne montagneuse de l'ouest, avec une alternance de quatre saisons inégalement réparties; une petite saison pluvieuse qui va de mars à mi-mai, une petite saison sèche qui va de mi-mai à mi-juin; une grande saison des pluies qui s'étale de mi-juin à mi-novembre et une grande saison sèche qui s'étale de mi-novembre à mi-mars. La température moyenne oscille entre 18 et 26°C avec une pluviométrie moyenne de 1600 mm.

L'hydrographie est caractérisée par l'existence de nombreux cours d'eau qui changent de nom d'une localité à l'autre (le fleuve Ndé, les rivières Ngueng, Ngôh, Maheutchou, Bingou, Bangougou, Samba et Ngor). Chaque village est traversé au moins par un cours d'eau, ce qui constitue un important atout pour le développement rural [14].

FACTEURS ANTHROPIQUES

De nos jours la population de la localité de Tonga est très cosmopolite du fait de l'intégration nationale, avec une très forte communauté des Anglophones du Nord-Ouest et Haoussas. Cette population vit de l'agriculture, de la pêche et du petit commerce. Ladite localité est soumise à des contraintes physiques causées tant par l'instabilité de la nature, que par les activités humaines qui concourent à la rareté des ressources forestières, fauniques [14].

MÉTHODOLOGIE

La collecte des données s'est déroulée entre Mars et Mai 2022 dans la localité de Tonga à travers des enquêtes semi-structurées auprès des personnes ressources (récolteurs, tradithérapeutes, commerçants et ménages).

ECHANTILLONNAGE ET TECHNIQUE D'ENQUÊTE UTILISÉE

Les enquêtes ont été faites par les interviews semi-structurés individuels à l'aide d'un questionnaire préalablement élaboré dans 04 villages choisis aléatoirement. Ces enquêtes nous ont permis de recenser un maximum d'informations sur les espèces sources de PFNLs. Les grandes rubriques du questionnaire portaient sur les caractéristiques sociodémographiques (âge, sexe, niveau d'étude, statut matrimonial, fonction et origine); la biodisponibilité des PFNLs d'origine végétale (espèces collectées, fréquence de collecte, distance parcourue, nombre d'année de pratique, prix de vente, lieu de prélèvement, catégories d'usages des espèces, modes de prélèvement et les parties prélevées); la perception paysanne sur l'état de la ressource et les stratégies locales de gestion durable. L'enquête a aussi été orientée sur les produits les plus commercialisés sur les marchés locaux.

FRÉQUENCE DE CITATION DES ESPÈCES SOURCES DES PFNLs EXPLOITÉES DANS LA LOCALITÉ DE TONGA

Les espèces sources de PFNLs les plus utilisées par les populations ont été déterminées à partir de la fréquence d'utilisation (**Fu**). Cette approche repose sur le principe selon lequel les espèces sources de PFNLs les plus utilisées sont celles qui sont citées par plusieurs enquêtés [15, 16]. Elle est déterminée selon la formule:

$$FU = \frac{S}{N} \times 100$$

Avec:

- **S** le nombre de personnes ayant donné une réponse positive (Oui) pour l'utilisation du produit concerné;
- **N** le nombre total de personnes interrogées.

Lorsque Fu tend vers 0, l'espèce est faiblement utilisée et lorsque Fu tend vers 100, l'espèce est fortement utilisée.

VALEUR D'USAGE ETHNOBOTANIQUE DES ESPÈCES SOURCES DES PFNLs EXPLOITÉES DANS LA LOCALITÉ DE TONGA

La Valeur d'usage ethnobotanique (**Vu**) est un indice qui permet de déterminer l'importance d'une espèce [17]. Elle permet de donner à chaque espèce une valeur approximative réelle qui est fonction de l'importance sociale et économique de l'espèce. Elle est utilisée pour classer les espèces sources de PFNLs en fonction des domaines d'utilisation (pharmacopée, alimentation, etc.). Elle se calcule suivant la formule:

$$Vu(i) = \sum \frac{Si}{n}$$

Avec:

- Vu (i) la valeur d'usage ethnobotanique de l'espèce i au sein d'une catégorie d'usage donnée;
- Si, le score d'utilisation attribué par les personnes interrogées;
- n, le nombre de répondants pour la catégorie d'usage donnée.

La valeur d'usage d'une espèce donnée (i) au sein d'une catégorie d'usage donnée est représentée par son score moyen d'utilisation au sein de cette catégorie. Ainsi, un score d'importance a été attribué à chaque espèce par la personne interrogée. La grille d'appréciation du niveau de demande varie de 0 à 3. Les espèces qui ont les plus grandes valeurs d'usage, sont très importantes et très recherchées par les populations [18].

FACTEUR DE CONSENSUS DES INFORMATEURS (*ICF*)

Le facteur de consensus des informateurs ou *Informant Consensus Factor (ICF)* est un indice qui permet de déterminer les usages médicaux des plantes pour des catégories d'usages (Heinrich et al.1998). Elle est calculée selon la formule suivante:

$$ICF = \frac{Nur - Nt}{Nur - 1}$$

Avec:

- **Nur**: le nombre de fois qu'une catégorie particulière p d'affection a été mentionnée;
- **Nt**: le nombre de plante (s) mentionnée (s) pour le traitement de cette affection particulière p.

Lorsque *ICF* est inférieur à 0,5 le degré de consensus sur ladite information est faible et lorsque *ICF* est supérieur à 0,5 on note qu'il y a un fort consensus sur l'usage des espèces citées dans la catégorie.

ANALYSE DES DONNÉES

Les données recueillies ont été dépouillée manuellement et encodée dans un tableur Excel pour une analyses descriptives. L'ensemble des opérations des traitements a abouti à la réalisation des tableaux et figures.

IDENTIFICATION DES ESPÈCES RÉPERTORIÉES

L'identification taxonomique des espèces recensées a été réalisée à l'Unité de Recherche de Botanique Appliquée de l'Université de Dschang. Les espèces non identifiées au niveau de l'Unité de Recherche, ont été déterminées à l'Herbier National du Cameroun.

RÉSULTAT ET DISCUSSION

RÉSULTAT

CARACTÉRISTIQUES SOCIODÉMOGRAPHIQUES DES PERSONNES ENQUÊTÉES

TRANCHE D'ÂGE DES ENQUÊTÉES

Les enquêtes réalisées dans quatre (04) village de la localité de Tonga, nous ont permis d'interroger, 92 personnes. Les personnes interrogées appartenaient majoritairement à la tranche d'âge [40 50 ans [(42%), elles étaient suivies de personnes de plus de 51 ans (22%), et ensuite de ceux ayant entre 30 et 40 ans. Par ailleurs, les tranches d'âge de [20 à 30 [ans et moins de 20 ans ont été faiblement représentés, 14% et 1% respectivement.

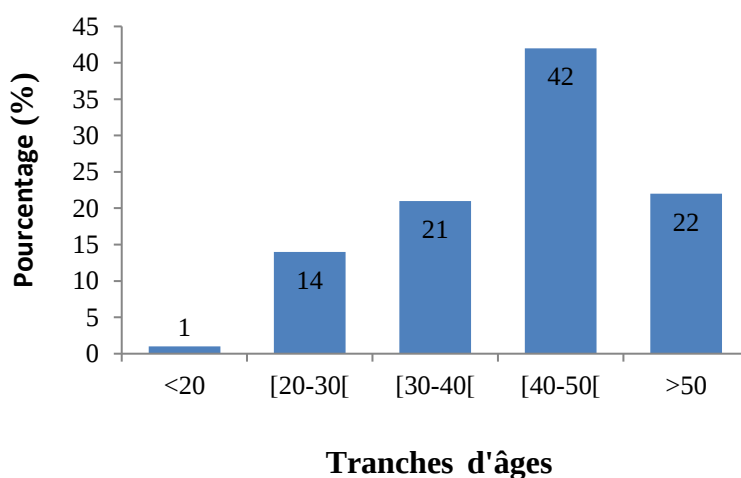


Fig. 2. Proportion des personnes enquêtées par tranches d'âges

NIVEAU D'INSTRUCTION DES ENQUÊTÉS

La figure 3 montre le niveau d'instruction des enquêtés. Il ressort de cette figure, que plus de la moitié de nos informateurs ont atteint le niveau secondaire 62%; ils sont suivis de ceux du niveau primaire 30%. Par ailleurs, les personnes n'ayant aucun niveau d'instruction sont faiblement représentées 8%.

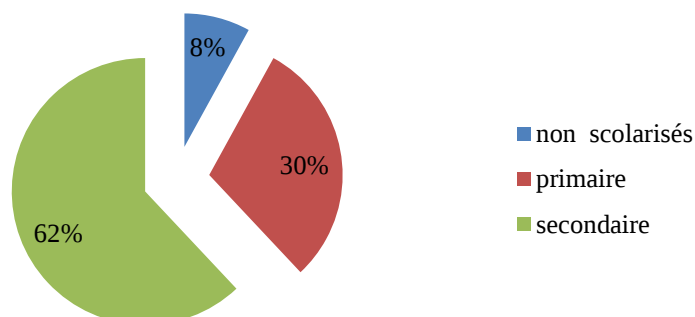


Fig. 3. Pourcentage des enquêtés selon le niveau d'instruction

ORIGINES ETHNIQUES DES ENQUÊTÉS IMPLIQUÉS DANS L'EXPLOITATION DES PRODUITS FORESTIERS NON LIGNEUX

Il ressort de la Figure 4 que les allogènes sont les plus représentés (71%), contre 29% des autochtones. Ces allogènes sont constitués des Haoussas et les ethnies Widekum et Bakossi.

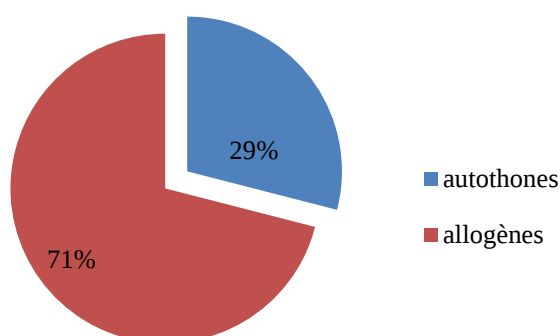


Fig. 4. Origines ethniques des personnes enquêtées impliquées dans l'exploitation des PFNLS

SEXE DES ENQUÊTÉS

La répartition des informateurs selon le concept genre montre que les femmes (57%) sont les plus représentées que les hommes (43%) (Figure 5).

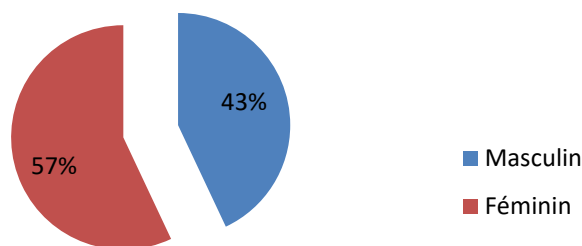


Fig. 5. Répartition des personnes enquêtées selon le genre

STATUT MATRIMONIAL DES ENQUÊTÉS

La majorité des enquêtés étaient mariés (70%). Par contre 27% étaient célibataires et 3% étaient veufs (ve) (Figure 6).

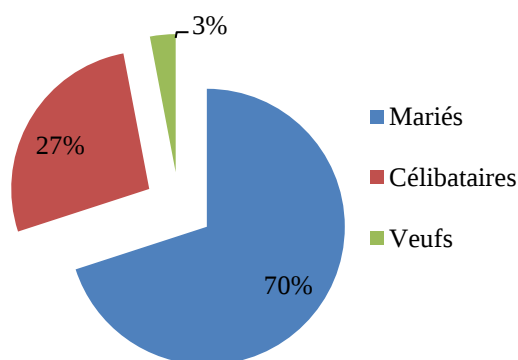


Fig. 6. Répartition des enquêtés selon leur Statut matrimonial

ACTIVITÉS PRINCIPALES DES ENQUÊTÉS

Des personnes enquêtées, 31 personnes pratiquent l'agriculture (33,69%), 27 sont des commerçants (29,35%), 26 sont des collecteurs (28,26%), tandis que les tradithérapeutes et les ménagères sont au nombre de 04 chacun soit (4,35%) (Figure 7).

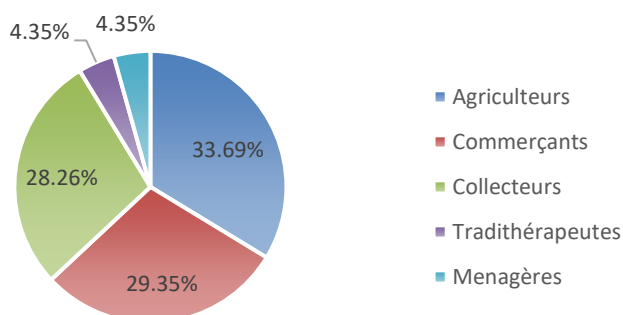


Fig. 7. Répartition des enquêtés en fonction de l'activité exercées

DIVERSITÉ DES ESPÈCES SOURCES DES PFNLs D'ORIGINE VÉGÉTALE RÉPERTORIÉES

Les plantes contribuent de façon significative à l'équilibre socioéconomique. L'étude réalisée dans quelques villages de la localité de Tonga, nous a permis de recenser 43 espèces végétales sources de produits forestiers non ligneux utilisées en majorité dans l'alimentation et la pharmacopée traditionnelle (Tableau 1). Ces plantes appartiennent à 42 genres et 31 familles botaniques. Les familles prédominantes dans la catégorie alimentation sont celles des Fabaceae et Piperaceae avec chacune 02 espèces. Quant à la pharmacopée, les familles des Asteraceae et des Fabaceae et des Poaceae sont les plus représentées. Les espèces *Gnetum africana*, *Tetrapleura tetraptera*, *Garcinia kola* et *Recinodendron heudelotii* sont les plus prisées dans l'alimentation. Alors que, dans le domaine de la pharmacopée, *Ageratum conyzoides*, *Eremomastax speciosa*, *Ocimum gratissimum*, *Cymbopogon citratus* et *Raphia taedigra* sont les espèces les plus sollicitées. Des espèces répertoriées, dix (10) espèces sont utilisées dans l'alimentation, 32 dans la pharmacopée, 6 plantes sont communément employées dans les deux catégories; tandis qu'une plante seulement est recherchée comme emballage (Tableau 1). Les plantes comme *Gnetum africanum* (51,1%), *Tetrapleura tetraptera* (23,9%), *Recinodendron heudelotii* (21,7%), *Garcinia kola* (17,4%), *Megaphynium macrostachym* (18,5%), *Cola pachycarpa* (13%) sont les espèces les plus citées par nos enquêtés (Figure 8). Ces plantes sont couramment employées dans le domaine de la pharmacopée, l'alimentation et l'emballage.

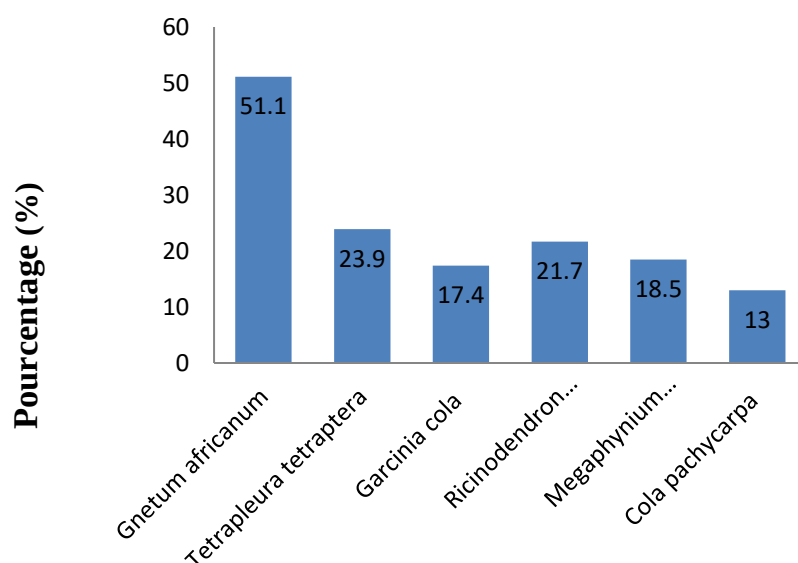


Fig. 8. Proportion des espèces sources PFNLs largement sollicitées

Tableau 1. Espèces sources des PFNLs de la localité de Tonga, catégorisation, Familles botanique, types morphologiques et fréquence de citation

Catégories	Noms Vernaculaires/ Noms Commun	Noms Scientifiques	Parties utilisées	Modes de collecte	Familles botaniques	Types morphologiques	Fréquence d'utilisation
Alimentaire	Eru	<i>Gnetum africanum</i>	Feuille	Cueillette	Gnetaceae	Liane	51,1%
	4 cotés	<i>Tetrapleura tetraptera</i>	Fruit	Ramassage	Fabaceae	Arbre	23,9%
	Djansang	<i>Ricinodendron heudelotii</i>	Graine	Ramassage	Euphorbiaceae	Arbre	21,7%
	Bitter cola	<i>Garcinia kola</i>	Fruit	Ramassage	Clusiaceae	Arbre	17,4%
	Cola du singe	<i>Cola pachycarpa</i>	Fruit	Cueillette	Malvaceae	Arbuste	13%
	Poivre blanc	<i>Piper nigrum</i>	Graine	Cueillette	Piperaceae	Liane	6,5%
	Andok	<i>Irvingia gabonensis</i>	Fruit	Ramassage	Irvingiaceae	Arbre	6,5%
	Fruit de passion	<i>Passiflora edulis</i>	Fruit	Cueillette	Passifloraceae	Liane	4,3%
	Poivre de guinée	<i>Xylopi aethiopica</i>	Fruit	Cueillette	Annonaceae	Arbre	4,3%
	Ramboutan	<i>Nephelium lappaceum</i>	Fruit	Cueillette	Sapindaceae	Arbre	3,3%
		<i>Scorodophloeus zenkeri</i>	Ecorce	Ecorçage	Fabaceae	Arbre	2,2%
	Aiélé	<i>Canarium schweinfurthii</i>	Fruit	Ramassage	Burseraceae	Arbre	2,2%

	Jujube	<i>Ziziphus sp</i>	Fruit	Cueillette	rhmnaceae	Arbre	2,2%
	Poivre noir	<i>Piper nigrum</i>	Feuille	Cueillette	Piperaceae	Liane	2,2%
	Noisette	<i>Corylus avellana</i>	Feuille	Ramassage	Betulaceae	Arbre	2,2%
	Cerise	<i>Prunus avium</i>	Fruit	Cueillette	Rosaceae	Arbre	1,1%
Médicinale	Massep	<i>Ocimum gratissimum</i>	Feuille	Cueillette	Lamiaceae	Herbe	7,6%
	Roi des herbes	<i>Ageratum conyzoides</i>	Feuille	Cueillette	Asteraceae	Herbe	8,7%
	Eucalyptus	<i>Eucalyptus globulus</i>	Feuille	Cueillette	Myrtaceae	Arbre	2,2%
	Manguier	<i>Mangifera indica</i>	Ecorce	Ecorçage	Anarcadiceae	Arbre	2,2%
	Rouge 1côté	<i>Ermomatax speciosa</i>	Feuille	Feuille	Acanthaceae	Herbe	5,4%
	4 côtés	<i>Tetrapleura tetraptera</i>	Fruit	Ramassage	Fabaceae	Arbre	4,3%
	Bittercola	<i>Garcinia cola</i>	Fruit	Ramassage	Clusiaceae	Arbre	17,4%
	Canne des jumeaux	<i>Costus afer</i>	Tige	Coupe	Costaceae	Herbe	2,2%
	Datrier	<i>Senna alata</i>	Feuille	Cueillette	Fabaceae	Herbe	3,3%
	Aloe vera	<i>Aloes vera</i>	Feuille	Cueillette	Aloeaceae	Herbe	3,3%
	Kinkeliba	<i>Picralima nitida</i>	Fruit	Cueillette	Apocynaceae	Arbre	4,3%
	Kola du lion	<i>Buchholzia coriacea</i>	Fruit	Cueillette	Capparaceae	Arbre	3,3%
	Ficus	<i>Ficus lyrata</i>	Feuille	Cueillette	Moraceae	Arbre	2,2%
		<i>Chromolanea adorata</i>	Feuille	Cueillette	Asteraceae	Herbe	2,2%
	Bambou de chine	<i>Bambus vulgaris</i>	Feuille	Cueillette	Poaceae	Herbe	1,1%
	Citronnelle	<i>Cymbopogon citratus</i>	Feuille	Cueillette	Poaceae	Herbe	7,6%
	Lemon	<i>Citrus limon</i>	Fruit	Cueillette	Rutaceae	Arbre	2,2%
	Cotonnier	<i>Grossypium arboreum</i>	Fruit	Cueillette	Malvaceae	Arbuste	2,2%
	Djansam	<i>Ricinodendron heudelotii</i>	Racine	Dessouchage	Euphorbiaceae	Arbre	21,7%
	Ginseng	<i>Panax ginseng</i>	Racine	Dessouchage	Araliaceae	Arbre	3,3%
	Guéné	<i>Eleucina indica</i>	Feuille	Cueillette	Poaceae	Herbe	1,1%
	Eru	<i>Gnetum africanum</i>	Feuille	Cueillette	Gnetaceae	Liane	51,1%
	Cola du singe	<i>Cola pachycarpa</i>	Fruit	Ramassage	Malvaceae	Arbre	13%
	Nkeup	<i>Morinda citrofolia</i>	Feuille	Cueillette	Rubiaceae	Arbuste	3,3%
	Raphia	<i>Raphia taedigra</i>	Vin	Extraction	Arecaceae	Herbe	7,6%
	Sissongo	<i>Cenchrus purpureus</i>	Feuille	Cueillette	Poaceae	Herbe	2,2%
	Voacanga	<i>Voacanga africana</i>	Feuille	Cueillette	Apocynaceae	Arbuste	2,2%
	Moringa	<i>Moringa oleifera</i>	Feuille	Cueillette	Moringaceae	Arbre	2,2%
	Wawa	<i>Aspilia mossambicensis</i>	Feuille	Cueillette	Asteraceae	Herbe	1,1%
	Essock	<i>Garcinia lucida</i>	Ecorce	Ecorçage	Clusiaceae	Arbre	2,2%
	Poivre de guinée	<i>Xylopi aethiopica</i>	Feuille	Cueillette	Annonaceae	Arbre	4,3%
	Karité	<i>Vittelaria paradoxa</i>	Graine	Ramassage	Sapotaceae	Arbre	2,2%
	Voacanga	<i>Voacanga africana</i>	Feuille	Cueillette	Apocynaceae	Arbuste	2,2%
Emballage	Gongolives	<i>Megaphrynium macrostachym</i>	Feuille	Coupe	Marantaceae	Herbe	18,5%

TYPES MORPHOLOGIQUES DES ESPÈCES SOURCES DES PFNLs

Les espèces recensées pour l'alimentation sont en majorité des arbres (69%), suivies des lianes (25%) et enfin des arbustes (6%) (Figure 9). Alors que dans le domaine de la pharmacopée les espèces recensées sont en majorités des Herbes (46,9%), suivies des arbres (37,5%), arbustes (12,5%) et enfin des lianes (3,1%) (Figure 10). Ces divers types morphologiques offrent maints PFNLs exploités à des degrés divers (intensif ou moins intensif) en fonction de la demande domestique ou de la valeur commerciale.

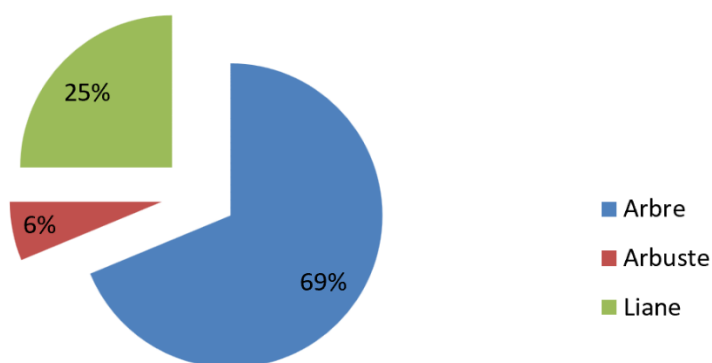


Fig. 9. Proportion morphologique des espèces recensées dans la catégorie alimentation

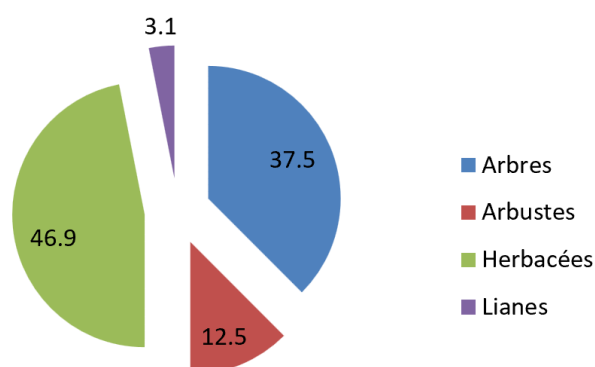


Fig. 10. Proportion des différents types morphologiques des espèces répertoriées dans le domaine de la pharmacopée

MODE DE PRÉLÈVEMENT DES PFNLs

Les modes de collecte de ces espèces sources des PFNLs d'origine végétale (Figure 11) sont principalement la cueillette (63%), suivis respectivement du ramassage (21%), de l'écorçage (6%), du Dessouchage (4%), de la coupe (4%) et de l'extraction de sève (2%)

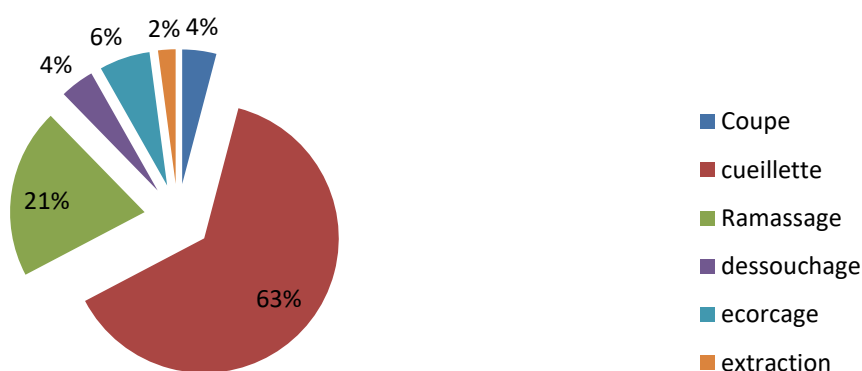


Fig. 11. Proportion des différentes méthodes d'exploitations des PFNLs dans la localité

PARTIES COLLECTÉES DES PFNLS

Divers organes sont recherchés par nos informateurs pour satisfaire leur besoin. Cependant, il apparaît que les feuilles sont les plus sollicitées (80,4%), elles sont respectivement suivies des fruits (21,7%), des écorces (15,2%), des racines, graines et tiges (10,9% chacun) et enfin de la sève (9,9%) (Figure 12).

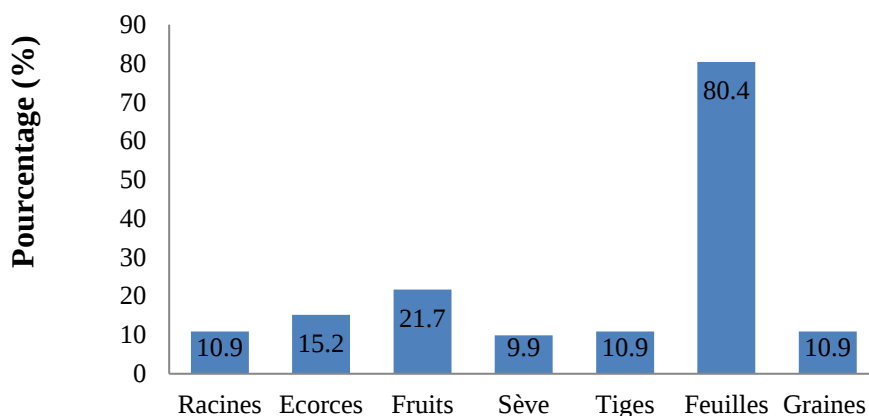


Fig. 12. Proportion d'organes recherchés

LIEU DE COLLECTE DES PFNLS

Les espèces sources de PFNLS sont collectées dans diverses niches écologiques. Selon nos informateurs, ces espèces sont majoritairement récoltées dans les forêts (69,56%) et dans les savanes (30,43%). Toutefois, certains collectent aussi cette ressource dans les agroforêts (22,82%) et dans les marécages (20,65%) (Figure 13).

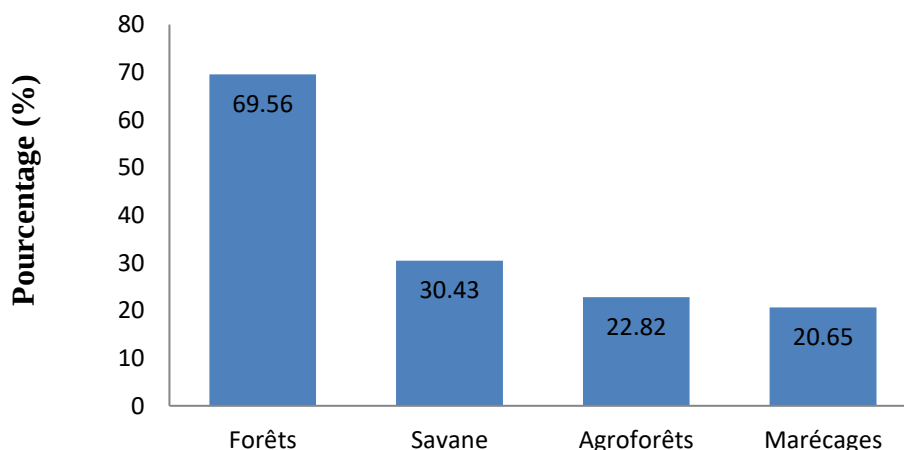


Fig. 13. Sites de collectes des PFNLS

DISTANCE PARCOURUE PAR LES RÉPONDANTS POUR LA COLLECTE DES PFNLS

Pour collecter ces PFNLS, nos informateurs parcourent de longues distances; ces distances varient d'un kilomètre à plus de trois (3) kilomètres. Toutefois, la majorité (52,1%) déclare parcourir plus de 3 km alors qu'une faible proportion (10,9%) disent parcourir des distances inférieures à un kilomètre (Figure 14).

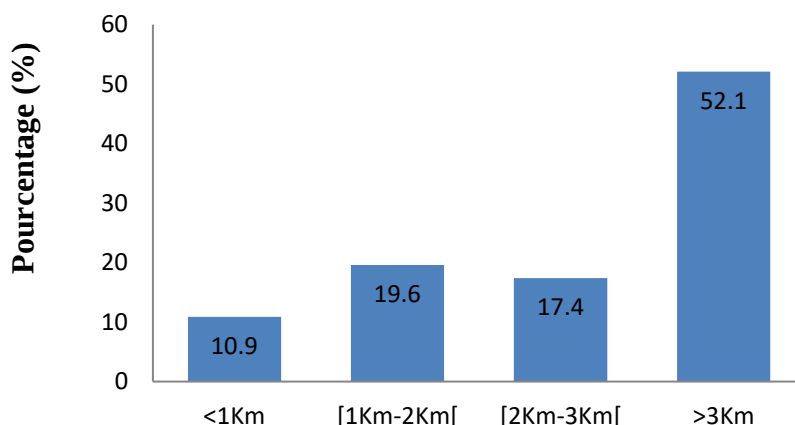


Fig. 14. Distances effectuées pour atteindre les lieux de collectes des PFNLs

FRÉQUENCE DE COLLECTE DES PFNLs

L'exploitation des PFNLs dans la localité d'étude est fonction de la demande locale ou de la valeur commerciale du produit recherché. Ainsi, la plupart de nos enquêtés récoltent ces ressources par semaine (56,5%), contre une faible proportion (8,7%) qui ne collectent ces produits que par mois (Figure 15).

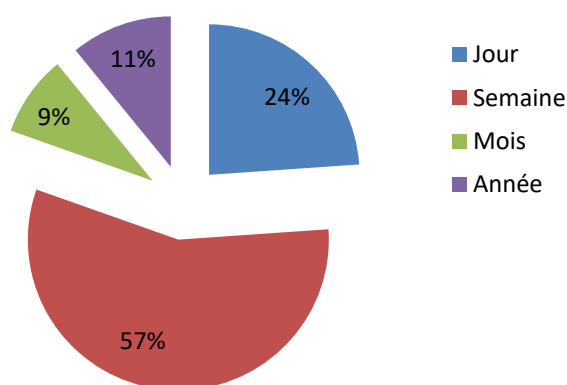


Fig. 15. Périodicité de collectes des PFNLs

DIVERSITÉ DES ESPÈCES DES PFNLs

Dans la zone d'étude, les PFNLs sont employées dans sept (07) domaines et les investigations menées montrent que 16 espèces avec 65 citations, soit 70,65% sont utilisées dans l'alimentation, 32 espèces avec 51 citations, soit 55,43% sont utilisées pour la pharmacopée, 01 espèce avec 07 citations, soit 7,61% utilisée pour l'emballage, 02 espèces avec 05 citations, soit 5,43% sont utilisées pour la Décoration, 02 espèces avec 07 citations, soit 7,61% sont utilisées pour la construction, 01 espèce avec 10 citations, soit 10,87% est utilisée pour le vin et 01 espèce avec 02 citations, soit 2,17% est utilisée pour la cérémonie (Figure 16).

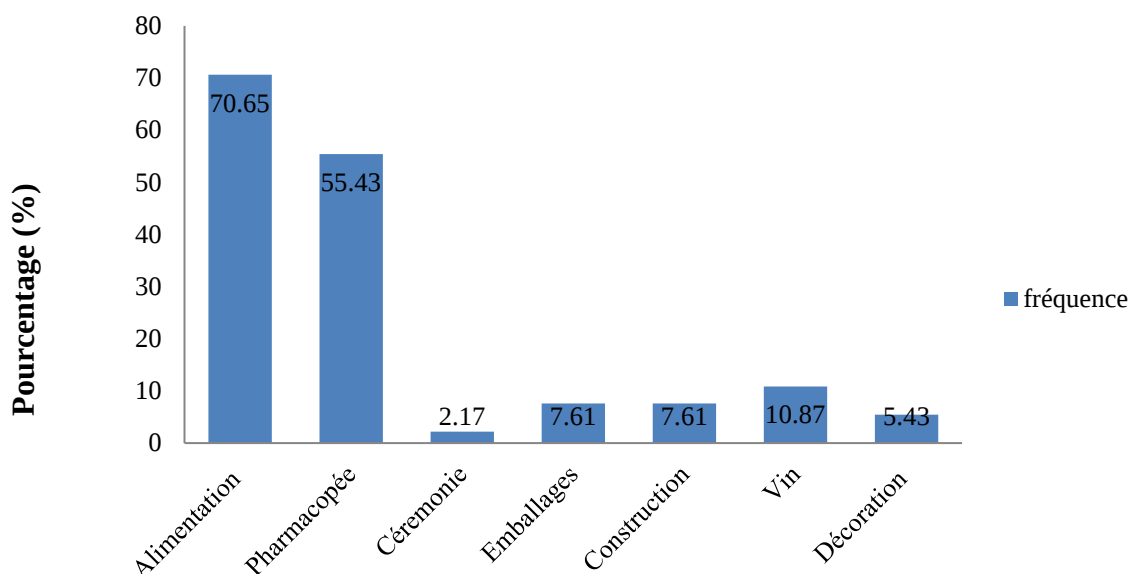


Fig. 16. Les différents domaines des espèces sources des PFNLs de la localité

CATÉGORIE USAGE MÉDICINAL

Des plantes sources de PFNLs recensées, 32 plantes sont utilisées dans la pharmacopée traditionnelle et parmi elles 08 espèces sont très prisées par la population étudiée, tel que le révèlent les valeurs d'usage ethnobotanique (Tableau 2). Il s'agit: *Ocimum gratissimum* (VU=2,3), *Ageratum conyzoides* (VU=2,1), *Eucalyptus globulus* (VU=2), *Ermomatax speciosa* (VU=2), *tetrapleura tetraptera* (VU=1,7), *Garcinia kola* (VU=1,7), *Costus afer* (VU=1,7), *Senna alata* (VU=1,5).

Ces PFNLs à usage médicinale sont collectés pour certaines en Forêts et pour d'autres aux alentours des maisons. Les espèces comme *Senna alata*, *Ocimum gratissimum*, *Cymbopogon citratus* sont fortement représentées dans les lieux de collectes; alors que les espèces comme *Eucalyptus globulus*, *Xylopia aethiopica*, *Morinda citrifolia*, *Cola pachycarpa*, *Panax ginseng*, *Picralima nitida* et *Buchholzia coriacea* sont de plus en plus rares, à en croire nos informateurs et nos observations.

Tableau 2. Liste des espèces, affections traitées et valeurs d'usages médicinaux

Espèces	Famille	Parties collectées	Valeur d'usage	Maladies soignées
<i>Ocimum gratissimum</i>	Lamiaceae	Feuille	2,3	Grippe, fièvre, mal d'oreille et érythème fessiers
<i>Ageratum conyzoides</i>	Asteraceae	Feuille	2,1	Mal d'estomac, maux de tête et fièvre
<i>Eucalyptus globulus</i>	Myrtaceae	Feuille	2	Typhoïde et paludisme
<i>Ermomatax speciosa</i>	Acanthaceae	Feuille	2	Sang
<i>Tetrapleura tetraptera</i>	Fabaceae	Fruit	1,7	Paludisme, nettoyer les reins et perte de poids
<i>Garcinia kola</i>	Clusiaceae	Fruit	1,7	Mal de ventre, estomac et paludisme
<i>Costus afer</i>	Costaceae	Tige	1,7	Rougeole et jaunisse
<i>Senna alata</i>	Fabaceae	Feuille	1,5	Paludisme, darte et maux de tête
<i>Aloe vera</i>	Aloeaceae	Feuille	1,3	Maux de ventre, maux de tête, jaunisse et fièvre
<i>Picralima nitida</i>	Apocynaceae	Fruit	1,3	Paludisme et hémorroïde
<i>Buchholzia coriacea</i>	Capparaceae	Fruit	1,3	Paludisme et maux de ventre
<i>Ficus lyrata</i>	Moraceae	Feuille	1	Gonococcie
<i>Chromolaena odorata</i>	Asteraceae	Feuille	1	Blessures
<i>Bambus vulgaris</i>	Poaceae	Feuille	1	Typhoïde
<i>Cymbopogon citratus</i>	Poaceae	Feuille	1	Fatigue et grippe
<i>Citrus limon</i>	Rutaceae	Fruit	1	Grippe
<i>Grossypium arboreum</i>	Malvaceae	Fruit	1	Fièvre

<i>Annona muricata</i>	Annonaceae	Feuille	1	Paludisme
<i>Ricinodendron heudelotii</i>	Euphorbiaceae	Racine	1	Fatigue
<i>Panax ginseng</i>	Araliaceae	Racine	1	Nettoyage
<i>Eleucina indica</i>	Poaceae	Feuille	1	Maux de ventre
<i>Gnetum africanum</i>	Gnetaceae	Feuille	1	Morsure et sang
<i>Cola pachycarpa</i>	Malvaceae	Fruit	1	Maux de ventre
<i>Morinda citrifolia</i>	Rubiaceae	Feuille	1	Paludisme
<i>Raphia taedigra</i>	Arecaceae	Vin	1	Rougeole
<i>Cenchrus purpureus</i>	Poaceae	Feuille	1	Paludisme
<i>Voacanga africana</i>	Apocynaceae	Feuille	1	Paludisme
<i>Moringa oleifera</i>	Moringaceae	feuille	1	Paludisme
<i>Aspilia mossambicensis</i>	Asteraceae	Feuille	1	Fièvre
<i>Garcinia lucida</i>	Clusiaceae	Ecorce	1	Poison
<i>Xylopia aethiopica</i>	Annonaceae	Feuille	0,5	Jaunisse
<i>Vittetaria paradoxa</i>	Sapotaceae		1	Traitement cuir chevelure

PARTIES UTILISÉES

Le mode de prélèvement des espèces pourvoyeuses des PFNLs, est fonction des parties à employer. Ces parties varient d'une plante à l'autre. Ainsi, les 32 plantes utilisées en pharmacopée dans les localités étudiées sont recherchées soit pour leurs feuilles, écorces, fruits, tiges, graines, racines ou sève. La figure 17 montre les proportions d'utilisation des organes. Il apparaît que les feuilles sont les plus sollicitées (59%), elles sont suivies des fruits (29%).

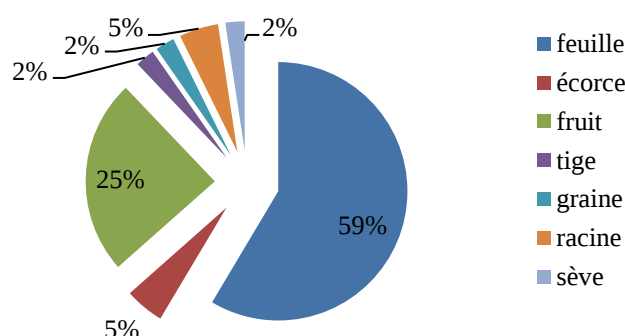


Fig. 17. Proportion d'organes prélevés pour la pharmacopée

MODES DE PRÉPARATIONS

Les parties utilisées pour les traitements permettent d'obtenir des produits finaux sous diverses formes (Liquide, Pâte, Poudre). Ces formes sont obtenues suivant différents modes de préparations appliqués sur différents organes en fonction de la pathologie. 04 modes de préparations sont pratiqués pour l'obtention des produits de traitement dans les villages enquêtés dont les plus cités sont la décoction (48,9%) suivies respectivement la Macération (41,3%); l'Infusion (34,7%) et la Trituration, (8,7%).

CATÉGORISATION DES MALADIES TRAITÉES

Les espèces inventoriées dans la catégorie pharmacopée sont employées pour traiter 25 Pathologies (Tableau 3). La pathologie la plus citée et utilisant un nombre considérable de plantes est le paludisme (09 espèces), suivies respectivement par les maux de ventre (05 espèces), la fièvre (05 espèces), les maux de tête (03 espèces), la grippe et l'anémie avec 03 espèces chacune et la typhoïde (02 espèces). Le facteur de consensus des informateurs (l'Informant Consensus Factor (ICF)) varie d'une pathologie à l'autre.

Tableau 3. Facteur consensuel (ICF) des pathologies traitées par les espèces répertoriées

Pathologies	Noms scientifiques	Nur	Nt	ICF
Paludisme	<i>Tetrapleura tetraptera</i> , <i>Senna alata</i> , <i>Eucalyptus globulus</i> , <i>Buchholzia coriacea</i> , <i>Morinda citrifolia</i> , <i>Voacanga africana</i> , <i>Picralima nitida</i> , <i>Cenchrus purpureus</i> , <i>Moringa oleifera</i> ,	49	9	0,82
Typhoïde	<i>Bambus vulgaris</i> , <i>Eucalyptus globulus</i>	05	02	0,75
Gonococcie	<i>Ficus lyrata</i> ,	2	01	1,00
Hémorroïdes	<i>Picralima nitida</i> ,	3	01	1,00
Jaunisse	<i>Xylopi aethiopica</i> , <i>Aloes vera</i> , <i>Costus afer</i> ,	7	03	0,67
Diarrhée	<i>Ocimum gratissimum</i> ,	5	01	1,00
Blessure	<i>Chromolaena odorata</i>	2	01	1,00
Traitement du cuir chevelure	<i>Vittelaria paradoxa</i> ,	3	01	1,00
Nettoyer les reins	<i>Tetrapleura tetraptera</i> , <i>Panax ginseng</i> ,	4	02	0,67
Perte de poids	<i>Tetrapleura tetraptera</i> ,	3	01	1,00
Maux de tête	<i>Aloes vera</i> , <i>Senna alata</i> , <i>Ageratum conyzoides</i>	08	03	0,71
Maux de ventre	<i>Aloes vera</i> , <i>Garcinia kola</i> , <i>Eleucina indica</i> , <i>Cola pachycarpa</i> , <i>Buchholzia coriacea</i> ,	13	05	0,67
Fatigue	<i>Cymbopogon citratus</i> , <i>Ricinodendron heudelotii</i>	11	02	0,90
Fièvre	<i>Aloes vera</i> , <i>Grossypium arboreum</i> , <i>Ocimum gratissimum</i> , <i>Ageratum conyzoides</i> , <i>Aspilia mossambicensis</i> ,	14	05	0,69
Mal d'estomac	<i>Garcinia c kola</i> , <i>Ageratum conyzoides</i>	6	02	0,80
Grippe	<i>Cymbopogon citratus</i> , <i>Citrus limon</i> , <i>Ocimum gratissimum</i> ,	12	03	0,82
Rougeole	<i>Costus afer</i> , <i>Raphia taedigra</i> ,	11	02	0,90
Dartre	<i>Senna alata</i>	2	01	1,00
Contre poison	<i>Garcinia lucida</i>	2	01	1,00
Morsure	<i>Gnetum africanum</i>	2	01	1,00
Nettoyage du ventre	, <i>Ermomatax speciosa</i> ,	3	01	1,00
Rouges fesses	<i>Ocimum gratissimum</i> , <i>Ermomatax speciosa</i>	4	02	0,67
Mal d'oreille	<i>Ocimum gratissimum</i>	4	01	1,00
Sang	, <i>Gnetum africanum</i> , <i>Ermomatax speciosa</i> ,	08	02	0,86

CATÉGORIE À USAGE ALIMENTAIRE

Le tableau 4 montre les espèces sources des PFNLs provenant de la localité d'étude. Il ressort de ce tableau que les feuilles de *Gnetum africana* sont très sollicitées dans la zone. Elles sont suivies par *Tetrapleura tetraptera* par contre les espèces *Xylopi aethiopica*, *Scorodophloeus zenkeri*, *Canarium schweinfurthii*, *Ziziphus sp*, *Corylus avellana* et *Prunus avium* sont faiblement recherchées.

Tableau 4. Liste des PFNLs à usage alimentaire répertoriées

N°	Nom vernaculaire	Nom scientifique	Famille	Fréquence d'utilisation
01	Eru	<i>Gnetum africanum</i>	Gnetaceae	46,7%
02	4 cotés	<i>Tetrapleura tetraptera</i>	Fabaceae	19,6%
03	Djansang	<i>Ricinodendron heudelotii</i>	Euphorbiaceae	15,2%
04	Bitter cola	<i>Garcinia cola</i>	Clusiaceae	14,1%
05	Cola du singe	<i>Cola pachycarpa</i>	Malvaceae	8,7%
06	Poivre blanc	<i>Piper nigrum</i>	Piperaceae	6,5%
07	Andok	<i>Irvingia gabonensis</i>	Irvingiaceae	6,5%
08	Fruit de passion	<i>Passiflora edulis</i>	Passifloraceae	4,3%
09	Poivre de guinée	<i>Xylopia aethiopica</i>	Annonaceae	2,2%
10	Ramboutan	<i>Nephelium lappaceum</i>	Sapindaceae	3,3%
11		<i>Scorodophloeus zenkeri</i>	Fabaceae	2,2%
12	Poivre noir	<i>Piper nigrum</i>	Piperaceae	2,2%
13	Aiéélé	<i>Canarium schweinfurthii</i>	Burseraceae	2,2%
14	Jujube	<i>Ziziphus sp</i>	Rhamnaceae	2,2%
15	Noisette	<i>Corylus avellana</i>	Betulaceae	2,2%
16	Cerise	<i>Prunus avium</i>	Rosaceae	1,1%

FACTEUR DE CONSENSUS DES INFORMATEURS RELATIF AU DOMAINE ALIMENTAIRE

Il ressort de nos investigations que nos PFNLs sont utilisés de manière homogène comme légumes, épices et fruits par nos enquêtés. Cela est remarquable par des degrés de consensus élevé 1; 0,9 et 0,8 (Tableau 5). Cette observation signifierait qu'il y a partage des informations entre les enquêtés sur l'utilité et l'importance de ces plantes sur le plan alimentaire dans la communauté.

Tableau 5. Facteur consensuel (ICF) d'usage alimentaire

Produits	Noms scientifiques	Nur	Nt	ICF
Fruits	<i>Garcinia cola</i> , <i>Cola pachycarpa</i> , <i>Irvingia gabonensis</i> , <i>Canarium schweinfurthii</i> , <i>Ziziphus sp</i> , <i>Passiflora edulis</i> , <i>Nephelium lappaceum</i> , <i>Corylus avellana</i> , <i>Prunus avium</i>	41	09	0,8
Légumes	<i>Gnetum africanum</i>	43	01	1
Epices	<i>Piper nigrum</i> , <i>Scorodophloeus zenkeri</i> , <i>Piper nigrum</i> , <i>Tetrapleura tetraptera</i> , <i>Ricinodendron heudelotii</i> , <i>Xylopia aethiopica</i>	44	06	0,9

IMPORTANCE SOCIO-ÉCONOMIQUE DES PFNLs D'ORIGINE VÉGÉTALE DE LA LOCALITÉ ÉTUDIÉE

DESTINATION DES PFNLs D'ORIGINE VÉGÉTALE RÉCOLTÉS

Les PFNLs récoltés sont destinés soit à la consommation, à la vente ou pour les deux destinations. Ainsi, il apparaît que, ces plantes sont recherchées à la fois pour la vente et la commercialisation (60,9%). Alors que 16,3% sont recherchées pour la consommation et 22,8% pour la vente uniquement (Figure 18).

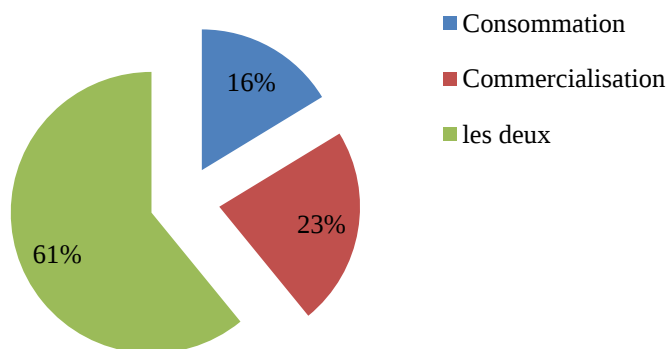


Fig. 18. Variation du devenir des PFNLs récoltés

Ces produits sont habituellement destinés à la vente, dans les marchés locaux et régionaux. Cependant, une part non négligeable de ces derniers est destinée à la subsistance des ménages (Figure 19).

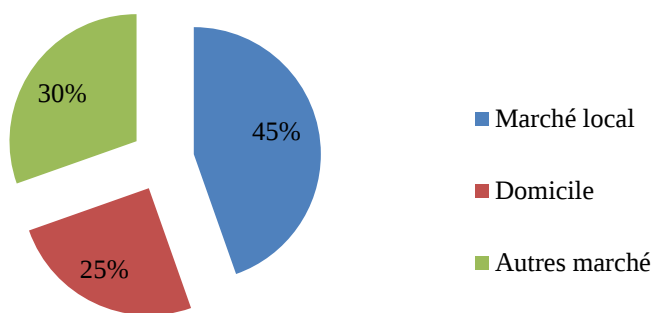


Fig. 19. Destination de ces produits

Des espèces répertoriées, six (06) espèces sont couramment commercialisées, il s'agit: *Gnetum africanum* (51,1%), *Tetrapleura tetraptera* (23,9%), *Recinodendron heudelotii* (21,7%), *Megaphynium macrostachym* (18,5%), *Raphia taedigra* (8,7%) et *Bambus vulgaris* (7,6%), (Figure 20a, b, c, d, e, f). En ce qui concerne le degré de commercialisation de ces espèces une échelle de rentabilité a été établie. Cette échelle est graduée de 1 à 3. L'échelle 1 correspondant à une faible rentabilité, l'échelle 2 équivalent à une rentabilité moyenne et l'échelle 3 se référant à la rentabilité élevée.



Fig. 20. Espèces couramment commercialisées: a= *Bambus vulgaris*, b= *Megaphrynium macrostachym*, c= *Raphia taedigra*, d= *Gnetum africanum* e= *Ricinodendron heudelotii* f= *Tetrapleura tetraptera*

ACTEURS IMPLIQUÉS DANS L'EXPLOITATION ET PRIX DE VENTE DES PFNLs

L'exploitation et la commercialisation des PFNLs dans la localité de Tonga sont faites par les hommes et les femmes. Le prix de vente de ces produits varie en fonction de la période (Tableau 6). A titre illustratif, la boîte d'amandes de 300 ml de *Ricinodendron heudelotii* sont vendues à 600 FCFA entre juin et septembre; tandis que celles de *Tetrapleura tetraptera* est de 400 FCFA entre octobre-décembre. Quant aux feuilles de *Gnetum africanum* elles coûtent en moyenne 125 FCFA le tas, et sont disponibles toute l'année. Pour ce qui est des feuilles de *Megaphrynium macrostachym*, elles servent d'emballage et sont commercialisées toute l'année au prix de 150FCFA le tas. Cette activité est surtout l'apanage des femmes. Par ailleurs, la récolte et la commercialisation du vin de *Raphia taedigra* et de tiges de *Bambusa vulgaris* est la chasse gardée des hommes. Ce vin de *Raphia* et tiges de *Bambus* sont vendus respectivement à 100 FCFA et 300 FCFA.

Tableau 6. Prix de vente de quelques PFNLs largement commercialisés de la localité de Tonga

Espèces	Prix en FCFA	Période	Produits	Degré de commercialisation	Acteurs et degré d'implication	Total des enquêtées
<i>Ricinodendron heudelotii</i>	600FCFA/boîte (300ml)	Juin-septembre	Amandes	+/-	Femmes (+) Hommes (-)	20
<i>Tetrapleura tetraptera</i>	400FCFA/boîte (300ml)	octobre-décembre	Fruit	+	Femmes (+) Hommes (-)	22
<i>Megaphrynium macrostachym</i>	150FCFA/tas	Toute l'année	Feuilles	+/-	Femmes (+) Hommes (-)	17
<i>Gnetum africanum</i>	125FCFA/tas	Toute l'année	Feuilles	+	Femmes (+) Hommes (-)	47
<i>Bambus vulgaris</i>	300FCFA/tige	Toute l'année	Tige	-	Hommes (+)	08
<i>Raphia taedigra</i>	100FCFA/litre	Toute l'année	Vin	+/-	Hommes (+)	14

+: beaucoup; +/-: moyen; -: peu

Ces PFNLs sont directement utilisés dans les ménages et certains sont livrés aux détaillants, aux grossistes et aux ménages qui en sollicitent. Ces PFNLs sont par la suite vendus dans des marchés locaux ou dans les grandes métropoles (Figure 21). Ce circuit de commercialisation à caractère informel se traduit par un manque d'organisation de la filiale par les pouvoirs publics et une absence de Syndicats organisés.

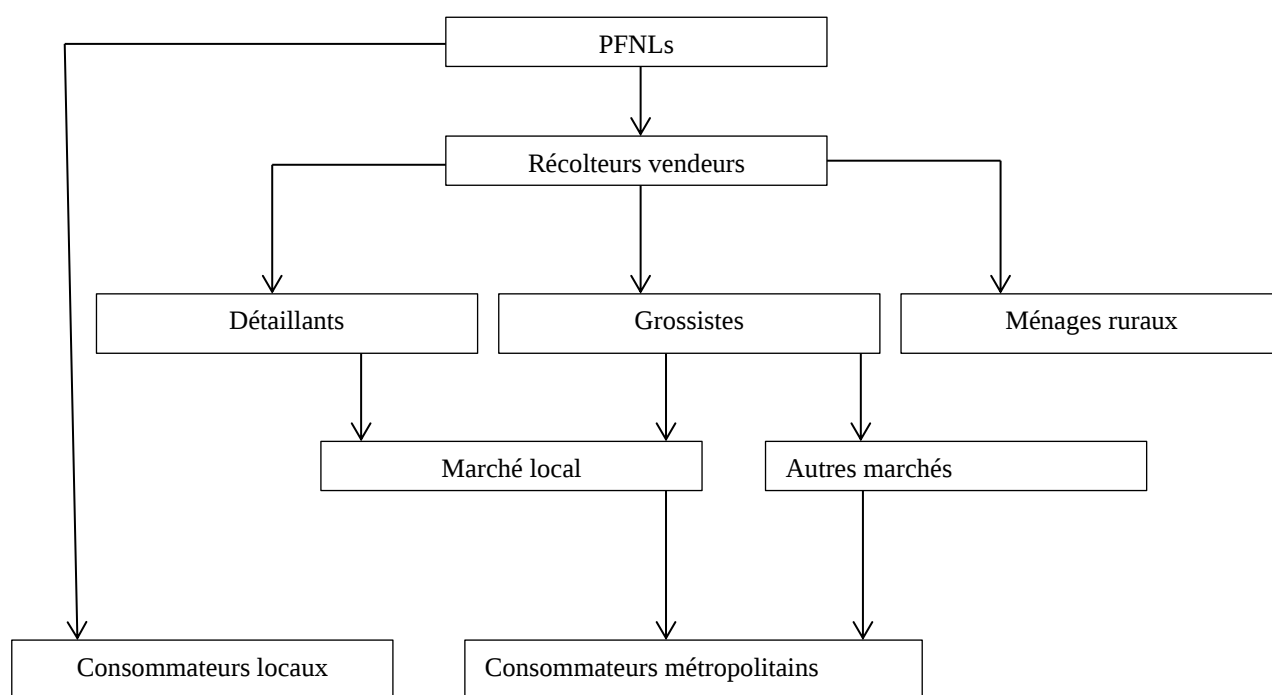


Fig. 21. Circuit de commercialisation des PFNLs d'origine végétales de Tonga

REVENUS MENSUELS ISSUS DES PFNLs DES RÉPONDANTS

Le tableau 7 présente la rentabilité économique des PFNLs en fonction des quantités. Cette rentabilité est élevée pour *Gnetum africanum*, *Ricinodendron heudelotii* et *Tetrapleura tetraptera* car elles sont toutes à l'échelle de 3; elle est moyenne pour *Megaphrynium macrostachym* et *Bambus vulgaris* (échelle 2 chacun); et faible pour le *Raphia taedigra* (échelle 1). Le revenu mensuel global des PFNLs s'élève à 219400 FCFA. Les feuilles de *Gnetum africanum* occupent la première place en termes de rentabilité (65000FCFA par le mois).

Tableau 7. Rentabilité mensuelle des PFNLs les plus commercialisés à Tonga

Produits	Quantités	PU (FCFA)	Revenu moyen Mensuel	Disponibilité	Echelle de rentabilité
Feuille <i>Gnetum africanum</i>	130Tas / semaine	125	65000frs	Toute l'année	3
Feuille <i>Megaphyrium macrostachym</i>	30 Tas/semaine	150	18000frs	Toute l'année	2
Vin <i>Rafia taedigra</i>	15 Litres/semaine	100	6000fr	Toute l'année	1
Fruit <i>Tetrapleura tetraptera</i>	10Kg/Semaine	1250	50000	octobre-décembre	3
Amande <i>Ricinodendron heudelotii</i>	09Kg/semaine	1600	57600	Juin-septembre	3
Tige <i>Bambus vulgaris</i>	80tiges/mois	300	24000	Toute l'année	2
Total			219400		

PERCEPTION PAYSANNE SUR LA SITUATION ACTUELLE DE LA RESSOURCE DANS LA LOCALITÉ

D'après les réponses recueillies, 47,6% révèlent que ces PFNLs sont devenus peu abondants et 31% nous ont fait comprendre qu'ils sont de plus en plus rares dans la localité. Alors que 21,4% ne constatent aucune diminution de la ressource (figure 22). Ceci montre un recul de la biodiversité dû essentiellement à la pression qu'exerce la population sur la ressource. Par exemple les espèces comme *Ricinodendron heudelotii* et *Megaphyrium macrostachym* sont de plus en plus rares dans la zone. Le mode de prélèvement peut être à l'origine de la disparition ou de la réduction.

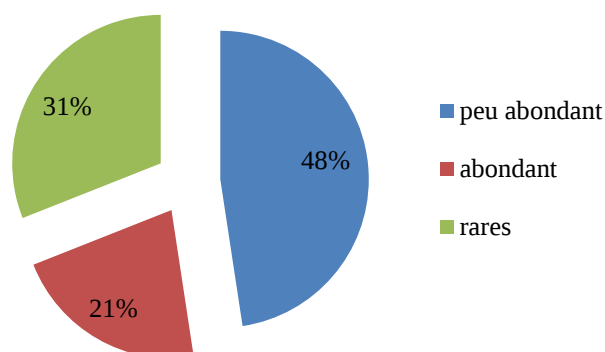


Fig. 22. Perception paysanne sur la biodisponibilité de la ressource

PERCEPTION PAYSANNE SUR LES CAUSES DE LA DIMINUTION DE LA RESSOURCE DANS LA LOCALITÉ

Pour nombreux de nos informateurs, l'agriculture et surtout sur brûlis est la principale cause de disparition et de raréfaction de certaines espèces sources des PFNLs (86,9%). Par contre d'aucuns font allusion au boom démographique (16,3%), à la recherche du bois pour l'énergie (13%) et de l'usage incontrôlé des produits chimiques (10,9) (Figure 23).

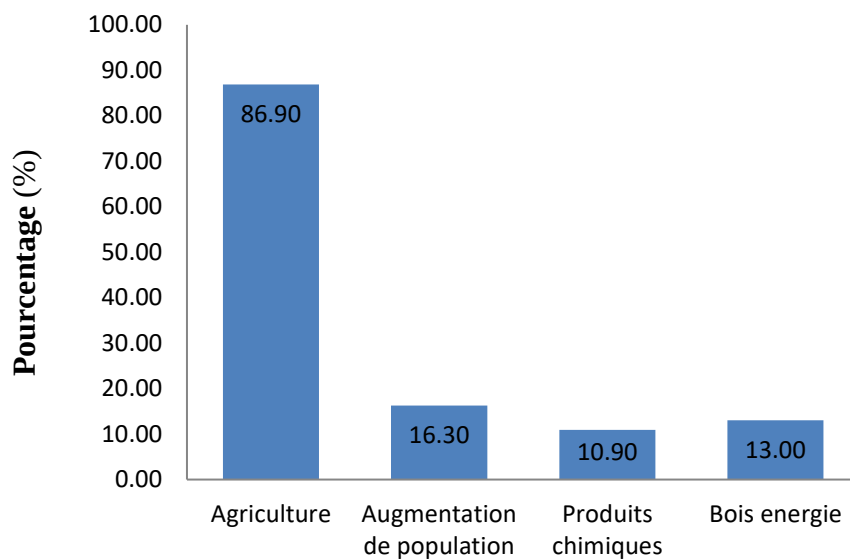


Fig. 23. Evaluation Causes de la diminution de la ressource par les enquêtées

PERCEPTION DES ENQUÊTÉES SUR LA DURABILITÉ DE LA RESSOURCE

D'après les résultats, 65% des enquêtées affirment que les méthodes de collecte employées sont soutenables. Alors que 35% des informateurs pensent que les méthodes employées pour les collectes des organes utiles ne sont pas durables (Figure 24).

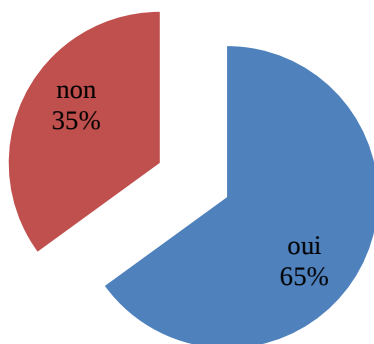


Fig. 24. Impression des enquêtées sur leurs méthodes de récoltes des PFNLs

STRATÉGIE DE CONSERVATION ÉMISE PAR LES RÉPONDANTS

Les personnes enquêtées proposent comme mesures de conservation des espèces sources de PFNLs: la domestication (62%), la régénération artificielle *in situ* (22%), et la pratique de la jachère (16%) (Figure 25).

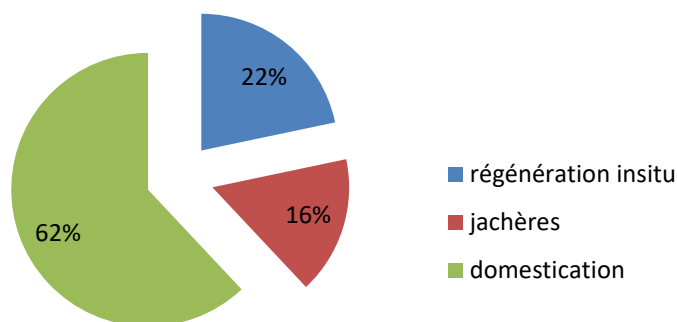


Fig. 25. Stratégie de conservation

IMPACTS DES FRÉQUENCES DE COLLECTES SUR LA DISPONIBILITÉ DE CERTAINS PFNLs À FORTE VALEUR COMMERCIALE

Les activités humaines associées aux modes de prélèvement des organes commercialisables et à l'absence de moyen de gestion durable impactent sur la niche écologique de la majorité des espèces à valeur commerciale. Créant ainsi, une érosion génétique de ces ressources à fort potentiels socioéconomiques. Raisons pour lesquelles nos informateurs déclarent parcourir de nombreux kilomètres aujourd'hui aux fins de récolter certaines espèces très prisées et cela est observé sur le terrain.

DISCUSSION

CONNAISSANCES SOCIO-ÉCONOMIQUES DES POPULATIONS ÉTUDIÉES

Les résultats ont révélé que les personnes comprises entre 40 ans et 50 ans sont les plus représentées dans l'enquête (42%). Ce constat pourrait s'expliquer par le fait que ces dernières détiennent mieux des connaissances sur les usages de ces espèces et même sur la valeur socio-économique de ces ressources. Néanmoins ces personnes ne partageraient pas leurs savoirs faire avec la jeune génération. De plus, certains sont des chefs de familles, et nous savons bien les responsabilités qui attendent ces personnes. Ces résultats sont similaires à ceux de Kouakou [19] réalisés en Côte d'Ivoire sur les PFNLs. Le fait que la majorité de nos enquêtées ait atteint le niveau Secondaire (62%) est louable car le niveau d'instruction pourrait concourir à la prise de conscience de ces exploitants des PFNLs dans la mise en place d'un plan de gestion durables de ces ressources. Il est également à noter que l'analphabétisme est l'une des pesanteurs qui influence sur l'existence d'une trace écrite des biens faits des PFNLs. Les études réalisées en République Démocratique du Congo par Phambu et Masiala [20] ont révélé les résultats similaires. L'implication très marquée des allogènes (71%) par rapport aux autochtones (29%) témoignerait du degré d'hospitalité que détiennent les populations autochtones de cette localité, mais aussi du niveau de la sociabilité. Ces allogènes s'intéresseraient à ces produits à cause d'absence d'emploi, susceptible de les procurer les moyens de subsistance adéquates. De plus, ils auraient une bonne connaissance des valeurs économiques de ces produits. Il apparaît que les femmes (57%) sont plus impliquées dans le circuit d'exploitation des PFNLs dans la localité étudiée que les hommes (43%). Ce résultat est en concordance avec ceux d'autres chercheurs [21, 22]. Mais, est contraire aux observations de Mpondo *et al.* [23] qui avaient obtenu un pourcentage des hommes élevés par rapport à celui des femmes. Ces enquêtées, en dehors d'intéressement aux PFNLs, pratiquent aussi l'agriculture (34%). Ces résultats rejoignent ceux de l'UICN [24] dans le village Mapandja au Sud-Ouest du Cameroun; qui ont rapporté que les produits issus de l'agriculture (53 %) occupent une place plus importante dans la vie des ménages. Cette remarque est en affinité avec les études de Biloso [25] en République Démocratique du Congo. Le fait que la majorité des informateurs soient mariés (70%) s'expliquerait par le fait que les personnes de ce statut sont toujours à la recherche des moyens de subsistance pour assurer les responsabilités familiales. Un même constat a été fait par Phambu et Masiala [20] en République Démocratique du Congo. Ces chercheurs ont trouvé que la majorité des personnes impliquées dans le circuit de Collecte et de Vente des PFNLs étaient mariés.

DIVERSITÉ DES ESPÈCES SOURCES DE PFNLs D'ORIGINE VÉGÉTALE

Les espèces sources de PFNLs répertoriées dans la localité d'étude sont au nombre de 43 espèces appartenant à 42 genres et 31 familles botaniques. Ces espèces recensées sont en majorité des arbres (69%) et des herbes (47%). Ces résultats sont similaires à ceux de Piba [18] réalisés dans la localité de Nangui Abrogoua. Les espèces répertoriées sont disproportionnellement distribuées dans la

localité. Cette différence s'expliquerait par la diversité des espèces mais aussi de la variation des pratiques alimentaires et médicinales. Ces espèces sources des PFNLs sont collectées en majorité dans les Forêts (69,56%) et les Savanes (30,43%), mais pour atteindre ces lieux, les enquêtées parcourent plus de 3km. Cet éloignement est dû à la pression que ces personnes exercent sur la végétation environnante. Ceci est comparable aux résultats obtenus par Kouakou [19] en Côte d'Ivoire. La fréquence de collecte exprime à priori l'intérêt socio-économique de cette ressource pour les populations de cette localité. De plus, la fréquence de collecte de ces produits impacterait sur la disponibilité de ces derniers. Ce même constat a été fait par [4]; selon eux l'exploitation fréquente par les méthodes non soutenables impacte sur la biodisponibilité. Le mode de récolte est fonction de la partie recherchée et du type morphologique. Les parties les plus utilisées sont les feuilles (80,4%) et les fruits (21,7%). Le recours à ces organes serait dû au fait qu'ils renfermeraient une quantité importante de principes actifs ou de composés organoleptiques et nutritives. Ces résultats sont en droite ligne avec ceux de [26, 27]. Les modes de prélèvements les plus utilisés sont la cueillette (63%) et le ramassage (21%). Ces modes de prélèvement impactent moins la végétation, mais empêchent la régénération naturelle des espèces. Cette idée est légèrement partagée par Loubelo [28] qui affirme que la cueillette des PFNLs a toujours été une activité à faible impact environnementale. Les plantes recensées sont employées dans 07 domaines d'usages, dominés par les domaines Alimentaires et Médicinales. Ces résultats sont comparables à ceux de Dongmo [29] dans le village Nkolbibanda et ceux de [30, 31] au Cameroun et en Guinée Equatoriale que les plantes à usages alimentaires sont les plus exploitées et commercialisées. Ceci témoigne d'une coévolution constante et d'une symbiose certaine avec la biodiversité environnante. L'organe le plus usité est la feuille (59%). Le recours aux feuilles s'expliquerait par le fait que cet organe est le siège des métabolites secondaires, précurseurs de principes actifs et des éléments organoleptiques Tsobou *et al.* [32]. D'après Zerbo [33], le prélèvement de 50% de cet organe n'entrave point la survie de la plante. Les populations locales utilisent pour leurs 1^{ers} soins les plantes se trouvant dans leur environnement immédiat. Le mode de préparation le plus utilisé est la décoction (48,9%). D'après Tsobou *et al.* [34] la prédominance de la décoction comme mode de préparation de médicaments serait dû au fait que certains principes actifs nécessiteraient de la chaleur pour leurs extractions. De plus, certains principes toxiques à l'intérieur de certaines plantes nécessiteraient de la chaleur, pour se transformer en composés actifs non toxiques. De plus, certaines parties pourraient aussi renfermer des microorganismes qui ne pourront être détruits que par la chaleur. Les espèces *Gnetum africanum*, *Tetrapleura tetraptera*, *Raphia taedigra*, *Ricinodendron heudelotii* etc sont à la fois utilisées dans les domaines médicinales et alimentaires. A titre illustratif, *Ricinodendron heudelotii* sert d'ombrages dans les exploitations agricoles, ses racines sont recherchées pour leurs vertus médicinales et ces amandes dans la préparation des sauces; par ailleurs, la plante *Megaphyrium macrostachyum* est la seule espèce utilisée comme emballage. De ce fait, on peut dire qu'à Tonga, l'exploitation de ces produits est menée dans un but de subsistance. Ces diverses utilisations démontrent l'importance des espèces sources de PFNLs dans la vie quotidienne des populations locales à Tonga. Des travaux menés en Côte d'Ivoire et dans d'autres contrées d'Afrique ont éveillés des résultats similaires [5, 18, 35, 36]. Pour ce qui est de l'ICF pour l'usage médicinal, on constate que tous ces ICF sont tous élevés et supérieurs ou égaux à 0,67. Ces ICF élevés traduisent le niveau d'homogénéité et de Consensus sur les traitements des pathologies recensées. Cette remarque est en accord avec celle Mounkaila *et al.* [37] au Niger qui a obtenu un ICF supérieur ou égal à 0,65. En ce qui concerne le consensuel sur les usages alimentaires, tous sont supérieurs ou égaux à 0,8 témoignant ainsi, le partage et des échanges de connaissances sur différents produits utilisés entre les enquêtées de ladite localité. Ces résultats sont en droite ligne avec ceux de Jhamta *et al.* [38] en Inde.

IMPORTANCE SOCIO-ÉCONOMIQUE DES PFNLs D'ORIGINE VÉGÉTALE À TONGA

Notons que les espèces sources de PFNLs occupent une place importante dans la vie des populations de la localité de Tonga. Ces espèces sont largement sollicitées sur le plan alimentaire, médicinal, culturel, artisanat, construction et économique. Elles constituent une source de revenus non négligeable. Les espèces *Ricinodendron heudelotii*, *Tetrapleura tetraptera*, *Bambus vulgaris*, *Gnetum africanum*, *Raphia taedigra* et *Megaphyrium macrostachyum* sont les plus valorisées et vendues. Leurs prix de vente varient en fonction de la disponibilité mais aussi de la période ou saison. A titre d'exemple, les amandes de *Ricinodendron heudelotii* sont vendues entre 1600 et 2000 FCFA le kilogramme. La valeur commerciale de *Gnetum africanum*, *Ricinodendron heudelotii* et de *Tetrapleura tetraptera* est élevée. Alors que les feuilles de *Megaphyrium macrostachyum* et les tiges de *Bambus vulgaris* ont une rentabilité économique moyenne. Par ailleurs, le nectar issu de *Raphia taedigra* a une faible valeur économique. Les résultats du genre sont observés dans les travaux de Hama *et al.* (2019) au Niger sur l'importance des PFNLs dans la commune rurale de Tamou. Les feuilles de *Gnetum africanum* génèrent en moyenne une somme de 65000FCFA par mois. Ce revenu élevé serait dû au fait que cette plante est très prisée pour la préparation de diverses sauces dans toutes les localités du Cameroun. Ces informations recueillies sont en accord avec les résultats des travaux de Loubelo [28]. La valeur socioéconomique accordée à ces produits serait aussi le fait des composés aromatiques qu'ils renferment, mais aussi du goût délicieux qu'ils donneraient à nos plats. Mais aussi, de la capacité et de l'opportunité économique offertes par ces espèces. Ce constat est en affinité avec les travaux de N'dri *et al.* [39] en Côte d'Ivoire et de Ketchatang *et al.* [40] au Cameroun.

PERCEPTION PAYSANNE SUR LA DISPONIBILITÉ DE LA RESSOURCE À TONGA

Selon les informations recueillies, les espèces sources de PFNLs sont pour la plupart peu abondantes dans la localité (47,5%). Alors une proportion non négligeable déclare que cette ressource se rarifie dans la localité (31%); ces allégations s'expliqueraient par l'usage des méthodes non appropriées de prélèvement comme l'écorçage qui conduit à la longue à la mort de l'arbre. C'est aussi le cas du

ramassage qui ne permet pas la régénération naturelle des espèces. Pour ce qui est des causes émises, l'analyse des résultats révèle que l'agriculture sur brûlis et l'augmentation de la population sont les causes majeures de la disparition des espèces et la réduction de la fertilité des sols. Ce constat pourrait s'expliquer par le boom démographique qui exige plus d'espace pour la survie. Ces résultats sont comparables à ceux obtenus par Biloso [25] en République Démocratique du Congo. Le fait que nos enquêtées aient une expérience locale sur la manière de collecter laisse présager une lueur de gestion soutenable de ces espèces. Ceci se justifie par la mise en place par ces derniers de stratégies de domestication (62%). Résultats qui concordent avec ceux obtenus par Kouakou *et al.* [19].

CONCLUSION ET PERSPECTIVE

Le présent travail avait pour but de contribuer à la connaissance des PFNLs d'origine végétale de la localité de Tonga. Ainsi dans la localité 43 espèces ont été identifiées appartenant à 42 Genres et 31 Familles Botaniques. Ces espèces sont utilisées dans 07 domaines d'usages avec en première ligne l'alimentation et la pharmacopée. Le mode de prélèvement le plus utilisé est la cueillette. Ce mode varie d'une espèce à l'autre et ceci en fonction de l'usage. Les espèces sources de PFNLs sont prélevées en majorité dans les forêts, les savanes et dans une moindre mesure dans les zones humides. Les organes recherchés sont pour la plupart ramassés aux pieds des arbres, ce qui empêche la régénération naturelle et influence sur le peuplement forestier. A cela s'ajoute l'agriculture sur brûlis et le défrichement qui impacte la biodisponibilité de ces espèces. La commercialisation de ces PFNLs est prioritairement effectuée par les femmes. Ces PFNLs ont une grande valeur économique. La rentabilité mensuelle de ces PFNLs est de 219400FCFA. Bien que rentables, les techniques de collectes demeurent peu soutenables. Comme mesures de préservation, des actions telles que la domestication, la mise en place des systèmes agroforestier des espèces utiles doivent être envisagées, ainsi que la régénération *in situ*, mais et aussi le renforcement des capacités des acteurs impliqués dans l'exploitation de ces produits, sur les techniques de prélèvement.

REFERENCES

- [1] COMIFAC, "Importance et acquis des PFNLs en Afrique centrale," 32 p., 2016.
- [2] FAO, "Les produits forestiers non ligneux et la création des revenus," Rome, 125p, 1999.
- [3] A.R. Eba'a, G. Lescuyer, J.P. Ngouhouo, & T.F. Moulende, "Etude de l'importance économique et sociale du secteur forestier et faunique au Cameroun. MINFOF/CIFOR", Yaoundé Cameroun, 2013.
- [4] M. Tchatat & O. N'Doye, "Etude des produits forestiers non ligneux d'Afrique Centrale: réalités et perspectives", Bois et forêts des tropiques, 289 (3): 27-39, 2006.
- [5] A. Ngoye, "Revue bibliographique sur les produits forestiers non-ligneux (PFNL): cas du Gabon, Establishment of a Forestry Research Network for ACP Countries (FORENET)", 59 p., 2010.
- [6] Wotto A. H., Gbaguidi A. & Vissoh S. 2017. Importance socioculturelle des produits forestiers non ligneux du massif forestier d'Agoua au Bénin. European Scientific Journal, 13: 123 – 139.
- [7] A.E. Assogbadjo, R. GlèlèKakai, F.H. Adjallala, A.F. Azihou, G.F. Vodouhè, T. Kyndt & J.T.C. Codjia, "Ethnic differences in use value and use patterns of the threatened multipurpose scrambling shrub (*Caesalpinia bonduca* L.) in Benin," Journal of Medicinal Plants Research, 5: 1549–1557, 2010.
- [8] N'Da D.H., N'Guessan K.É., Égnankou W.M. & Kouadio A., 2008. Apport de la télédétection au suivi de la déforestation dans le Parc national de la Marahoué (Côte d'Ivoire). Téléd. 8 (1): 17 - 34.
- [9] Dadjio C. (2011). Caractérisation ethnobotanique, morphologique et spatiale de *Vitex doniana* Sweet (Verbenaceae) au Sud-Bénin; Thèse d'Ingénieur Agronome; Faculté des Sciences Agronomiques de l'Université d'Abomey Calavi, Bénin, 86 pages.
- [10] MINFOF 1994 Loi n° 94/01 du 20 janvier 1994 portant régime des forêts, de la faune et de la pêche. Yaoundé.
- [11] MINFOF 1995 Décret n° 95-53-PM du 23 août 1995 fixant les modalités d'application du régime des forêts. Yaoundé.
- [12] Apema R., Mozouloua & Madiapevo S. N. 2010. Inventaire préliminaire des fruits sauvages comestibles vendus sur les marchés de Bangui. In X van der Burgt, J van der Maesen & J-M Onana (eds), Systématique et conservation des plantes africaines, 313-319.
- [13] FAO. 2005. Drought-resistant soils: Optimization of soil moisture for sustainable plant production. In Proc Electronic Conference Organized by the FAO Land and Water Development Division. FAO Land and Water Bulletin Vol. 11. Rome: FAO.
- [14] ACFCAM/CTFC, "Etat des lieux des sites à reboiser dans la commune de Tonga", 20p, 2019.
- [15] Djègo J., Djègo-Djossou S., Cakpo Y., Agnani P. & Sinsin B. 2011. Evaluation du potentiel ethnobotanique des populations rurales au Sud et au centre du Bénin. International Journal of Biological and Chemical Sciences, 5 (4), 1432-1447.
- [16] Dossou M.E., Houessou G.L., Loubégnon O.T., Tenté A.H.B. & Codjia J.T.C. 2012. Étude ethnobotanique des ressources forestières ligneuses de la forêt marécageuse d'Agonvè et terroirs connexes au Bénin. Tropicultura, 30: 41-48.
- [17] Hoffman B. & Gallaher T. 2007. Importance Indices in Ethnobotany. Ethnobotany Research & Applications, 5: 201-218.
- [18] Piba S.C. 2015. Diversité floristique et potentiel en espèces sources de produits forestiers non ligneux de la forêt classée de Yapo-abbé: Contribution pour un aménagement durable. UFR Sciences de la Nature, Université Nangui Abrogoua, Abidjan (Côte d'Ivoire), 148 p.
- [19] Kouakou K.A., Barima Y.S.S., Zanh G.G., Traoré K. & Bogaert J. 2017. Inventaire et disponibilité des PFNLs utilisés par les populations riveraines de la Forêt Classée du Haut-Sassandra après la période de conflits armés en Côte d'Ivoire. Tropicultura, 35 (2), 121- 136.

- [20] Phambu S. & Masiala M.G. 2019. Inventaire des Produits Forestiers Non Ligneux: cas du secteur Patu (Province du Kongo central/DRC), 2: 760-773.
- [21] Ibrah. 2005. Produits forestiers non ligneux et gestion locale des ressources naturelles: Cas du département de Flingué, Mémoire pour l'obtention du Diplôme d'Etudes Professionnelles Approfondies (DEPA), Université Senghor, Alexandrie, Egypte, 82 p.
- [22] Hama O., Tinni I. & Baragé M. 2019. Contribution des produits forestiers non ligneux à la sécurité alimentaire des ménages dans la commune rurale de Tamou, au Sud-ouest du Niger (Afrique de l'Ouest). *International Journal of Advanced Research*, 7 (10): 2320-5407.
- [23] Mpondo M.E., Ngene J.P., Mpounze S.L., Etame L.G., Boumsong. G.C.P., Yinyang J. & Dibong S.D. 2017. Connaissances et usages traditionnels des plantes médicinales du département du haut Nyong. *Journal of Applied Biosciences* 113: 11229-11245.
- [24] OIBT, UICN. 2009. Directives OIBT/ UICN pour la conservation et l'utilisation durable de la biodiversité dans les forêts tropicales productrices de bois. Série Politique forestière N° 17. OIBT, Yokohama, Japon.
- [25] Biloso M.A. 2008. Valorisation des produits forestiers non ligneux des plateaux de Bateke en périphérie de Kinshasa (RD Congo). Thèse de Doctorat inédite, Université Libre de Bruxelles, Belgique, 167 p.
- [26] Doamba P. 2012. Impact de l'utilisation des produits forestiers ligneux et non ligneux sur la gestion du parc national d'Arly au Burkina Faso. Mémoire de master, UFR Environnement, Institut International d'Ingénierie de l'Eau et l'Environnement, 58 p.
- [27] Soro S., Ouattara D., Egnankou W.M., N'guessan K.E. & Traore D. 2014. Usages traditionnels de quelques espèces végétales de la forêt marécageuse classée de port gauthier, en zone côtière au sud-ouest de la cote d'ivoire. *European Scientific Journal*, 10 (3): 1857-7881.
- [28] Loubelo, E. 2012. Impact des produits forestiers non ligneux (PFNL) sur l'économie des ménages et la sécurité alimentaire: cas de la République du Congo. Thèse de Doctorat, Laboratoire d'Anthropologie et de Sociologie, Université Rennes2, 261 p.
- [29] G.Z. Dongmo, J.F. Djeugap, N. Fenohi, N.D. Kenfack, R. Takuete & P. Teguefouet, "Contribution à l'identification des champignons de post-récolte associés aux amandes de *Ricinodendron heudelotii* et *Garcinia kola* collectées dans les Hauts Plateaux de l'Ouest Cameroun." *Int. J. Biol. Chem. Sci.* 11 (4): 1840-1850, 2017.
- [30] N'Doye O., Pérez M.R. & Eyebe A. 1997. The markets of non-timber forest products in the humid forest zone of Cameroon. London, UK: Overseas Development Institute, 20 p.
- [31] Lescuyer, G. 2010. Importance économique de quelques produits forestiers non ligneux dans quelques villages du sud-Cameroun. *In Bois et forêts des tropiques*, 304 (2): 15-24.
- [32] Tsobou R., Mapongmetsem P. M. & Damme V. P. 2013. Medicinal plants used against Typhoid Fever in Bamboutos Division, Western Cameroun. *Ethnobotany Research & Applications*, 11: 163-174.
- [33] Zerbo P. Rasolodimby J.M., Ouedrago O. G.N. & Damme P.V. 2007. Plantes médicinales et pratique médicales au Burkina Faso: cas des Sanan. *Bois et Forêts des Tropiques*, 30 (1): 41-53.
- [34] Tsobou R., Mapongmetsem P. M. & Damme V. P. 2016. Medicinal plants used for treating reproductive health care problems in Cameroon, Central Africa. *Economic Botany*, 70 (2): 145-159.
- [35] Séguéna F., Soro K., Soro D. & N'Guessan K. 2013. Savoir-faire des populations locales des taxons du Jardin Botanique de Bingerville, Côte d'Ivoire. *Journal of Applied Biosciences*, 68: 5374-5393.
- [36] Vroh B.T.A., Ouattara D. & Kpangui K.B. 2014. Disponibilité des espèces végétales spontanées à usage traditionnel dans la localité d'Agbaou, Centre-Ouest de la Côte d'Ivoire. *Journal of Applied Biosciences*, 76 (1): 6386-6396.
- [37] Mounkaila S., Soukaradi B., Morou B., Saley K. 2017. Inventaire et gestion des plantes médicinales dans quatre localités du Niger. *European Scientific Journal*, 13: 1857-7881.
- [38] Jhamta R., Puri, Sharma M.L., Kaur H., Khan S. 2019 Traditional knowledge and way of consumption of edible plants by rural communities of Shimla District, Himachal Pradesh (India). *Plant Science Today*, 6 (2): 201-207.
- [39] Tra Bi F.H. 1997. Utilisation des plantes par l'Homme dans les forêts classées du Haut Sassandra et de Scio. Thèse de doctorat d'Etat de 3ème cycle. Université d'Abidjan Cocody, 215 p.
- [40] Ketchatang P. T., Zapfack L., Kabelong Banoho L.P.R. & Endamana D. 2017. Disponibilité des produits forestiers non ligneux fondamentaux à la périphérie du Parc national de Lobeke. 17 (3): 19p.

Lithostratigraphie des sites d'exploitation artisanale et caractérisation de la source de l'or de Doumbiadougou, Duékoué, Côte d'Ivoire

[Lithostratigraphy of artisanal mining sites and characterization of the source of gold, Doumbiadougou, Duékoué, Côte d'Ivoire]

Zié Ouattara¹, Gnamba Franck Emmanuel Gouéddji¹, Clément Odon N'cho¹, Méhi Yves Arsène Ali¹, Bamory Kamagaté², and Yacouba Coulibaly³

¹Université de Man, UFR Sciences Géologiques et Minières, BP 20 Man, Man, Côte d'Ivoire

²Université NANGUI ABROGOUA, Abidjan, Côte d'Ivoire

³Université Félix HOUPHOUET-BOIGNY, Laboratoire de Géologie des Ressources Minérales et Energétiques, UFR STRM, Abidjan, Côte d'Ivoire

Copyright © 2022 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: Artisanal gold mining is gaining momentum in western Côte d'Ivoire. However, little information is available on the mineralized horizons and primary source of gold. The objective of our study is thus to investigate the artisanal mining sites of Doumbiadougou near Duékoué in order to characterize the gold horizons then the primary source of gold and to propose exploration guides. We carried out fieldwork in Doumbiadougou followed by lithostratigraphic correlations and interpretations at the University of Man. In Doumbiadougou, we observed saprolite derived from a felsic intrusive affected by sheared quartz veins of orientation ranging from N035 to N060°. On the lithostratigraphic level, two quarries served as a basis for study. Thus, in the quarry on eluvial, three horizons are observed from the bottom to the top: fine saprolite, ferruginous shell and ferruginous cuirass. The geological substratum is dominated by quartzites and micaschists. Then, the quarry on alluvium presents four horizons from the bottom to the top: clay, gravelly, clay-sandy, and sandy. Gold mineralization is primarily related to eluvial wells whose elements percolate and enrich alluvium in the surrounding shallows. This resulted in concentrating the gold in the gravelly horizon. The abundance of quartz in the gravelly mineralized horizon and in the veins as well as the substratum made of quartzite and micaschist gives an epigenic origin to the gold of Doumbiadougou. These veins and felsic intrusive that hosts them appear as guides to be sought for the mineral exploration project.

KEYWORDS: Artisanal exploitation, gold, Archean, Duékoué, western Côte d'Ivoire.

RESUME: L'exploitation artisanale de l'or prend de l'ampleur dans l'ouest de la Côte d'Ivoire. Cependant, peu d'informations sont disponibles sur les horizons minéralisés et la source primaire de l'or. L'objectif de notre étude est ainsi d'investiguer les sites d'exploitation artisanale de Doumbiadougou, Duékoué, afin de caractériser les horizons aurifères puis la source primaire de l'or in fine de proposer des guides d'exploration. Les travaux de terrain ont été suivis des corrélations lithostratigraphiques et interprétations à l'Université de Man. A Doumbiadougou, nous avons observé une saprolite, relique d'un intrusif felsique et affectée de veines de quartz cisailées orientées de N035 à N060°. Sur le plan lithostratigraphique, deux carrières creusées ont servi de base d'étude. Ainsi, dans la carrière sur éluvions, on note trois horizons du bas vers le haut: saprolite fine, carapace ferrugineuse, et cuirasse ferrugineuse. Le substratum géologique est dominé par les quartzites et les micaschistes. Ensuite, la carrière sur alluvions est constituée du bas vers le haut de quatre horizons: argileux, graveleux, argilo-sableux, et sableux. L'or est principalement lié aux puits éluvionnaires desquels, les éléments percolent et enrichissent les alluvions dans les bas-fonds environnants. Ce qui a abouti à concentrer l'or dans l'horizon graveleux. L'abondance du quartz dans l'horizon minéralisé

graveleux et dans les veines ainsi que le substratum de quartzite et de micaschiste donne une origine filonienne à l'or de Doumbiadougou. Ces veines et intrusif felsique qui les encaisse apparaissent comme des guides à rechercher dans le cadre de projets d'exploration pour or.

MOTS-CLEFS: Exploitation artisanale, or, Archéen, Duékoué, ouest de la Côte d'Ivoire.

1 INTRODUCTION

L'exploitation artisanale de l'or prend de l'ampleur dans l'ouest de la faille de Sassandra en Côte d'Ivoire. Elle s'est organisée autour de la mine d'Ity, dans le village de Floleu [1] et a atteint la plupart des départements et surtout s'observe à travers différents environnements géologiques. Cependant, peu d'informations sont disponibles sur les horizons minéralisés et la source primaire de l'or. Dans la partie paléoprotérozoïque de la Côte d'Ivoire, les roches birimiennes sont reconnues comme porteuses du fort potentiel aurifère [2], [3], [4], [5], [6], [7]. Dans la partie archéenne par contre, du fait de la faible représentativité de roches birimiennes, la source de l'or est peu connue relativement au contenu aurifère des diverses formations géologiques impliquées. Les études tentant d'y apporter réponse, se concentrent autour de la minéralisation d'Ity [8].

L'objectif principal de ce travail qui se base sur des sites d'exploitation artisanale est de contribuer à une meilleure connaissance de la dynamique de l'or et améliorer les connaissances de la source de l'or de l'ouest de la Côte d'Ivoire. De manière spécifique, il s'agira de (i) décrire les horizons des carrières d'exploitation artisanale, (ii) comprendre la dynamique de l'or et sa concentration et (iii) déterminer la source primaire de la minéralisation aurifère.

2 CONTEXTE GEOLOGIQUE

La localité de Doumbiadougou se situe à l'Ouest de la faille de Sassandra en Côte d'Ivoire, dans le domaine archéen du bouclier Ouest-africain, plus précisément de la dorsale de Man.

La minéralisation aurifère de Doumbiadougou est localisée à l'Ouest de la ville de Duékoué à environ 517 km au Nord-Ouest d'Abidjan, capitale économique de la Côte d'Ivoire. Doumbiadougou est un village de la sous-préfecture de Duékoué dont il est distant de 20 km sur l'axe Duékoué- Guiglo, accessible par la voie non bitumée Pinhou-Gbapleu (Fig. 1).

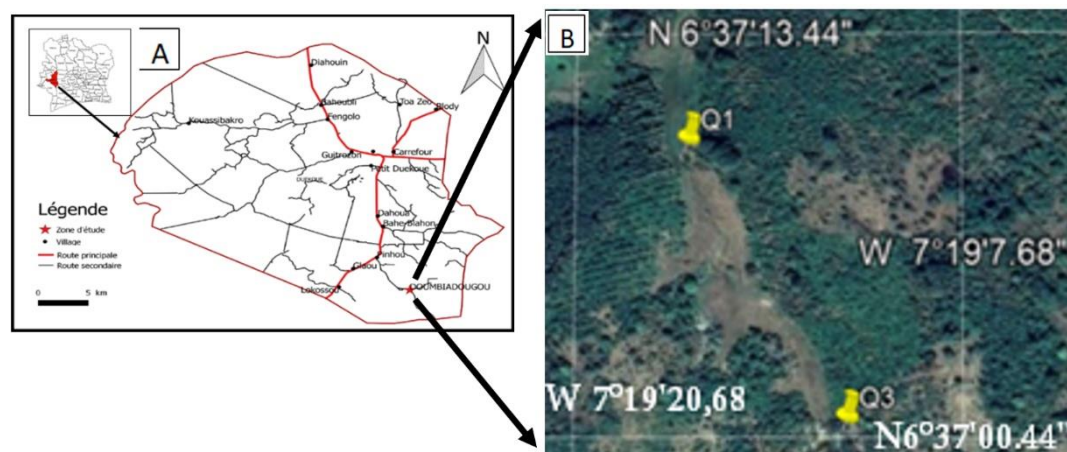


Fig. 1. Carte de localisation de Doumbiadougou (A) et image Google Earth des carrières artisanales Q1 et Q3 étudiées (B)

L'Ouest de la Côte d'Ivoire appartient à la partie méridionale du craton ouest-africain [2]. Le socle d'âge précambrien où se situe notre zone d'étude comporte deux domaines séparés par la faille du Sassandra. Ces deux domaines résultent de la juxtaposition d'un panneau occidental (Catarchéen et Archéen) avec le reste du socle d'âge protérozoïque inférieur.

Un premier domaine dit Kenema-Man, archéen, structuré par les cycles orogéniques Léonien (3200-3000 Ma) et Libérien (2900–2800 Ma); le métamorphisme y est méso à catazonal [9], [10], [11].

Le deuxième domaine, dénommé Baoulé-Mossi d'âge paléoprotérozoïque est structuré par le mégacycle éburnéen (2400–1600 Ma). Il est affecté par un métamorphisme épi à mésozonal [12], [13]. D'après [14], cet ensemble est d'âge birimien (2100 Ma).

La pétrographie des formations géologiques de Doumbiadougou est déductible de la feuille de Guiglo [15] où elle apparaît encadrée par les quartzites à magnétite, des gneiss à biotite et des granites tardimigmatitiques (Fig. 2). Cette pétrographie se rapproche de celle de Duékoué [16] avec la présence de: (i) granite porphyroïde essentiellement quartzo-feldspathique à 90%, présentant des phénocristaux de feldspath potassique orientés N100°; (ii) migmatite rose en intrusion dans le granite porphyroïde. La roche est essentiellement quartzo-feldspathique avec une foliation fruste, de texture granoblastique hétérogranulaire avec le quartz en ruban et (iii) une enclave de roche verte au sein du granite porphyroïde composée d'une matrice constituée d'amphibole, quartz, plagioclase, et de grenat. Les formations de la zone d'étude présentent une orientation préférentielle (NNE-SSW) due aux phases de tectonique souple des deux (2) orogénèses (léonienne et libérienne) qui s'y sont manifestées. A ces phases, on associe le métamorphisme et la migmatisation des roches antécinématiques accompagnés du rubanement des migmatites, de la schistosité de l'ensemble schisteux et de la foliation des amphibolites. La zone d'étude est également située en zone de socle cristallin, et recouverte par des couches d'altérites d'épaisseur plus ou moins importante, avec des affleurements de roches granitiques par endroits. Elle est très fracturée, ce qui est favorable à l'infiltration de la minéralisation en certains endroits [17].

Sur le plan minier, la région du Guémon a un sous-sol très riche en diverses ressources notamment le fer qu'on retrouve en abondance dans le Mont klahoyo (Facobly) également à Kouibly dans le Mont Etia. L'or est exploité à Amanikro dans le département de Duékoué [18].

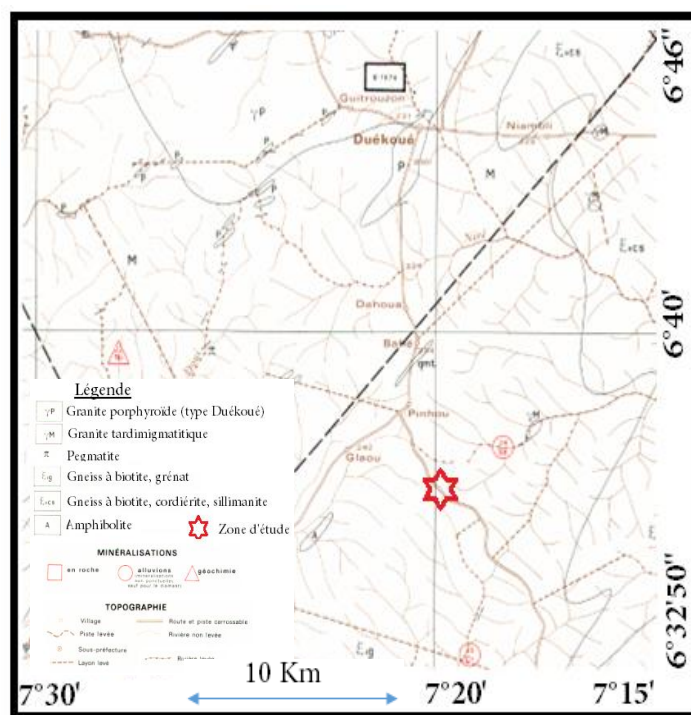


Fig. 2. Carte géologique de Doumbiadougou issue de la feuille de Guiglo (modifié d'après [15])

3 METHODOLOGIE

La méthodologie employée dans cette étude a commencé par une campagne de terrain suivi de travaux au laboratoire. Sur le terrain, il s'est agi de décrire macroscopiquement les affleurements dans le village de Doumbiadougou puis les horizons des carrières et puits d'exploitation artisanale ainsi que de leurs déblais explosés sur les différents sites artisanaux. La description macroscopique des carrières a pour objectifs de faire ressortir la spécificité des bancs notamment les éléments constitutifs, la taille des éléments, la nature des éléments, la disposition spatiale des éléments, leurs modes d'agencement, etc...

Les corrélations des lithologies ont été possibles à travers l'étude de deux carrières dont l'une sur des éluvions et l'autre sur les alluvions. Ensuite l'interprétation des différents horizons excavés et de leur substratum a été faite à l'UFR Sciences Géologiques et Minières de l'Université de Man.

4 RESULTATS

4.1 DESCRIPTION PETRO-STRUCTURALE DE DOUMBIADOUGOU

Le village de Doumbiadougou se situe sur une colline qui, à la faveur des facteurs exogènes, laisse observer des rigoles (Fig. 3). La description de ces rigoles a permis de voir une roche altérée, blanchâtre et riche en quartz. Il s'agit de la saprolite d'un intrusif felsique. Celle-ci était associée à deux types de veines de quartz. Les veines V1, orientées N 060°, sont cisailées et plissées tandis que les veines V2 apparaissent fracturées et orientées N 035°.

La description des déblais autour des puits d'exploitation artisanale d'or de Doumbiadougou fait principalement ressortir deux lithologies: les quartzites et les micaschistes (Fig. 4). Ces deux lithologies laissent croire à la présence de filons quartzo-feldspathiques dont les orpailleurs cherchent l'enracinement.

Les quartzites sont siliceux d'apparence mouillée (Fig. 4A). La roche est compacte, lisse ou finement esquilleuse. La couleur générale est claire et la minéralogie est faite de minéraux gras. Ainsi, on y distingue le quartz qui présente des cristaux intimement soudés, souvent dentelés et engrenés associés à des oxydes de manganèse et des sulfures discrets.

Les micaschistes (Fig. 4B) ont une couleur grise à blanche en fonction de leur abondance en micas (muscovite). Leur aspect général est massif, avec les minéraux constitutifs qui sont les muscovites et de rares biotites, ils contiennent également des cristaux de quartz, dispersés ou groupés, en minces lits discontinus, les feldspaths sont peu nombreux. Cette lithologie peut représenter une relique des pegmatites qui se rencontrent sur les cartes régionales (Fig. 2).

4.2 LITHOSTRATIGRAPHIE DE DOUMBIADOUGOU

Les roches mères de la zone sont affectées par une altération profonde et se trouvent en partie couvertes par des cuirasses associées à des manteaux ferralitiques. Se situant dans un bas-fond, les échantillons ont été prélevés dans chacune des fosses d'exploitation en activité et –ou déjà exploitées.

Deux carrières ont été observées dans la zone: la première est creusée sur les alluvions tandis que la seconde est sur éluvions.



Fig. 3. Photographie des travaux de terrain
A: Vue du filon V2; B: Orientation du filon de quartz cisailé V1

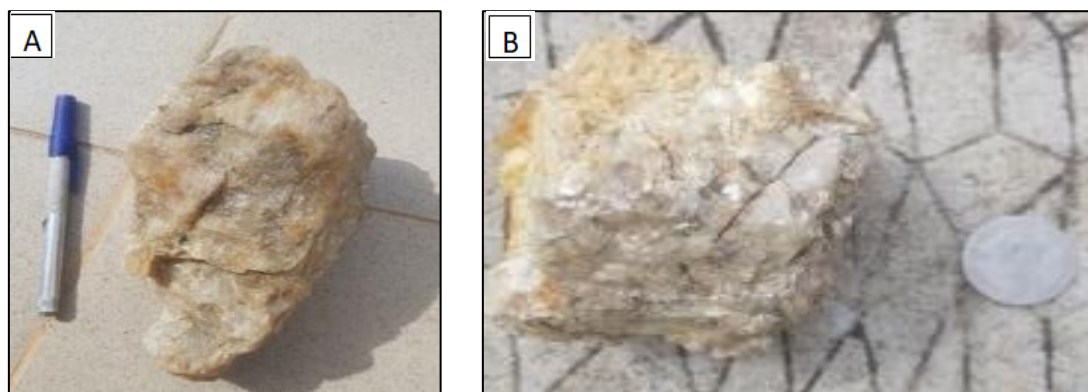


Fig. 4. Photographie montrant l'aspect macroscopique des échantillons de quartzite (A) et de micaschiste (B)

4.2.1 CARRIÈRE SUR ALLUVIONS

La carrière 1 (Q1) dont les coordonnées sont 6°37'09,5"N et 7°19'17"W est située dans un bas-fond et admet une profondeur de deux mètres environ (Fig. 5A). Cette carrière réalisée dans les alluvions est caractérisée par des sédiments ruisselés depuis l'amont (cuirasse et roches mères). On y distingue quatre horizons (Fig. 5B) du bas vers le sommet: argile, éléments graveleux, argile sableuse, et du sable.

- Horizon argileux

Cet horizon épais de 20 cm présente un état plastique très brillant. C'est un horizon de couleur dominante jaune-orangée, peu compact et très malléable pouvant s'aplatir et s'étendre en lame. Cet horizon, peu hydromorphe, empêche l'infiltration de l'eau. Aussi, l'aspect lisse de sa surface montre qu'il contient moins de 1 % d'éléments grossiers. C'est une argile bariolée.

- Horizon sable-gravier (Sablo-graveleux)

Il s'agit d'un horizon épais de 50 cm et composé d'un mélange de sable et de gravier. C'est l'horizon constitué presque entièrement des éléments grossiers (cailloux, graviers) et de nature différente (cuirasse, quartz, latérite, muscovite, etc...) en conséquence il est rugueux avec un écoulement quasi permanent d'eau montrant ainsi le caractère hydromorphe de la zone. D'ailleurs, l'eau est considérée comme le principal agent de transport de la minéralisation. De couleur grise à gris-claire il s'agit de l'horizon minéralisé, tant recherché par les exploitants artisanaux. Les sédiments prélevés en son sein ont indiqué au lavage des poudres d'or, des oxydes de fer et de la tourmaline.

- Horizon d'argile sableuse

Situé juste au-dessus de notre zone minéralisée, cet horizon est épais d'environ 60 cm. Sa couleur gris-claire est dominée par de l'argile plastique très malléable, quant à la part sableuse elle reste très tendre, et meuble avec un aspect général lisse au toucher.

- Horizon sableux

Recouvert par les matières organique O et humifère, cet horizon est épais de 70cm. sa couleur générale est gris-foncée de plus son état meuble et sec présente un aspect lisse. Il est de nature sableuse faite de particules de quartz à grain fin et est non minéralisée.

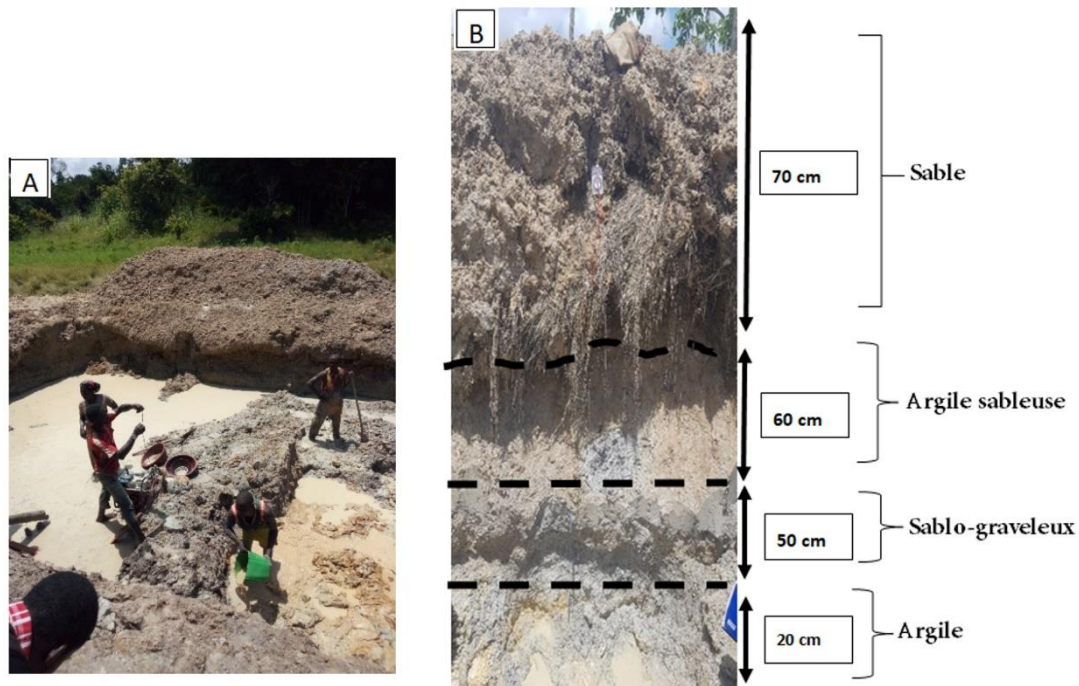


Fig. 5. Photographie de la carrière d'exploitation artisanale sur alluvion et son profil lithostratigraphique à Doumbiadougou
A: Photographie de la Carrière 1; B: colonne lithostratigraphique de la carrière 1.

4.2.2 CARRIÈRE SUR ELUVIONS

La carrière 2 (Q3, Fig. 6), dont les coordonnées sont 6°37'00,6"N et 7°19'11,7"W, constitue les parties sommitales de notre zone d'étude. Elle est composée essentiellement de résidus d'une ancienne surface altérée et est caractérisée par la préservation du résidu latéritique. Ainsi du bas vers le haut, trois lithologies forment la séquence lithostratigraphique (Fig. 6).

- Saprolite fine

Observable à partir de 2,5 jusqu'à 4 m (profondeur du puits observable lors de l'étude), notre saprolite fine est meuble, et peu tendre. Sa couleur rouge tacheté marque la présence des hydroxydes de fer et d'aluminium qui en son sein comporte de gros cristaux de quartz (jusqu'à 5 mm) emballés dans une matrice d'hématite. Elle contient des alignements de minéraux altérés, des quartz fissurés et non disloqués. De plus elles montrent que la structure de la roche est conservée dans une partie de l'horizon.

- Carapace ferrugineuse

Constituant une zone de prélude au cuirassement, épaisse de 0,5m, meuble, et présente deux types de nodules ferrugineux: des nodules bruns à brun sombres due respectivement à la présence d'hydroxydes de fer et d'aluminium entourés d'un mince cortex goéthitique et des nodules jaune bruns essentiellement goéthitiques. Ces nodules et le squelette quartzueux sont cimentés par une matrice ferrugineuse jaune à jaune brun. Les vides sont tapissés par des argiles jaune brunes. Aussi, les zones claires sont plus riches en quartz, et le passage vers l'horizon supérieur est marqué par une légère induration d'ensemble.

- Cuirasse ferrugineuse

Elle admet une épaisseur variable de 1,5 à 2m, et présente un faciès conglomératique. Ces éléments grossiers sont des nodules ferrugineux bruns, de diamètre variant de quelques mm à environ 2cm. Aussi les cristaux de quartz sont anguleux à subanguleux, quelques fois arrondis et de même taille que les nodules ferrugineux. On y observe également des concrétions et taches manganésifères noires ainsi que des morceaux de roche verte altérée. Tout cet ensemble prend appui sur un substratum décrit à travers les déblais des galeries. Il s'agit de quartzite et de micaschiste.

4.3 SOURCE DE LA MINERALISATION AURIFERE DE DOUMBIADOUGOU

Le site d'orpaillage de Doumbiadougou, est localisé dans une zone forestière couverte par des champs de cacao, café et hévéa. Offrant une topographie de bas-fond (vallées), les endroits les plus hauts sont dominés par des cuirasses et les vallées sont couvertes par un important matériel alluvionnaire. La zone d'altération météorique, souvent très intense, peut atteindre 5 mètres de profondeur. L'affleurement est pratiquement inexistant, une importante partie de la propriété est couverte de latérites. Les latérites sont en général constituées hydroxydes de fer et d'aluminium, Il a donc fallu creuser dans les galeries, traverser la saprolite pour atteindre des blocs de roches.

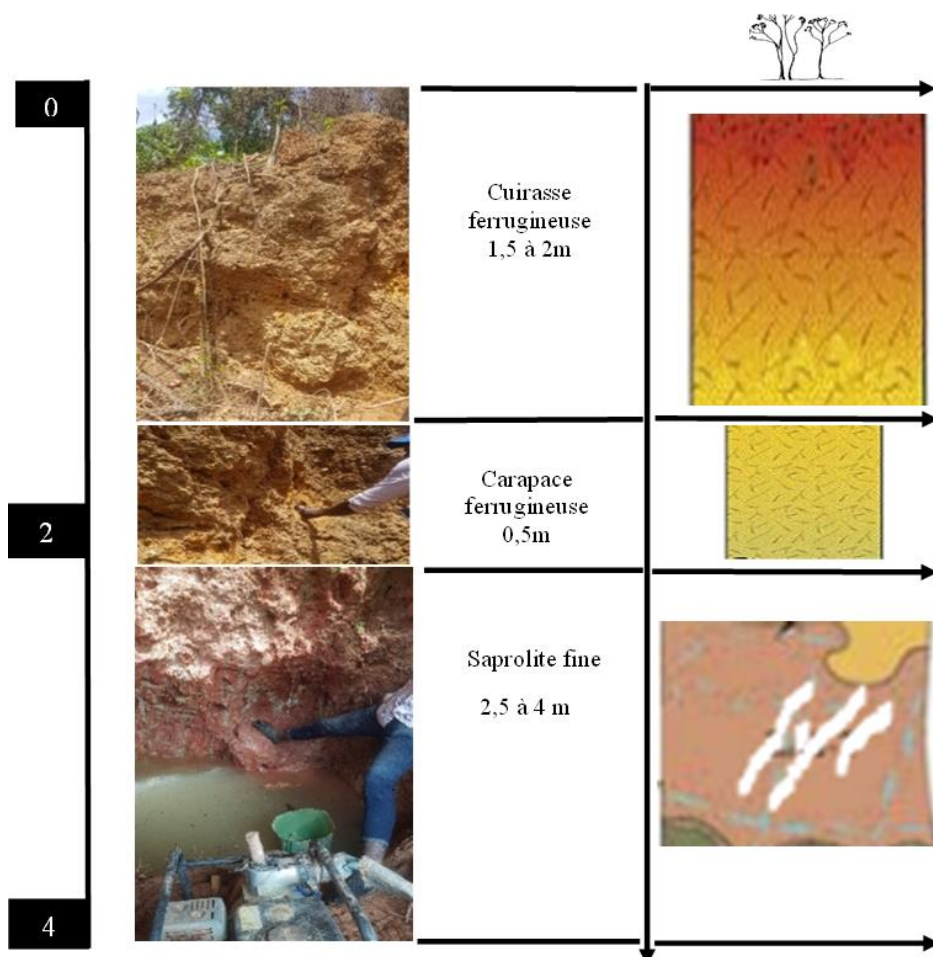


Fig. 6. Photographies et illustration du profil lithostratigraphique de la carrière 2

L'or est récolté à l'issue du lavage de l'horizon sablo-graveleux reconnaissable par les divers blocs de quartz entassés et traversés par l'eau. C'est de l'or alluvionnaire qui se concentre successivement par les actions de l'eau. Ce transport hydrodynamique gagne en intensité depuis les sommets des vallées environnantes qui laissent apparaître les quartzites et micaschistes. La source primaire de l'or est donc à rechercher dans ces lithologies. Ces lithologies notamment les quartzites donnent une origine filonienne à l'or de Doumbiadougou. Il s'agit de filons qui s'organisent autour de l'intrusif felsique dont la saprolite a été observée au sein des rigoles de Doumbiadougou. Il s'agirait du granite tardimigmatitique (Fig. 2) qui a été mis en exergue autour de Doumbiadougou. L'or serait primairement issu de ce granite et se serait remobilisé à l'issue du métamorphisme et des déformations ductiles (filon V2) et cassantes (filon V1). Le cuirassement puis les facteurs d'érosion qui sont aidés par le processus alluvionnaire permettent ainsi de redistribuer l'or dans les autres environnements respectifs. Cela aboutit à la déstabilisation des quartzites à magnétite puisque le lavage des sédiments montre l'or associé au quartz et à la magnétite (Fig. 7).

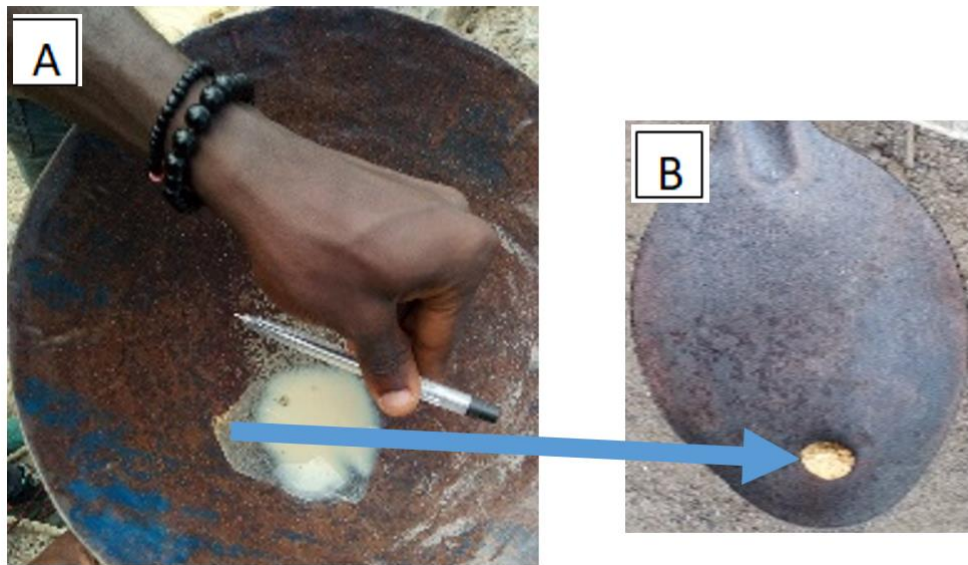


Fig. 7. Photographies de l'or obtenu à l'issue des activités artisanales de Doumbiadougou
A: L'or associé au quartz et à la magnétite issue de la batée; B: L'or amalgamé.

5 DISCUSSION

Cette étude réalisée sur les sites d'activités artisanales de Doumbiadougou permet de mettre en relief la lithostratigraphie de la zone puis de comprendre la minéralisation aurifère et des guides de recherche

Une lithostratigraphie basée sur les carrières d'exploitation artisanales

Les carrières d'exploitation artisanales d'or à Doumbiadougou ont permis de décrire la colonne lithostratigraphique. Elle présente différents horizons en fonction de la topographie. Dans les bas-fonds, la lithostratigraphie se compose de quatre horizons de la base au sommet: argile bariolée, graveleux, argilo-sableuse et sableuse. Au niveau des sommets des vallées, l'on observe une succession de trois horizons partant de la base: saprolite fine, carapace ferrugineuse et cuirasse ferrugineuse. Les carrières artisanales peuvent ainsi être la base des connaissances géologiques comme l'ont été celles de Banfora, Burkina Faso [19].

Une minéralisation aurifère connue à partir des carrières d'exploitation artisanales

La lithologie de la minéralisation aurifère de Doumbiadougou est constituée de quartzite et de micaschiste. A ces deux lithologies sont associées des veines de quartz orientées N035 à N060° dont certaines sont cisailées. Le quartz est omniprésent dans ces zones du fait non seulement de ses pouvoirs de non altérabilité et de sa résistance à dans les zones alluvionnaires. On le retrouve dans les quartzites, et en relation avec les micas (muscovite, biotite) et feldspaths dans les micaschistes. Nous sommes dans des roches métamorphiques d'ailleurs, on pourrait affirmer que les quartzites sont issus d'une recristallisation des filons de quartz et qui à Doumbiadougou présentent des teneurs importantes d'or. Ces filons de quartz auraient été influencés par la mise en place de l'intrusif felsique, le granite tardimigmatitique dont la saprolite a été observée. La répartition des lithologies felsiques et métamorphiques observée à Doumbiadougou, est similaire à celle faite par [20] au sein de la minéralisation aurifère d'Antanimbary au Madagascar à la différence que ces minéralisations se trouvent le plus souvent sous formes de veines quartzieuses ou de bancs de quartzite à magnétite. Ces gisements sont intercalés dans des schistes cristallins, le plus souvent en lentilles conservées dans la latérite. D'ailleurs l'étude des deux carrières respectivement situées dans la partie amont et la partie aval de notre zone d'étude a été d'une importance dans la connaissance de la géologie de notre zone d'étude et a permis de mieux comprendre la dynamique de l'or dans les profils. Premièrement le fait saillant dans la carrière 1 est la présence de particules d'or dans les horizons. On peut retenir les faits suivants: les horizons sableux, d'argile sableux, et d'argile ne montrent pas de particules d'or; c'est dans l'horizon composé de sable et de gravier qu'on obtient des poudres d'or observées après un lavage des sédiments, c'est là également qu'on rencontre les graviers grossiers. Ainsi on peut affirmer que la densité élevée de l'or lui permet de se concentrer dans cet horizon. De même plus on va en profondeur les épaisseurs des

couches diminuent. Deuxièmement nous avons dans la carrière 2, la présence d'un profil latéritique ainsi nous avons du bas vers le haut: une saprolite fine, une carapace ferrugineuse, et une cuirasse ferrugineuse. La saprolite fine contient plus de matière argileuse et des fragments de quartz en abondance, montrant ainsi la conservation de la structure de la roche dans une partie de l'horizon. Aussi l'abondance des particules de quartz, dans la carapace ferrugineuse a permis aux orpailleurs d'avancer dans leurs creusées en suivant la veine de quartz. De plus dans la cuirasse, la minéralogie présente, indique que le cuirassement a joué un rôle de protection pour les minéraux. Ce rôle protecteur a déjà été évoqué par [21] et aussi par [22] qui a décrit des sulfures sains dans une cuirasse de l'unité haute au Nord-Est du Burkina Faso et dont le matériel originel est en grande partie allochtone. Cependant dans la zone l'or n'est présent que dans les filons minéralisés ou à proximité immédiate, en surface, il est dispersé en halo centré sur le filon altéré. Ce halo de dispersion est mis en évidence par analyse chimique d'échantillons. Ainsi les profils d'altérations sont les plus épais au droit des filons aurifères et peuvent alors atteindre une dizaine de mètres, c'est pourquoi la taille des particules d'or diminue depuis la source jusqu'à l'ensemble sable-gravier. C'est ainsi que sous les conditions climatiques qui prévalent dans les régions tropicales, les fluides qui circulent à travers le substrat entraînent des transformations importantes des minéraux de la roche, parfois sur de grandes profondeurs. Il en résulte la formation d'un épais manteau d'altération latéritique qui se caractérise par la genèse de minéraux argileux, d'oxyhydroxydes de fer et d'alumine. Cette altération se manifeste aussi par l'élimination quasi totale des alcalins, alcalino-terreux et par l'élimination partielle de la silice. Ces profils peuvent contenir des quantités importantes de quartz selon la nature de la roche dont ils sont issus. Ainsi, [23] interprète la présence des particules d'or au sein des cuirasses de Cuiaba, au Brésil comme résultant de processus de transferts mécaniques verticaux du sol vers les cuirasses. De même, [24] quantifie les transferts verticaux de particules d'or au sein de saprolites de Syama (Mali). Ce type de transferts qui se développent simultanément à la formation du manteau d'altération. Dans le même ordre d'idée, [25] montre que la présence de particules d'or de plusieurs centaines de microns dans les systèmes de cuirasses nodulaires, essentiellement goéthitiques de Mormosol (Nord Burkina Faso), résulte de transferts par colluvionnement dans un système de glaciaires.

6 CONCLUSION

L'étude du site d'orpaillage de Doumbiadougou a permis de comprendre la géologie de la localité par la description de la lithostratigraphie et de la caractérisation de l'or à travers ses carrières artisanales. La géologie de Doumbiadougou est dominée par les quartzites (à magnétite), les micaschistes et le granite. Cependant, l'étude de deux carrières a élucidé la lithostratigraphie sur les éluvions et les alluvions. Ainsi, la carrière creusée sur les éluvions distingue trois horizons partant du bas de la saprolite fine, la carapace ferrugineuse et la cuirasse au sommet. Quant à la carrière sur alluvions, elle présente un horizon de base fait d'argile bariolée sur lequel repose successivement les horizons graveleux, argilo-sableux et sableux. L'or est associé à l'horizon sablo-graveleux reconnaissable par les divers blocs de quartz blancs entassés et associé à la magnétite. C'est de l'or alluvionnaire qui s'est concentré successivement à l'issue d'un intense hydrodynamisme des zones éluvionnaires vers celles alluvionnaires. La source de la minéralisation aurifère de Doumbiadougou appartient au type filonien marqué par son encaissement dans les veines de quartz et les quartzites. En guise de guides de prospection, les quartzites, les filons et veines de quartz ainsi que le granite apparaissent comme de véritables points d'attache.

REMERCIEMENTS

Les auteurs remercient le chef du village de Doumbiadougou ainsi que les acteurs des sites d'exploitation artisanales pour avoir facilité l'accès et surtout la réalisation des travaux de terrain. Les remerciements vont également à l'endroit de Kouakou Evrard Batille et sa famille ainsi que Kanga Koffi Olivier pour leurs actives implications sur le terrain. Enfin, nous remercions les reviewers anonymes qui ont rehaussé la qualité de ce manuscrit.

REFERENCES

- [1] Coulibaly S. L., Zahui F. M., Mangoua-Allali L. C., Chérif A., Coulibaly L. (2021). Artisanal mining practice and physical impacts on the environment in the Ity-Floleu gold region, Côte d'Ivoire. *International journal of environment and climate change*, 11 (11): 17-31.
- [2] Milési J. P., Feybesse J. L., Ledru P., Dommange T. A., Ouédraogo M.F., Marcoux E., Prost A., Vinchon C., Sylvain J. P., Johanv., Tegye M., Calvez J.Y., Lagny P. (1989). Les minéralisations aurifères de l'Afrique de l'Ouest, leurs relations avec l'évolution lithostructurale du protérozoïque inférieur. *Chron. Rech. Min.*, Fr.497, 1 - 98.
- [3] Assié K. E. ((2008). Lode gold mineralization in the Paleoproterozoic (Birimian) volcano- sedimentary sequence of Afema gold district, southeastern Côte d'Ivoire, Thesis, Faculty of Energy and Economic Sciences, Technical University of Clausthal, Germany, 198 p.
- [4] Coulibaly Y., Boiron M. C., Cathélineau M. et Kouamelan A. N. (2008). Fluid immiscibility and gold deposition in the Birimian quartz veins of the Angovia deposit (Yaouré, Ivory Coast), *J. Afr. Earth Sci.*, 50 PP 234 -254.
- [5] Gnanzou A. (2006). Etude lithostratigraphique de la région de Hiré (permis de recherche PRA 37): implication à la connaissance de la minéralisation aurifère, Mém. DEA, UFR-STRM, Univ. Cocody, 56 p.
- [6] Gnanzou A. (2014). Etude des séries volcano-sédimentaires de la région de Dabakala (NordEst de la Côte d'Ivoire): genèse et évolution magmatique. Contribution à la connaissance de la minéralisation aurifère de Bobosso dans la série de la HauteComoé. Thèse de doctorat, Univ. Paris-Sud Orsay, France et Univ. Félix HOUPOUËT BOIGNY, 303 p.
- [7] Ouattara Z. (2015). Caractères lithostratigraphique, structural, géochimique et métallogénique du gisement d'or de Bonikro, sillon birimien de Fettekro, centre-Sud de la Côte d'Ivoire, Thèse unique de doctorat, Spécialité: Pétrologie-Métallogénie, Université Félix HOUPOUËT-BOIGNY, Abidjan, Côte d'Ivoire, 330p.
- [8] Tabaud A. S., Trap P., Marquer D., Durand C., Lescuyer J. L., Furic R. (2015). New insight on the magmatic and tectono-metamorphic evolution of the Paleoproterozoic gold-bearing Toulépleu-Ity district (SW Côte d'Ivoire). 13th SGA Biennial meeting 2015. *Proceedings*, Vol 4, pp. 1667-1670.
- [9] Bessoles B. (1977). Géologie de l'Afrique, Le craton Ouest-africain. Paris, B.R.GM, France, 404 p.
- [10] Kouamelan A. N., Delor C., Peucat J. J. (1997). Geochronological evidence for reworking of Archean terranes during the Early Proterozoic (2.1 Ga) in the western Côte d'Ivoire (Man Rise-West African Craton). *Precambrian Research*, 86, pp. 177-199.
- [11] Kouamelan A. N. (1996). Géochronologie et Géochimie des formations archéennes et protérozoïques de la dorsale de Man en Côte d'Ivoire: Implication pour la transition Archéen Protérozoïque. Doctorat Uni. Rennes, Mémoire Géoscience n° 73 Rennes, 293 p.
- [12] Camil J. (1984). Pétrographie, chronologie des ensembles granulitiques archéens et formations associées de la région de Man (Côte-d'Ivoire), Université d'Abidjan, Côte D'Ivoire 306p.
- [13] YACE I. (2002). Initiation à la géologie, l'exemple de la Côte d'Ivoire et de l'Afrique de l'Ouest, Edition CEDA, Abidjan, Côte d'Ivoire, 183 p.
- [14] Boher M. (1991). Croissance crustale en Afrique de l'Ouest à 2,1 Ga. Apport de la Géochimie isotopique, Université de Nancy, France, 180 p.
- [15] SODEMI 1967. Feuille de Guiglo issue de la carte géologique de la Côte d'Ivoire au 1/200 000, édition provisoire.
- [16] Koffi G. R. S. (2020). Réévaluation géochimique et géochronologique des événements orogéniques dans le domaine Archéen de la Côte d'Ivoire: implications dans la géodynamique du craton. Thèse unique, Sp. Pétrologie-Métallogénie, Univ. Félix HOUPOUËT-BOIGNY, Abidjan, Côte d'Ivoire, 283 p.
- [17] Lasm T. 2000. Hydrogéologie des réservoirs fracturés de socle: Analyses statistique et géostatistique de la fracturation et des propriétés hydrauliques. Application à la région des montages de Côte d'Ivoire (domaine archéen). Thèse de l'Université de Poitiers, p.274.
- [18] Conseil regional du Guémon (2017). Rapport interne. 30 p.
- [19] Ilboudo H., Sawadogo S., Ouyi P., Hien A. et Yaméogo F. H. (2019). Géologie des minéralisations (Au) en veines de Mouro dans le système birimien de Banfora, Burkina Faso – Afrique de l'ouest: approche géologique par exploitation d'un site d'orpaillage. *Afrique Science*, 15 (6): 92-104.
- [20] Zafira M. (2008). Gisements aurifères de type placer région de Maevatanana. Mémoire de Master, Université de Mahajanga, Madagascar, 38 p.
- [21] Bamba O. (1996). L'or disséminé dans les albitites de Larafella (Burkina Faso), évolution dans les altérites et les cuirasses ferrugineuses. Thèse de doctorat en géochimie et géosciences de l'Environnement, Spécialité: Métallogénie Pétrologie Géomorphologie, Université d'Aix Marseille III, 219 p.
- [22] Parisot J.C., Ventose V., Grandin G., Bourges F., Debat P., Tollon F., Mollo L. (1995). Dynamique de l'or et d'autres minéraux lourds dans un profil d'altération cuirassé du Burkina Faso, Afrique de l'Ouest. Intérêt pour l'interprétation de la mise en place des matériaux constituant les cuirasses de haut glacis. *C.R. Acad. Sci. Paris*.

- [23] Michel D. (1987). Concentration of gold in situ laterites from Mato Grosso, Min. Deposita 22, 185-189.
- [24] Brimhall G.H., Chadwick O.A., Lewis C.J., Compston W., Williams I.S., Dant K.J., Dietrich W.E., Power M.E., Hendricks D. and Bratt J. (1992). Deformational Mass transport and Invasive Processes in Soil Evolution. Science, Vol. 255, pp. 695-702.
- [25] Sanfo Z. (1994). Histoire des champs latéritiques aurifères de la région d'Aribinda (Nord Burkina Faso): Application à la prospection en zone sub-sahélienne. Thèse Doc. Aix Marseille III, 166p.

Le Marché Éducatif dans la province de Haut-Katanga: Un défi pour la couverture de la demande scolaire

[The Educational Market in the province of Haut-Katanga: A challenge for covering the school demand]

Dihumba Kabwe

Diplômé d'Etudes Approfondies en économie, Chef de Travaux à ISC Lubumbashi, Doctorant à la Faculté des Sciences Economiques et de Gestion, Département de l'Economie, Université de Lubumbashi, B.P. 1825, Lubumbashi, RD Congo

Copyright © 2022 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 article, we are motivated by the educational demand which is low in Haut-Katanga in view of mixed financing. Thus, the educational market in this province reveals an imbalance linked to the financing of the educational supply and demand in deficit. Therefore, this request is grouped into five categories according to geographical areas and study costs in terms of costs. Several actors finance the demand and the supply which in turn is grouped into four categories in view of the cost of physical and material investments. These are the State, households, learners in the dynamics of educational financing of households, partners, and businesses. Several reasons are mentioned in this article among which economically, we have the centralized coordination of the educational market and the low income of households which justifies the low demand for education. Moreover, these reasons do not encourage households to send their children to school. In other words, the educational cost and benefits (benefits) are at odds with the labor market for the majority of learners. This is justified by the obsolescence of certain courses organized on the educational market at the secondary level. As a result, these streams do not keep up with the changing economic and technological environment that should benefit learners, their families and the province in the future.

Thus, the educational market shows the remarkable deficit in terms of financial resources, infrastructure, accessibility and future economic and technological advantages of learners in the province of Haut-Katanga because the objective that the State is assigned is not reached.

KEYWORDS: Market, education, demand, supply and financing.

RESUME: Dans cet article, nous sommes motivés par la demande éducative qui s'avère faible dans le Haut-Katanga au vue du financement mixte. Ainsi, le marché éducatif dans cette province dégage un déséquilibre lié au financement de l'offre et de la demande éducative déficitaire. Par conséquent, cette demande se regroupe en cinq catégorie selon les zones géographiques et frais d'études en termes de coûts. Plusieurs acteurs financent la demande et l'offre qui à son tours se regroupe en quatre catégorie au vue de coûts des investissements physiques et matériels. Il s'agit de l'Etat, des ménages, des apprenants dans la dynamique de financement éducatif des ménages, des partenaires, et des entreprises. Plusieurs raisons sont évoquées dans cet article parmi lesquelles économiquement, nous avons la coordination centralisée du marché éducatif et le faible revenu de ménages qui justifie la faible demande éducative. Par ailleurs, ces raisons n'incitent pas les ménages à scolariser leurs enfants. En d'autres termes, le coût éducatif et les avantages (bénéfices) sont en contradiction avec le marché de l'emploi pour la majorité des apprenants. Ceci se justifie par l'obsolescence des certaines filières organisées sur le marché éducatif au niveau secondaire. Par conséquent, ces filières ne suivent pas l'évolution de l'environnement économique et technologique qui doivent être à l'avantage des apprenants, de leurs familles et de la province dans l'avenir.

Ainsi donc, le marché éducatif dégage le déficit remarquable en termes des ressources financières, d'infrastructures, d'accessibilité et des avantages économiques et technologiques futurs des apprenants de la province du Haut-Katanga du fait que l'objectif que l'Etat s'est assigné n'est pas atteint.

MOTS-CLEFS: Marché, éducation, demande, offre et financement.

1 INTRODUCTION

L'éducation étant un marché, elle est considérée comme une industrie de production des connaissances qui se transforme en compétence et aptitude de la main d'œuvre (capital humain). Ce pourquoi, elle obéit à la loi de l'offre et de la demande de service entre différents acteurs qui financent l'éducation. Pour y parvenir, les ménages scolarisent leurs enfants moyennant les frais scolaires et autres exigences (coûts). Il s'agit de financement de la demande dont les sources proviennent des plusieurs acteurs. De la demande, l'offre exige aussi des investissements tant publics que privés à travers les acteurs tel que: l'Etat, les personnes morales, physiques et partenaires en termes de financements physiques, matériels et de la prise en charge de personnel pour produire un nombre d'apprenant ayant de différentes qualifications. D'où un marché éducatif doit dégager un rapport entre l'offre et la demande scolaire aussi identifier les besoins de demandeurs et leurs contraintes accessibilité éducative.

Cependant, l'interaction de l'offre et de la demande éducative dans la province du Haut-Katanga dégage un déficit de financement sur le marché en défaveur de la demande éducative causé par les exigences financières de l'offre. Par ailleurs, l'offre éducative est regroupée selon régime de gestion et les zones géographiques de financement dont celle privée est beaucoup plus urbaines que rurales et dégage des inégalités justifiées par la fixation de frais.

Constatons, que le marché éducatif dans la province est prédominé par la demande éducative dans les écoles privées discriminatoire concentrées dans les villes avec 3 898 écoles et 865 677 élèves contrairement à celles publiques ayant 2 414 écoles et 445 495 élèves (Rapport EPSP 2020). Par la suite, certaines filières ne répondent plus au besoin de l'économique et du marché de travail. Constatons-en plus, un déficit de l'offre publique restée stationnaire de 2010 jusqu'en 2020 et un taux de scolarisation primaire de 55% contre 43,5% au secondaire qui n'atteint pas le seuil de l'EPT (Rapport annuel IPSP Haut-Katanga 2020) alors que l'offre et la demande éducative est mixte. Ce qui justifie, un financement éducatif déficitaire sur le marché et non réaliste aux objectifs économique et de l'éducation pour tous.

Ce pourquoi, la promotion de l'éducation pour tous (EPT) est une des stratégies prioritaires au niveau mondial qui ne peut se réaliser que si le marché éducatif est favorable à tous. Cependant, la couverture de l'offre et de la demande éducative, reste un défi à relever sur ce marché.

Aux vues de cette préoccupation, la revue de littérature va nous renseigner sur les questions relatives au marché éducatif à travers le niveau de scolarisation.

Selon Diakité (2000), le marché éducatif est considéré comme un phénomène lié à l'offre et la demande fondé à travers l'organisation et fonctionnement du secteur de l'éducation. Pour lui cette organisation, exige l'utilisation des ressources et des moyens alloués à celle-ci, d'une part et la demande de l'éducation des ménages sous contrainte financière d'autre part.

Ainsi, l'analyse économique du marché de l'éducation considère le système éducatif comme une industrie, chaque établissement de l'enseignement comme une entreprise. Pour cela, la production du secteur industriel de l'éducation est considérée comme un service éducatif classiquement réservé à l'Etat et le secteur privé reste auxiliaire à celui-ci. Ce qui justifiait la couverture de l'offre et la demande éducative dans les pays Développés dominé par l'offre publique.

Contrairement à ses résultats, dans la province du Haut-Katanga; le marché éducatif est dominé par l'offre et la demande privée ensuite inondé par les acteurs privés dont la motivation reste capitaliste qui ont profité de l'insuffisance de l'offre publique. Cependant, cette offre privée est très exigeante surtout en ce qui concerne le paiement de frais pour chaque mensualité et autres droits liés à l'inscription.

Pour (Diarra, 1999); (Lange, 2002) En Afrique, la problématique de l'offre et de la demande d'éducation est encore plus récente. Ce sont les difficultés rencontrées par les pays africains pour atteindre les OMD. Selon cet auteur, le non atteint de cet objectif a nécessité une création de la dynamique nouvelle engendrant le développement d'études sur l'offre et la demande éducative qui se limite juste au niveau de nombre d'écoles en termes de capacité d'accueil par rapport à la demande.

Ce pourquoi, à notre avis l'auteur n'a pas évalué le coût d'investissement non seulement de l'offre mais également de la demande éducative contraignant à l'accès de la majorité des enfants et qui fait l'objet de la comparaison avec le bénéfice futur de celui-ci au sens de G. Becker. Ainsi, la dimension économique de la couverture de la demande éducative constitue est une préoccupation de cette recherche au vue des travaux empiriques sur le financement éducatif pour un investissement en capital humain.

Pour Marie Duru Bellat (2001), ces auteurs étudient les politiques éducatives, mais sans faire mention de cette notion. Pour eux, l'offre éducative sur le marché concerne une offre plurielle et diversifiée, aux moyens souvent disparates, ensuite aux objectifs parfois divergents. Elle s'adresse soit aux ménages salariés publics, privés, mixtes et ceux exerçant les activités libérales ensuite les apprenants. Cette offre plurielle s'inscrit au sein d'un espace social et économique. C'est pour dire que le marché éducatif est le lieu où s'opposent les positions sociales et économiques.

La position de cet auteur, considère que la scolarisation est une pratique sociale et économique essentiellement reliée à l'exercice du pouvoir tant qu'un service publique ou privé.

Ainsi, en RDC en général et particulier la province du Haut-Katanga, l'offre se présente selon le régime de gestion (il s'agit des écoles non conventionnées, conventionnées et privées), selon les filières (générale, technique et de métiers à l'exception du primaire) et selon les zones géographiques de financement dégageant les inégalités et la discrimination scolaire justifiées par les frais et autres exigences.

Selon Lange et Yaro (2003), « l'offre d'éducation renvoie aux capacités institutionnelles, aux moyens humains et matériels offerts et à leur répartition quantitative et qualitative sur le territoire national entre les différents groupes sociaux. Elle dépend étroitement des politiques de l'éducation et donc de l'environnement économique et politique global (qu'il soit national ou international), mais aussi du dynamisme de certains groupes de la société civile (confédérations religieuses, mouvements associatifs ou syndicaux, communautés villageoises ou de quartier urbain) ou de l'initiative privée des individus ».

Lorsqu'on analyse l'offre d'éducation sur le marché comme une offre économique on cherche à connaître les raisons et les conditions de la répartition de cette offre entre les différentes régions, milieux ou groupes économiques selon les sources de revenus en général et en particulier d'autres aspects sociaux et démographiques. En effet, l'offre et la demande éducative est très inégale et répartie au Haut-Katanga, notamment dans les communes, territoires, villages et villes de la province. Les disparités selon ces dernières, s'opposent entre le centre et la périphérie, où l'on remarque l'absence de l'offre privée dans les villages contrairement dans les villes, communes et territoires à forte densité démographique et l'insuffisance de celle publique au vue du revenu de différents ménages incapables d'accéder à l'offre privée aux regard les zones géographiques.

Pour cela, quels que soient le niveau et l'origine de l'offre sur le marché éducatif dans la province du Haut-Katanga, celle-ci exige un financement reconnu dans la loi cadre N°14/004 du Février 2014 au vue du financement de l'enseignement National en RDC, à son article 170 ou les écoles publiques et privées bénéficient d'un financement en termes d'autofinancement, aide extérieur, don, subvention, apport des personnes physiques et contribution des ménages et de l'Etat¹.

Par ailleurs, pour cet article notre raisonnement étant inductif; les nombreux auteurs, les lois, les arrêtés, les rapports de l'EPSP et les statistiques au-delà de l'enquête par la méthode de taux de sondage et la formule de fichier, nous ont facilité l'exploration par les écrits de cette publication. Nos analyses se limitent au niveau de la couverture de la demande éducative au primaire et au secondaire à travers la coordination centralisée et décentralisée via le financement mixte du marché de l'éducation.

Les données utilisées dans notre analyse sont issues de l'analyse de la base de données des arrêtés provinciaux, des statistiques des enfants scolarisables EPSP (2010-2020), de la loi cadre de l'enseignement national et les frais d'étude selon les zones géographiques de la province de Haut-Katanga.

Dans notre méthodologie, le suivi de la couverture de la demande éducative scolaire dans le cycle primaire et secondaire porte sur la population scolarisable ayant fréquenté le marché éducatif et terminé les deux cycles entre 2010-2020 au-delà de l'enquête sur le frais de 2019-2020. Par ailleurs, dans le rapport de l'EPSP/Haut-Katanga et les arrêtés provinciaux plusieurs points susceptibles d'expliquer la contradiction de l'inefficacité du marché éducatif au regard le financement mixte.

Cependant, les dimensions administratives, économiques et géographiques justifient le rapport de l'offre et de la demande faible malgré le financement mixte du système éducatif. Ainsi, le taux de scolarisation primaire de 55% et secondaire de 43,5% n'est qu'une conséquence d'un marché déséquilibré et discriminatoire au vue de la fixation des frais scolaires.

2 LE FINANCEMENT EDUCATIF

Le financement éducatif² constitue toutes ressources allouées à l'investissement humain, physique et matériel permettant à offrir et d'organiser la formation des apprenants dans un système éducatif. Ces ressources peuvent être financées par plusieurs acteurs qui par ailleurs, dans le cadre de la réalisation des objectifs d'EPT, le Gouvernement a signé un protocole d'accord avec les cinq parrains de l'EPT.

Les principaux acteurs du marché éducatif sont: l'Etat, les partenaires techniques et financiers, les Confessions religieuses, les ménages, les personnes physiques et les entreprises. Ainsi, l'analyse économique de l'offre se résume à travers le financement public, privé et mixte éducatif tant interne qu'externe.

¹ Loi Cadre de l'Enseignement National 2014 portant sur le financement de l'éducation Nationale à son Article 169 ; 170 jusqu'au 174 ; démontre les sources d'investissement physique au vu de l'offre tant publique que privée terme de subvention, apport de personne physique, entreprises, Etat, aide extérieur, don, lègue, et la contribution de ménage.

² Le financement éducatif sont des ressources issues des individus, des entreprises ou institution financière, de l'Etat et aide extérieur destinées aux investissements physiques capables à couvrir la demande éducative selon les objectifs assignés par la politique éducative du pays.

2.1 LE FINANCEMENT PUBLIC DE L'ÉDUCATION

Le financement public des dépenses de l'éducation revient au pouvoir public de prendre en charge le financement physique, matériel et prise en charge de salaire de personnel tant au niveau primaire que secondaire en vue de répondre à la demande éducative. Cependant, les ressources consacrées au financement de l'éducation par le pouvoir central et non accompagné par celui décentralisé sont relativement faibles en moyenne 1,5% des richesses de l'Etat.

Pour la province de Haut-Katanga, le financement public est essentiellement affecté au paiement des salaires du personnel, de fonctionnement et d'investissement physique pour les écoles publiques et conventionnées par le Gouvernement Central et provincial pour scolariser les enfants. Pour ce qui concerne, les dépenses du pouvoir Central pour financer les investissements physiques, matériel et prise en charge de personnel enseignant et administratif est passée respectivement de 15 865 326 012 FC en 2010 à 33 280 121 018 FC en 2020 ensuite le Gouvernement provincial respectivement en 2010 à 1 322 110 501 FC à 2 773 343 318 FC en 2020.

Les dépenses publiques d'éducation s'élèvent à un peu plus de 17 187 436 513 de Francs congolais en 2010, en valeurs nominales, elles ont été doublée soit à 36 053 464 336 FC depuis 2020. En termes réels, la progression sur la période, est beaucoup plus modeste, d'un facteur lié à la gratuité en 2019- 2020.

Pour être claire, ces financements physiques dans la province du Haut-Katanga sont restés constants et regroupés selon les zones géographiques en quatre catégories à savoir:

- La première catégorie concerne les écoles tant primaires et secondaire qui étaient construites en matériaux durables avant 2010 et 2020 au nombre respectif au primaire et secondaire de 336 écoles contre 270 écoles dont le coût d'investissement supporté par le pouvoir central et provincial estimé en moyenne respectivement d'ordre de 124 380\$ contre 186 400 \$ par école au primaire et au secondaire;
- La deuxième catégorie concerne celles jadis construites en matériaux semi-durable avant 2010 et 2020 au nombre respectifs au primaire et secondaire 836 écoles contre 569 écoles dont le coût d'investissement supporté par le pouvoir central et provincial estimé en moyenne respectivement d'ordre de 35000\$ contre 54 300\$ par école au primaire et de au secondaire;
- La troisième catégorie concerne celles construites en terre battue avant 2010 et 2020 au nombre respectivement au primaire et secondaire 310 écoles contre 240 écoles dont le coût d'investissement supporté par le pouvoir central et provincial estimé en moyenne respectivement d'ordre de 5 450\$ contre 7 600\$ par école au primaire et au secondaire;
- La quatrième catégorie est celle se rapportant aux écoles construites en matériaux en paille feuillage en 2020 au nombre respectivement au primaire et secondaire 342 écoles contre 235 écoles dont le coût d'investissement supporté par le pouvoir central et provincial estimé en moyenne respectivement d'ordre de 850\$ contre 1510\$ par école au primaire et au secondaire.

2.2 LE FINANCEMENT PRIVÉ

Le financement privé de l'offre éducative traditionnellement s'effectue d'une part par les promoteurs d'écoles (les individus), et d'autre part les confessions religieuses, les entreprises et les institutions financières. De nos jours, dans la province du Haut-Katanga; les Promoteurs d'écoles, les ménages, les entreprises et les apprenants constituent une source de financement physique pour le secteur éducatif au vu des Arrêtés provinciaux fixant les différents frais scolaires comme c'est le cas de la province du Haut-Katanga pendant notre période d'étude.

Dans le contexte de la province du Haut-Katanga; constatons une prolifération de l'offre privée dans les grandes agglomérations au détriment de la périphérie. Ceci justifie la pensée de Friedman, laquelle considère que l'offre publique n'offre pas nécessairement un capital physique et humain de qualité. Par ailleurs l'offre éducative constitue une activité génératrice de profit et apporte des bénéfices monétaires élevés à celui qui l'a investi.

Il sied d'ajouter du point de vue financement physique privé dans la province du Haut-Katanga, celui-ci est regroupé selon les zones géographiques en quatre catégories qui accroisse chaque année contrairement à celle publique.

2.3 LE FINANCEMENT MIXTE

L'offre éducative a donné lieu à un partenariat public-privé très actif comme en témoigne la part de l'enseignement privé dans la scolarisation des élèves. La majorité des écoles conventionnées sont subventionnées par l'État et celles publiques conférées à la confession religieuse, c'est-à-dire, elles qui reçoivent un financement de l'Etat pour les investissements physiques, le salaire du personnel et pour subvenir aux besoins du fonctionnement d'une part et d'autre part l'offre privée réalisée par les promoteurs d'écoles, entreprises et confessions religieuses constitue un financement d'ordre mixte.

Cependant, les modèles de financement de l'offre éducative tendent à se différencier en fonction des niveaux d'éducation concernés, le financement de l'offre privée représente une part croissante dans l'allocation des ressources et la combinaison entre secteur public et privé est au profit de modes de financement de l'offre et de gestion mixtes.

Partout, l'organisation même des systèmes éducatifs évolue, sous l'effet d'une concurrence accrue et de l'introduction de nouvelles logiques inspirées des mécanismes du marché. Ces innovations entraînent une redéfinition du rôle et des moyens d'action de l'État qui à la fois les pilote, arbitre et garantit l'équité. Il redéfinit en conséquence son organisation, ses interventions financières et sa production de réglementation.

Cependant, la croissance rapide des effectifs scolarisés, à tous les niveaux et dans tous les pays, fait peser une lourde charge sur les ressources nationales, plus particulièrement sur les budgets publics, et conduit à rechercher des sources complémentaires de financement pour faire face à la couverture d'une demande scolaire qui augmente chaque décennie. Sur ceux, plusieurs politiques menées, durant les dernières décennies dans différents contextes nationaux ont pour objectif de maintenir ou accroître les ressources consacrées à l'offre éducative afin de couvrir la demande des enfants à l'âge de scolarité conformément à l'objectif EPT.

De toutes les offres physiques et matérielles, il se dégage un effectif scolarisé au vue de l'offre mixte réparti selon les zones géographiques, les frais de scolarité et les filières retenues en cinq catégories. Les courbes et pyramides évolutives des effectifs des élèves inscrits et scolarisés par catégories se présentent comme suit:

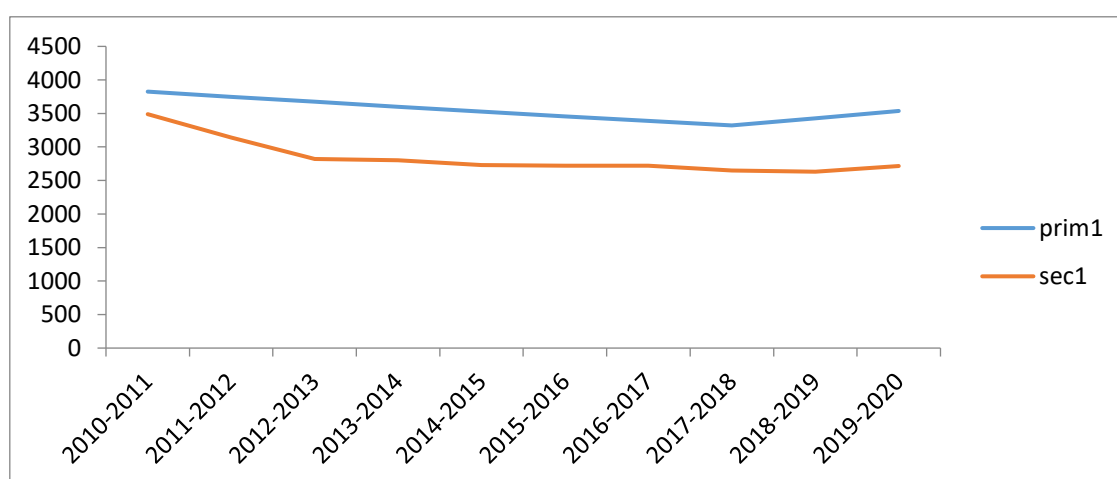


Fig. 1. Graphique de courbe évolutive des effectifs d'élèves aux cycles primaire et secondaire dans la catégorie 1

Source: L'auteur

Dans cette catégorie les effectifs des élèves du cycle primaire sont supérieurs à ceux du secondaire. Cependant, la tendance générale est sur une longue période descendante. On observe une remontée sur les deux dernières années scolaires de suite de la mesure de la gratuité de l'éducation au primaire. Ceci justifie le financement physique et matériel de l'offre par rapport à la capacité d'accueil en termes des infrastructures.

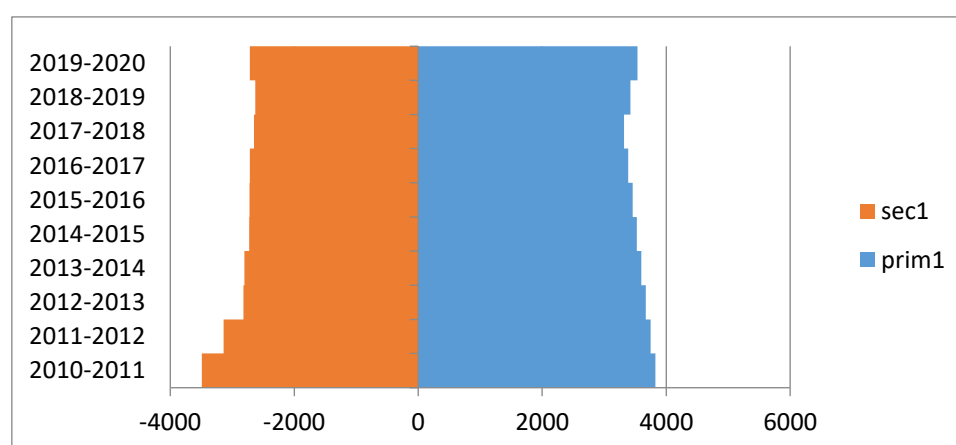


Fig. 2. La pyramide des effectifs des élèves du primaire et secondaire pour la catégorie 1

Source: L'auteur

Cette pyramide montre l'évolution de effectifs des élèves de la première catégorie tant au primaire qu'au secondaire. Au vue de ce graphique on peut postuler en terme de capacité d'accueil des effectifs scolarisé ainsi que des infrastructures scolaires qui au primaire bien que supérieur par rapport au secondaire, entre 2019 et 2020 le nombre d'enfants scolarisés et des classes se sont améliorés au vue de la forte pression démographique aussi grâce la gratuité au primaire qui a entraîné l'affectation du revenu jadis affecté par les ménages au primaire aujourd'hui au le secondaire.

D'une manière globale, le financement physique mixte dans la province du Haut-Katanga est regroupé selon les zones géographiques en quatre catégories à savoir:

- La première catégorie concerne les écoles tant primaires et secondaire en matériaux durables entre 2010 et 2020 au nombre respectivement au primaire et secondaire 452 écoles contre 519 écoles dont le coût d'investissement supporté par le pouvoir central, provincial autres partenaires estimé en moyenne respectivement d'ordre de 124 380\$ contre 186 400\$ par école au primaire et au secondaire;
- La deuxième catégorie de plus concerne celles en matériaux semi-durable entre 2010 et 2020 au nombre respectivement au primaire et secondaire 1 041 écoles contre 863 écoles dont le coût d'investissement supporté par le pouvoir central, provincial et autres partenaires estimé en moyenne respectivement d'ordre de 35 000\$ contre 54 300\$ par école au primaire et de au secondaire;
- La troisième catégorie de plus concerne celles en terre battue entre 2010 et 2020 au nombre respectivement au primaire et secondaire 655 écoles contre 550 écoles dont le coût d'investissement supporté par le pouvoir central, provincial et autres partenaires estimé en moyenne respectivement d'ordre de 5 450 \$ contre 7 600\$ par école au primaire et au secondaire;
- La dernière catégorie est celle en paille feuillage entre 2010 et 2020 au nombre respectivement au primaire et secondaire 552 écoles contre 461 écoles dont le coût d'investissement supporté par le pouvoir central et provincial estimé en moyenne respectivement d'ordre de 850\$ contre 1 510\$ par école au primaire et au secondaire.

3 ANALYSE QUANTITATIVE DE L'OFFRE ÉDUCATIVE

Lorsqu'on aborde l'offre d'éducation sous l'angle de l'offre sociale, et des capacités institutionnelles de l'État et des différents acteurs intervenant dans le secteur de l'éducation, nous constatons une défaillance de l'offre d'éducation. Cette défaillance est liée à un certain nombre des facteurs. Il s'agit de l'inefficacité d'allocation des ressources consacrées à l'investissement physique de l'éducation et à la gratuité dans le Haut-Katanga. Cependant, le faible nombre d'écoles publiques dégagent un nombre de personnel non mécanisé, la pénurie d'enseignants, d'infrastructures scolaires, de matériels didactiques et pédagogique.

Par ailleurs, il s'observe une contradiction entre les dépenses mixtes d'éducation d'investissement physiques et le rendement en termes de taux d'accès et d'achèvement scolaire. Cela signifie que les ressources consacrées aux matériaux éducatifs, aux supports pédagogiques, aux infrastructures scolaires et au développement professionnel des enseignements sont trop faibles pour assurer une offre éducative de masse.

En plus de la mauvaise gestion des ressources, nous avons aussi la mauvaise allocation des ressources de l'éducation entre les différentes villes, communes et territoires (sous-division) créant un déséquilibre lié à la carte scolaire; les unes déjà favorisées par l'offre d'éducation continuent toujours à recevoir plus de ressources en terme des investissements physiques tant publics que privés que les autres défavorisées par exemple certaines communes, villes et territoires continuent toujours d'être dotées d'écoles publiques et privées alors que celles périphériques n'en disposent pas.

Lorsqu'on évoque la question des infrastructures scolaires en matière d'offre éducative, on fait référence aux écoles, aux salles de classe, aux matériels pédagogiques et mobiliers. Ainsi, l'analyse de l'offre publique et privée d'éducation (infrastructures scolaires) montre une mauvaise répartition de l'offre à travers la province du Haut-Katanga. En effet, l'absence d'infrastructures scolaires rend difficile voire impossible la scolarisation des enfants. Cependant, l'une des conséquences de la défaillance de l'offre scolaire est le recours à la double vacation (une salle de classe utilisée par un groupe d'élèves le matin et par un autre groupe d'élèves l'après-midi), des effectifs pléthoriques dans les salles de classe (en moyenne, 64 élèves par classes supérieur au ratio traditionnel) dans les écoles publiques, une résultante de la gratuite; constituent des éléments qui influencent les résultats scolaires des enfants ainsi que leur scolarisation.

Selon le rapport de l'EPSP 2019, la question de l'offre éducative au Haut-Katanga, souffre d'un manque d'enseignants en termes de quantité et de qualité au regard du ratio élève/Enseignant et eu égard à la gratuité au vu le nombre d'élève dans les classes des écoles publiques et privées.

Dans l'optique de l'éducation pour tous, depuis deux décennies on a consenti d'importants efforts en matière d'offre éducative (augmentation du nombre d'enseignants). Officiellement, 13379 et 25097 enseignants entre 2010 et 2020 soit une augmentation de 11718 Enseignants au total.

4 ANALYSE DE LA DEMANDE D'ÉDUCATION

L'analyse de la demande d'éducation est appréhendée comme le dénombrement des enfants à l'âge légal et illégal de scolarité. Les enfants des différents ménages sont destinés à accéder à l'éducation moyennant un financement en terme de coût direct et d'opportunité. Ces coûts sont supportés par les individus, les ménages, l'Etat et autres institutions catégorisé selon les sources des revenus, la situation démographique et sociale. Pour ce qui nous concerne au-delà de considérations sociales ou démographiques, celle économique fondée sur les théories évoquées (capital humain, croissance endogène et choix public) constitue notre cadre conceptuel sur la notion de la demande éducative.

4.1 APPROCHE ÉCONOMIQUE DE LA DEMANDE D'ÉDUCATION

L'analyse économique de la demande d'éducation de Becker, repose sur l'idée que les individus déterminent leur parcours scolaire de façon rationnelle, « en fonction du rendement de l'investissement en capital humain qu'il représente. Ce rendement est la différence entre les bénéfices de l'éducation, qui incluent notamment des revenus de travail plus élevés reflétant la productivité accrue des travailleurs les mieux formés, et les coûts de l'éducation, qui sont les deux ordres. Il existe, d'une part, des coûts "directs", frais de scolarité et d'autres dépenses nécessaires à la poursuite des études, et, d'autre part, des coûts "d'opportunité", à savoir les revenus qu'il aurait été possible de percevoir en travaillant plutôt qu'en étudiant.

Il sied de préciser selon G. Becker que pendant la période de scolarité; l'apprenant ne peut pas exercer une activité génératrice du revenu (un travail à temps plein ou partiel) tout le temps est consacré à l'éducation. Ainsi, le cas de la province du Haut-Katanga, renseigne que dans la dynamique de financement éducatif par les ménages, les apprenants exercent des activités domestiques et économiques à temps partiel. Ces dernières sont génératrices ou pas de revenus et permettent les apprenants de financer leur scolarisation. Ce qui à notre avis, constitue une nouvelle dynamique et raisonnement qui entraîne la réduction des coûts directs et d'opportunité pendant la période de scolarité. Ce qui contribue à la maximisation de gain dû à l'investissement, mais également une source supplémentaire pouvant contribuer à l'objectif EPT dans la province du Haut-Katanga.

4.2 LA SOURCE DE FINANCEMENT DE LA DEMANDE EDUCATIVE

Comme nous l'avons évoqué dans la revue de littérature, le financement de la demande relève de l'apanage et responsabilité de l'individu, du ménage, de l'Etat et d'autres institutions internes et externes. Ces différents acteurs constituent à notre avis plusieurs types de financement à savoir: public, privé, les ménages, des apprenants et mixte.

4.2.1 LE FINANCEMENT PUBLIC DE L'ÉDUCATION

Le financement public des dépenses de l'éducation revient au pouvoir public de prendre en charge la scolarisation des tous les enfants à l'âge scolaire à travers la gratuité éducative dont le bénéficiaire dans le cadre de l'enseignement universel.

Pour la province du Haut-Katanga, en dehors des charges évoquées certains frais notamment d'inscription, les kits scolaires, administratifs, d'organisation des examens des classes terminales (TNFEP et Examen d'Etat) et le frais d'étude dans les écoles publiques et conventionnées sont payées par les ménages pour rémunérer les nouvelles unités non payées par l'Etat.

4.2.2 LE FINANCEMENT PRIVÉ

Le financement privé de l'éducation s'effectue d'une part par les institutions financières selon (Friedman, 1962) soulevant l'imperfection du marché financier dans le cas où les études doivent être financées par un marché de crédit concurrentiel à travers un octroi de crédit également une bourse³. Pour le cas de la province du Haut-Katanga, certaines banques comme à titre d'exemple l'Eco Bank accorde des crédits scolaires remboursables dans un délai de 13 mois d'une somme maximale de 5000 Dollars Américain; une condition de discrimination des enfants issus des ménages pauvres.

4.2.3 LE FINANCEMENT DES MÉNAGES

Dans les pays en développement, comme ce le cas de notre province la grande majorité des ménages disposent de ressources limitées. Cette contrainte budgétaire est un frein à la scolarisation des enfants. L'imperfection du marché de crédit génère une situation

³ Le financement de la demande éducative peut se faire à travers les institutions financières comme celle de l'offre sous forme de l'octroi de la bourse scolaire à tout apprenant moyennant une garantie et remboursable avec les intérêts selon Friedman.

paradoxe alors même que le rendement de l'investissement en capital humain est très élevé. Les parents n'ont pas la capacité à court terme de financer la scolarisation de leurs enfants (Ranjan, 2011).

Pour les ménages les plus pauvres, les enfants sont utilisés dès le plus jeune âge comme main d'œuvre afin de desserrer la contrainte budgétaire de ménages et assurer la survie de celle-ci Kis – Katos (2007). Cette situation accentue la faible scolarisation des enfants des familles les plus démunies. Malgré cette contrainte des investissements en éducation peuvent être réalisés par les familles les plus pauvres. Les parents et leurs enfants peuvent s'engager dans un contrat implicite reposant sur un investissement inter-temporel. La scolarisation de l'enfant s'inscrit pour les parents dans une logique d'investissement impliquant un transfert intergénérationnel de revenus.

En première période, les parents financent l'éducation de l'enfant, et anticipent de recevoir un transfert en seconde période, c'est à dire à la vieillesse des parents une fois que l'enfant aura achevé son parcours scolaire et réalisé son insertion professionnelle, il pourra effectuer ce transfert Robert E. Lucas, (March 1993).

Comme tout investissement, l'effort financier réalisé pour scolariser des enfants va dépendre des bénéfices présents et futurs qu'il peut escompter de cet investissement en deuxième période.

4.2.4 LE FINANCEMENT DES APPRENANTS

Pour les ménages les plus pauvres le travail de certains enfants peut être utilisé pour financer l'éducation des enfants de la fratrie. Le chef de famille décide alors que certains enfants suivront le système scolaire alors que d'autres contribueront économiquement au revenu du ménage.

Les stratégies d'investissement en éducation retenues par les parents sont donc fortement influencées par les caractéristiques du ménage mais également par les caractéristiques de la fratrie. Étant donné que les gains potentiels de l'éducation d'un enfant peuvent être différents selon son sexe, le nombre de ses frères et sœurs et le rang de l'enfant dans la fratrie, une rivalité peut s'instaurer entre eux pour l'accès à l'éducation. Outre ce système de fratrie, les apprenants dans le contexte actuel en exerçant une activité économique, certains arrivent à financer la totalité ou une part considérable des exigences scolaires. Ainsi, dans la Haut-Katanga en particulier, cette nouvelle catégorie d'acteur qui financent l'éducation entre dans la dynamique financement de ménages et se greffent aux acteurs traditionnels qui financent l'éducation et accroissent le taux d'accès éducatif qui est considéré comme notre objet de cette recherche.

4.2.5 LE FINANCEMENT MIXTE

La demande éducative a donné lieu à un partenariat très actif entre les ménages, entreprises, l'Etat et autres institutions dans le financement de la scolarisation des élèves. Tel est le mode de financement du système éducatif congolais en particulier du Haut-Katanga qui est soumis à une vérification de l'accessibilité des enfants à l'éducation.

D'où la nécessité de présenter les différents coûts directs de financement de la demande éducative mixte selon les zones géographiques et les frais de scolarité:

Tableau 1. Les catégories de frais scolaire dans le Haut-Katanga regroupé selon les tranches

Catégories	Tranche de frais en CDF	Tranche de frais en USA	Total tranche l'an CDF	Total tranche l'an USA
1 ^{ère} Catégorie	2 000 fc à 20 000 fc	1\$ à 10\$	18 000fc à 180 000 fc	9\$ à 90\$
2 ^{ème} Catégorie	20 000 fc à 50 000 fc	10\$ à 25\$	180 000fc à 450 000 fc	90\$ à 225
3 ^{ème} Catégorie	50 000 fc à 100 000 fc	25\$ à 50\$	450 000 fc à 900 000fc	225\$ à 450\$
4 ^{ème} Catégorie	100 000 fc à 200 000 fc	50\$ à 100\$	900 000 fc à 1 800 000 fc	450\$ à 900\$
5 ^{ème} Catégorie	200 000 fc et plus	100\$ et plus	1 800 000 fc et plus	900\$ et plus

Source: L'auteur sur base des données de terrain.

Ce tableau nous renseigne la catégorisation de frais selon les zones géographiques et filière au secondaire tant dans les écoles privées que publiques. Il se dégage cinq catégories en tranche selon qu'on se trouve dans n'importe quel sous division (Lubumbashi 1; 2; 3; 4 et 5, Likasi 1et 2, Kambovo, Kasenga, Mitwaba, Kipushi, Sakanya et Pweto) au vue de l'administration scolaire. Mais, il sied de signaler dans une sous division l'on retrouve les différentes écoles ayant toutes les cinq catégories de frais fixé en tranche. Ainsi, au regard de chaque catégorie ces tranches nous ont aidé à déterminer la moyenne de frais selon bien attendu chaque catégorie enfin de ressortir le coût de financement pour chaque catégorie ou zone géographique.

Tableau 2. Les catégories des frais liés à l'inscription scolaire Dans le Haut-Katanga regroupé selon les tranches de coûts

Catégorie	Tranche de frais liés à l'inscription en cdf l'an	Tranche de frais liés à l'inscription en usa l'an
1 ^{ière} Catégorie	1500 fc à 15 000fc	0,75\$ à 7,5\$
2 ^{ème} Catégorie	15 000fc à 25 000fc	7,5\$ à 12,5\$
3 ^{ème} Catégorie	25 000fc à 50 000fc	12,5\$ à 25\$
4 ^{ème} Catégorie	50 000fc à 100 000fc	25\$ à 50\$
5 ^{ème} Catégorie	100 000fc et plus	50\$ et plus

Source: L'auteur sur base des données de terrain.

Comme dans tout environnement, la demande éducative exige certains préalables notamment ceux liés à l'inscription dans une école selon les zones géographiques et filières organisées. Cependant, dans la Province du Haut-Katanga; ces frais ne sont pas homogènes ce qui nous a permis de les présenter par tranche en cinq catégorie allant de 15 000 FC à 100 000 FC et plus afin de dégager la moyenne qui aidera à déterminer coût pour chaque catégorie.

Tableau 3. Les catégories des frais liés à l'achat de kits scolaires dans le Haut-Katanga regroupé selon les tranches de coûts

Catégorie	Tranche de frais liés au kits scolaire en cdf l'an	Tranche de frais liés au kits scolaire en usa l'an
1 ^{ière} Catégorie	15 000fc	7,5\$
2 ^{ème} Catégorie	20 000fc	10\$
3 ^{ème} Catégorie	30 000fc	15\$
4 ^{ème} Catégorie	60 000fc	30\$
5 ^{ème} Catégorie	110 000fc	55\$ et plus

Source: L'auteur sur base des données de terrain.

Le financement de l'éducation exige aussi en amont l'acquisition de fourniture scolaire notamment les cahiers, les uniformes, les sacs, les chaussures etc. Ceci selon notre démarche constitue un coût présenté en cinq tranches allant de 15 000 FC à 110 000 FC et plus.

Tableau 4. Les frais liés à l'Etat et quotité de l'inspection dans le Haut-Katanga regroupé selon les tranches au vue des zones géographiques et filières

Catégorie	Tranche de frais de l'Etat et quotité en cdf	Tranche de frais de l'Etat et quotité en usa	Total tranche l'an cdf	Total tranche l'an usa
Montant finalistes	40 000 fc	20\$	60 000fc	30\$
Montant autres classes	10 000fc	5\$ à	30 000 fc	25\$

Source: L'auteur sur base des données de terrain.

Ce tableau nous renseigne sur les différents frais supportés par les ménages composés de frais de l'Etat, fonds de promotion de l'éducation nationale et la part de l'administration scolaire dans les écoles privées que publiques jadis et aujourd'hui en 2019-2020 seulement les écoles privées payé en trois trimestre pour les finalistes et autres classes respectivement d'ordre de 30\$ et 25\$ l'an.

Tableau 5. Les frais liés aux examens de finaliste du primaire et secondaire dans le Haut-Katanga

Catégorie	Les frais liés examens en CDF	Les frais liés examens en USA	Total l'an en CDF	Total l'an en USA
Primaire	10 000fc à 60 000fc	5\$ à 30\$	30 000fc à 80 000 fc	15\$ à 40\$
Secondaire	20 000fc à 200 000fc	10\$ à 100\$	60 000fc à 250 000fc	30\$ à 125\$

Sources: EPSP Haut-Katanga

Au vue de ce tableau, il se dégage pour les finalistes du primaire un montant allant de 30 000 FC à 80 000FC à payer pour passer les examens de test national de fin examen primaire (TENAFEP) et secondaire entre 60 000 FC et 250 000 FC pour les examens d'Etat et autres épreuves de l'année.

Au vue de ces différents évoqués ci-haut, il est question d'identifier les déterminants expliquant la faiblesse de la demande éducative au regard le financement mixte dans la province du Haut-Katanga.

Comme à travers l'analyse des indicateurs relatifs à la fréquentation scolaire des enfants dans la Province; les informations recueillis montrent que le système éducatif au Haut-Katanga est caractérisé aussi par une faible demande d'éducation par des ménages due à un certain nombre de facteurs (les facteurs d'ordres généraux et les facteurs spécifiques à chaque zone géographique).

Les facteurs d'ordres généraux renvoient aux coûts de l'éducation: coût direct et coûts d'opportunités, la mauvaise perception des valeurs de l'école par les ménages. Ce pour dire que le coût de la scolarisation est évidemment un facteur qui explique la faible demande d'éducation, plus précisément dans les territoires et villes de la province du Haut-Katanga.

Par ailleurs, les ménages se préoccupent satisfaire avant tout leurs besoins essentiels (nourritures et logements) avant d'envoyer les enfants à l'école ce qui occasionne diverses dépenses: frais de scolarité, coût des livres, des fournitures scolaires, frais de transports, frais d'habillement.

Cependant, la demande d'éducation dans la province est aussi affectée par une mauvaise perception de sa qualité et de son bénéfice. Les parents évaluent parfois la réalité du marché de l'emploi par rapport à l'apport de l'investissement de l'éducation de leurs enfants. Ils considèrent parfois à juste titre que les avantages qui peuvent découler sont trop faibles pour justifier les coûts engagés. Ils peuvent penser que les emplois offerts par l'économie ne se conforment pas des connaissances acquises à l'école, ou bien que l'obtention d'un emploi dépende davantage des relations personnelles que des compétences qui aboutissent à un déclassement, sur classement professionnel⁴ ou salarial.

Ainsi, si l'on retient 6 ans pour le primaire, 6 ans de secondaire, en supposant que l'élève n'a connu aucune perturbation sur son parcours scolaire jusqu'en sixième année d'étude secondaire on aboutit à une dépense totale (TF) moyenne de:

TF = (frais annuel primaire x 6 + frais TNAFEP) + (frais annuel secondaire x 6 + frais des Examens d'Etat). De telles sommes peuvent rapportées à dépenses courantes dans la province pour en saisir toute la portée.

Tableau 6. Dépenses moyennes des finalistes pour les deux cycles en 2019-2020

Libellé	Primaire		Secondaire					
	Public	Privé	Options générales		Options techniques		Options de métiers	
			Public	Privé	Public	Privé	Public	Privé
Frais d'inscription	10\$	20\$	20\$	25\$	20\$	30\$	20\$	35\$
Coût kit scolaire	25\$	40\$	30\$	40\$	35\$	45\$	30\$	50\$
Frais d'études	50\$	250\$	200\$	300\$	220\$	350\$	250\$	400
TNAFEP	30\$	30\$	-	-	-	-	-	-
Frais d'Etat et FPEN	20\$	20\$	20\$	20\$	20\$	20\$	20\$	20\$
Frais des imprimés de valeur	5\$	5\$	10\$	10\$	10\$	10\$	10\$	10\$
Autres frais	15\$	25\$	20\$	30\$	20\$	40\$	20\$	50\$
Frais Examen d'Etat et autres épreuves	-	-	125\$	125\$	125\$	125\$	125\$	125\$
Total	155	390\$	425\$	550\$	450\$	620\$	475\$	690\$

Source l'auteur à partir des données l'EPST Haut-Katanga

Pour scolariser dans deux types de cycles tant du secteur public que privé ensuite au secondaire selon les options l'an 2019-2020, la moyenne pour chacun est respectivement reprise dans le tableau n° 6. Pour être précis, à l'exception des frais des TNAFP et Examen d'Etat; les restes de frais sont multipliés à six selon qu'on se trouve au primaire ou au secondaire au regard les options. Cependant, les différences entre les dépenses par élève aux différents niveaux s'expliquent avant tout par des différences liées aux coûts de personnel et exigences matérielles. Bien sûr, les coûts de fonctionnement sont également plus élevés dans l'enseignement professionnel, de par son orientation nécessairement pratique, mais ce facteur n'intervient qu'en deuxième lieu dans les différences de dépense unitaires.

⁴ Déclassement consiste à placer un salarié dans une position inférieure à celle qu'il occupait suite au contradiction de son niveau d'étude et ses compétences. Un sur classement constitue une désorientation professionnelle du marché du travail contrairement à la qualification. A titre d'exemple un économiste qui travaille comme plombier.

Tableau 7. Les frais scolaires regroupés par tranches selon catégorie des zones géographiques, les cycles et filières

CATEGORIE	TRANCHE DE FRAIS EN CDF	TRANCHE DE FRAIS EN USA	TOTAL TRANCHE L'AN CDF	TOTAL TRANCHE L'AN USA
CATEGORIE I	2 000 FC à 20 000 FC	1\$ à 10\$	18 000FC à 180 000 FC	9\$ à 90\$
CATEGORIE II	20 000 FC à 50 000 FC	10\$ à 25\$	180 000FC à 450 000 FC	90\$ à 225
CATEGORIE III	50 000 FC à 100 000 FC	25\$ à 50\$	450 000 FC à 900 000FC	225\$ à 450\$
CATEGORIE IV	100 000 FC à 200 000 FC	50\$ à 100\$	900 000 FC à 1 800 000 FC	450\$ à 900\$
CATEGORIE V	200 000 FC ET PLUS	100\$ et Plus	1 800 000 FC et Plus	900\$ et Plus

Source l'auteur à partir des données l'EPST Haut-Katanga

Tableau 8. La synthèse par catégorie de frais scolaire au Haut-Katanga regroupe selon tranches de frais

Catégorie	Tranche de frais liés à l'inscription en USA l'an	Tranche de frais liés au kits scolaire en USA l'an	Total frais d'étude l'an USA	Tranche de frais de l'Etat et quotité en USA	Tranche de frais lies examens en USA	Total frais
Catégorie I	0,75\$ à 7,5\$	7,5\$	9\$ à 90\$	25\$ à 30\$	15\$ à 125\$	57,25\$ à 260\$
Catégorie II	7,5\$ à 12,5\$	10\$	90\$ à 225	25\$ à 30\$	15\$ à 125\$	147,5 à 402,5\$
Catégorie III	12,5\$ à 25\$	15\$	225\$ à 450\$	25\$ à 30\$	15\$ à 125\$	292,5\$ à 645\$
Catégorie IV	25\$ à 50\$	30\$	450\$ à 900\$	25\$ à 30\$	15\$ à 125\$	545\$ à 1135\$
Catégorie V	50\$ et plus	55\$ et plus	900\$ et plus	25\$ à 30\$	15\$ à 125\$	1 045\$ et plus

Source l'auteur à partir des données l'EPST Haut-Katanga

Les différents tableaux évoqués ci-haut sont résumé aux différentes catégories regroupées en cinq selon qu'on est au cycle primaire et secondaire, aussi selon les tranches et exigences liées notamment à l'inscription, acquisition de kits scolaires, les frais d'étude, des examens enfin les quotités en termes de la fiscalité scolaires. Dans l'ensemble, ces frais annuels sont compris entre 57,25 \$, 1045\$ et plus.

5 CONCLUSION

Pour clore cette dissertation, les résultats de l'ensemble de l'offre et de la demande liés au marché éducatif, sont tirés sur base des données statistiques, des arrêtés et documents relatifs au marché de l'éducation afin d'apprécier et relever le défi qui économique et social et le caractère de discrimination éducative.

Cependant, le marché éducatif dans la province du Haut-Katanga, est caractérisé par la participation active des différents acteurs, à savoir: L'Etat, les entreprises, les ménages, les partenaires internes et externes. De ces acteurs classiques, s'ajoute les apprenants qui joue un rôle important dans l'orientation du marché de l'éducation. Par ailleurs, les mêmes acteurs chacun en ce qui le concerne, tire son revenu pour financer ce marché en exerçant une activité dans le secteur public, privé, libéral et mixte. Nous pouvons dire qu'il s'agit d'un marché orienté vers le financement mixte de l'éducation. Pour cela, le marché dégage cinq catégories de la demande éducative fondée sur les zones géographique et administrative de la province dont sont compris selon les tranches ensuite l'offre regroupée aussi selon quatre catégories au regard de leur financement.

Constatons, que le marché éducatif dans la province du Haut-Katanga ne permet pas toute la couche sociale d'accéder à l'éducation quoi qu'économiquement la sommation des compétences et aptitudes issues du marché éducatif améliore le revenu, la productivité, la croissance économique bref le bien-être d'une nation.

Il sied d'ajouter, le risque d'échec de la couverture de la demande et l'offre éducative dans les deux cycles, est une résultante les mécanismes de coordination du marché qui tantôt centralisé et décentralisé. Cependant, l'apport des arrêtés et de la loi-cadre portant fixation des frais et la réglementation du secteur, la concurrence entre Etablissements non seulement dans la fixation de frais mais également dans la qualité de service vendu qui demeure non efficace, ce qui fragilise le marché éducatif et ne permet pas à tous les enfants de bénéficier la formation sans laquelle la province ne peut se développer.

Dans conception économique, confirmons dans cette étude que le marché éducatif regorge plusieurs défis au vue de financement de l'offre et la demande incapable d'atteindre 80% des enfants scolarisés. Celui-ci nécessite des financements supplémentaires en provenance des apprenants considéré comme bénéficiaires principaux et fiscalisation du marché pendant la scolarisation. Ceci est une réponse à la couverture de la demande éducative l'une des missions d'un marché qui passe par la coordination centralisée ou décentralisé soit hybride.

REFERENCES

- [1] Journal officiel, de la loi cadre N° 14/004 du 11 Février 2014-10-02 de l'enseignement national.
- [2] Arrêté Provincial N°2019/113/Haut-Katanga du 17 Octobre 2019 Portant modalités de mise en œuvre de la gratuité de l'éducation de base et fixation des frais scolaires pour l'année 2019-2020.
- [3] Arrêté Provincial N°2020/0031/Haut-Katanga du 06 Mars 2020 Portant fixation des frais de participation à l'examen d'Etat et au test national d'étude Primaires session 2020.
- [4] EPSP (2010-2020), l'Annuaire Statistique de l'Enseignement Primaire, Secondaire et Professionnel Haut- Katanga.
- [5] Becker.G. (1964). « Human Capital and Theoretical and Empirical Analysis »,. Columbia.
- [6] Becker G, (1994), Human Capital: A theoretical and Empirical Analysis with Special Reference to Education, University of Chicago Press, 3e Edition.
- [7] Friedman, M. (1962). The Role Of Gouvernement in Education. In capitalism and Freedom. Chicago: University of Chicago Press.
- [8] Lange, H. N. (2002). Stratégies et Capacités de financement de l'éducation de Base par les Agents Privés, un rapport préparé pour la Mission des appuis Financiers et des études économiques.Paris: DCT/F.
- [9] Ranjan. (2011). Financement Educatif et le capital humain.
- [10] Kis – Katos (2007), Travail des enfants et libéralisation du commerce en Indonésie.
- [11] Diakité Drissa (2000) La crise scolaire au Malie, Nordic Journal of African Studies 9 (3): 6-28.
- [12] Robert E. Lucas, (March 1993), "Making a Miracle", Econometrica, Vol. 61, No. 2.
- [13] Diarra et Lange (2000); Le Mali: politiques éducatives et système éducatif actuel.
- [14] Lange et Yaro (2003); L'Effectivité du droit à l'école en Afrique: les lieux du non-droit.
- [15] Robert Ballion (1982) Les consommateurs de l'école: stratégies éducatives des familles, éditions Gallimard (NRF) Paris.
- [16] Marie Duru- Bellat (2001) La dynamique des scolarités des filles: le double handicap questionné, Revue Française de Sociologie, 41-2/pp.251-280.

Evaluation des nuisances sonores chez les travailleurs de l'aéroport international de Conakry Gbessia en 2020

[Evaluation of noise pollution among workers of the international airport of Conakry Gbessia in 2020]

Habib Toure¹, Mor Ndiaye², F. Oulare¹, and Hassane Bah¹

¹Université de Conakry, Guinée

²Université de Dakar, Senegal

Copyright © 2022 ISSR Journals. This is an open access article distributed under the **Creative Commons Attribution License**, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

ABSTRACT: *Introduction:* Noise is any sound or set of sounds considered undesirable because they are disturbing or because they are likely to affect health. Continuous exposure to average noise levels of over 85dB may cause several psychophysiological disorders. Our study aimed to study the level of noise exposure and the state of hearing protection of workers at Conakry Gbessia International Airport.

Material and methods: This was a descriptive cross-sectional study lasting 6 months from January 13, 2020 to June 13, 2020. It focused on SOGEAC employees at Conakry international airport.

Results: our study involved 232 workers at Conakry airport, all exposed to noise. The study population was young with an average age of 34.84 +/- 19.84 and extremes of 18 and 57 years. The workers at Conakry airport who participated in our study were predominantly 72.73% men. The most common symptoms experienced during or after labor were wheezing / buzzing with 83.19%. All Conakry airport employees interviewed are equipped with personal protective equipment (PPE) on an annual basis, but only 36% regularly use such PPE.

Conclusion: The absence or improper use of personal protective equipment appears to be the main factor in noise pollution among Sogecac workers. However, better communication on the risks associated with noise pollution and the establishment of regular supervision of the correct wearing of PPE would improve the protection and safety of workers.

KEYWORDS: sound nuisance, workers, airport.

RESUME: *Introduction:* Le bruit est tout son ou ensemble de sons jugés indésirables parce qu'ils dérangent ou parce qu'ils sont susceptibles d'affecter la santé.

Une exposition continue à des niveaux de bruit moyens d'intensité supérieure à 85dB peut provoquer plusieurs troubles psychophysiologiques.

Notre étude avait pour objectif d'étudier le niveau d'exposition au bruit et l'état de protection auditive des travailleurs de l'aéroport international de Conakry Gbessia.

Matériel et méthodes: Il s'agissait d'une étude transversale de type descriptif qui a duré 6 mois allant du 13 janvier 2020 au 13 juin 2020. Elle a porté sur les employés de l'aéroport international de Conakry.

Résultats: Notre étude a porté sur 232 travailleurs de l'aéroport de Conakry tous exposés aux bruits. La population d'étude était jeune avec une moyenne d'âge de 34,84 +/- 19,84 et des extrêmes de 18 et 57 ans. Les travailleurs de l'aéroport de Conakry ayant participé à notre étude étaient majoritairement des hommes 72,73%. Les symptômes ressentis le plus fréquemment au cours ou après le travail étaient les sifflements/bourdonnements avec 83,19%. L'ensemble des employés de l'aéroport de Conakry interrogés sont dotés annuellement d'équipement de protection individuel (EPI) mais seulement 36% utilisent régulièrement ces EPI.

Conclusion: L'absence ou la mauvaise utilisation des équipements de protection individuelle apparaît comme le facteur essentiel des nuisances sonores chez les travailleurs de l'aéroport.

Cependant une meilleure communication sur les risques liés aux nuisances sonores et la mise en place d'une supervision régulière du port correcte des EPI permettrait l'amélioration de protection et la sécurité des travailleurs.

MOTS-CLEFS: nuisance sonore, travailleurs, aéroport.

LISTE DES ABRÉVIATIONS

Db:	Décibels
EPI:	Equipement des Protection Individuel
F:	Fréquence
HTA:	Hypertension Artérielle
HZ:	Hertz
OMS:	Organisation Mondiale de le Santé
PEB:	Plan d'Exposition au Bruit
PGS:	Plan de Gene Sonore
PICB:	Protection Individuelle contre le Bruit
TSA	Traumatisme Sonore Aigue
W:	Watts

1 INTRODUCTION

Le bruit est tout son ou ensemble de sons jugés indésirables parce qu'ils dérangent ou parce qu'ils sont susceptibles d'affecter la santé [1].

Une exposition continue à des niveaux de bruit moyens d'intensité supérieure à 85dB peut provoquer plusieurs troubles psychophysiologiques [2].

Selon l'Organisation mondiale de la santé (OMS), les troubles du sommeil sont la conséquence la plus grave du bruit de l'environnement en Europe occidentale avec des effets de nuisance variable, en fonction de leur nature, de la durée de l'exposition et des facteurs individuels [2].

L'impact de l'exposition au bruit des aéronefs sur la santé est une préoccupation croissante en raison de l'augmentation régulière du nombre de vols [3].

Le bruit des aéronefs est la troisième source en importance, après le trafic routier et le bruit ferroviaire, affectant l'exposition humaine au-dessus des niveaux considérés comme gênants ou ayant des effets néfastes sur la santé [4].

En France, une étude évaluant le lien entre l'exposition au bruit des avions et les problèmes de santé psychologiques chez les populations vivant à proximité des aéroports a rapporté une association entre la gêne causée par le bruit des avions et les problèmes psychologiques de santé [5].

Les enquêtes réalisées dans le cadre de la surveillance des risques professionnels montrent que près de 7 % des salariés sont exposés à des intensités élevées de bruit [6].

Une étude néo-zélandaise a rapporté une prévalence de 17% de nuisances sonores graves causées par le bruit des avions [7,8 9]; les atteintes auditives liées au bruit étant latentes, elles sont découvertes soit lors d'un dépistage systématique, soit à un stade relativement évolué quand la gêne fonctionnelle est patente.

C'est dans ce contexte que nous avons initié cette étude, dont l'objectif est d'étudier le niveau d'exposition aux bruits et l'état de protection auditive des travailleurs de l'aéroport international de Conakry Gbessia; de décrire ses manifestations et de proposer des stratégies de prévention efficaces et applicables à ce secteur de transport aérien.

2 MATERIEL ET MÉTHODOLOGIE

2.1 CADRE DE L'ÉTUDE

L'aéroport international de Conakry Gbessia situé dans la capitale de la République de Guinée nous a servi de cadre pour la réalisation de ce travail.

Situé dans la commune de Matoto, il a été construit vers 1945 et est idéalement placé par rapport à la ville (environ 12km du centre-ville), il s'étend sur une superficie de 115ha.

2.2 MATÉRIELS

Notre étude a porté sur les employés de l'aéroport international de Conakry Gbessia.

2.3 SUPPORT DE COLLECTE DE DONNÉES

Il comportait:

- Une fiche d'enquête pré établie à cet effet.
- Le sonomètre.
- L'otoscope.

2.4 TYPE ET DURÉE D'ÉTUDE

Il s'agissait d'une étude transversale de type descriptif et analytique d'une durée de 6mois allant du 13 janvier 2020 au 15 juin 2020.

2.5 POPULATION D'ÉTUDE

Elle était constituée de l'ensemble des travailleurs de l'aéroport international de Conakry Gbessia.

2.6 CRITÈRE DE SÉLECTION

Critères d'inclusion: Tous les travailleurs de l'aéroport de Conakry en fonction pendant la période d'enquête, qui ont accepté de participer à l'étude ont été inclus.

Critères de non inclusion: N'ont pas été inclus tous les travailleurs de l'administration de l'aéroport international de Conakry et ceux n'ayant pas accepté d'y participer.

Critères d'exclusion: Tous les travailleurs de la SOGEAC absents ou n'ayant pas accepté de participer à l'étude ont été exclus.

2.7 VARIABLES D'ÉTUDE

Les variables d'étude ont été des données quantitatives, qualitatives et personnelles.

Variables dépendantes: Le bruit.

Variables indépendantes: âge - sexe - situation matrimoniale - catégorie professionnelle - ancienneté au poste - résidence - poste de travail.

2.8 ANALYSE DES DONNÉES

Elle a été faite à l'aide du logiciel Epi- info dans sa version 7.2.2.16.

2.9 CONSIDÉRATIONS ET ÉTHIQUE

Nous avons insisté sur l'anonymat du questionnaire et le caractère confidentiel des informations fournies. Un consentement éclairé a été recueilli de la part de chacun d'entre eux avant la distribution du questionnaire.

2.10 DIFFICULTÉS ET LIMITES

- La réticence de certains employés à participer à l'étude.
- La subjectivité des répondants étaient les principales difficultés

3 RÉSULTATS ET DISCUSSIONS

Notre étude portait sur l'évaluation des nuisances sonores chez les travailleurs de la SOGEAC et elle avait pour objectif d'étudier le niveau d'exposition aux bruits et l'état de protection auditive des travailleurs de la SOGEAC.

Les travailleurs de l'aéroport de Conakry étaient majoritairement des hommes soit 72,73% contre 27,27% de femmes soit un sexe ratio de 2,63.

Tableau 1. *Caractéristiques sociodémographiques et socio professionnelles des participants*

Variable sociodémographique	Effectif	Pourcentage
Tranche âge		
Inferieur a 34	35	15,08%
35 - 44	145	62,5%
Supérieur à 45	52	22,41%
Sexe		
Féminin	64	27,27%
Masculin	168	72,73%
Poste de travail		
Opération	65	28.01
Contrôle	62	26.72
Magasin caris	37	15.94
Maintenance	43	18.53
Piste	25	10.77
Situation matrimoniale		
Célibataire	35	15.08
En couple	174	75
En famille	23	9.91
Ancienneté au poste		
Inferieur a 1 an	45	19.39
1 - 2 ans	67	28.87
Supérieur à 2 ans	43	18.53
Poste occupé		
Escale	45	19.39
Sécurité	70	30.17
Fret	69	29.74
Informatique	32	13.79

La prédominance masculine pourrait se justifier par le fait que le travail à l'aéroport implique plus de travail manuel qui demande de la force physique généralement détenue par les hommes.

Bernard C. et all en France en 2006, ont rapporté une prédominance masculine des participants avec une moyenne d'âge de 42,5 ans [8].

La source de bruit la plus représentée était le bruit de moteur d'avion 86,63%.

Tableau 2. Répartition des travailleurs selon le rythme de dotation des Équipements de protection individuelle EPI

Rythme de dotation des EPI	Fréquence	Pourcentage
Rythme de dotation des EPI	200	86,20
Fréquence d'utilisation des EPI	232	100
Régulièrement	84	36%
Parfois	148	64, %

Tableau 3. Répartition des travailleurs selon les sources de bruit

Sources de bruit	Fréquence	Pourcentage
Moteur de l'avion	201	86,63%
Autres	31	13,36%
Total	232	100%

En France Michel Vallet, dans son étude sur la gêne due au bruit autour des aéroports a rapporté que la source de bruit la plus représentée était celle des avions avec 84% [9; 11; 12].

Ce fait s'explique par le fait que l'activité principale dans les aéroports est représentée par les mouvements des avions qui produisent assez de bruit au décollage et à l'atterrissage.

Les symptômes dominants étaient essentiellement représentés par les sifflements et ou bourdonnements d'oreille avec 83,19% suivi des céphalées et de la baisse de l'audition avec des pourcentages respectifs 53,88% et 50%.

Tableau 4. Répartition des travailleurs selon la prise en compte de la visite d'embauche effectuée

Réalisation de la visite d'embauche	Fréquence	Pourcentage
Non	1	0,43%
Oui	231	99,57%
Total	232	100%

Tableau 5. Répartition des travailleurs selon les signes ressentis

Signe ressentis	Fréquence	Pourcentage
Baisse de l'audition	116	50%
Céphalée	125	53,88%
Trouble de sommeil	68	29,31%
Sifflement/bourdonnement	193	83,19%
Asthénie physique	1	0,43%
Vertige	60	25,86%
Total	232	100

En France en 2013 Nicolas Derumaux dans sa thèse de doctorat sur les nuisances sonores dans le milieu agricole a rapporté à la fin d'une journée de travail 37% d'acouphènes, 18% de baisse d'audition, et 7% de vertiges [12 13 14].

Les mouvements des avions sont une source essentielle de bruit produisant à long terme des manifestations en rapport avec une atteinte auditive (bourdonnement d'oreille, baisse de l'audition).

L'ensemble des employés de l'aéroport de Conakry interrogés étaient dotés annuellement d'équipement de protection individuel (EPI).

Seulement 36% utilisent régulièrement ces EPI contre 64% quelque fois.

Patricia C et all en 2016 ont rapporté dans leur étude sur la qualité de vie et nuisances sonores que 25% des opérateurs portaient des bouchons d'oreille pour leur protection [15; 16; 17].

Ce fait s'explique par le fait que les équipements de protection individuels sont plutôt perçus par les utilisateurs comme gênant leurs activités et de ce fait ne les utilisent que très rarement et parfois à titre dissuasif [18].

4 CONCLUSION

Les nuisances sonores participent à la détérioration de la qualité de vie au travail chez les travailleurs de l'aéroport international de Conakry Gbessia.

De par leur nature, elles présentent de nombreuses manifestations allant de la baisse de l'audition à la surdité professionnelle.

Leur prévention passe essentiellement par des activités d'information, d'éducation, de sensibilisation et de communication sur les risques liés au transport aérien.

Ceci passe aussi par le respect de l'utilisation correcte des équipements de protection individuel et collectif par les travailleurs de même qu'une bonne organisation du travail au sein de l'aéroport international de Gbessia.

REFERENCES

- [1] Définition du son n.d. <http://www.sonorisation-spectacle.org/definition-du-son.html> (accessed November 15, 2019).
- [2] Nouvelles lignes directrices de l'Organisation mondiale de la Santé sur le bruit environnemental : changement d'approche. INSPQ n.d. <https://www.inspq.qc.ca/bise/nouvelles-lignes-directrices-de-l-organisation-mondiale-de-la-sante-sur-le-bruit-environnemental-changement-d-approche> (accessed November 15, 2019).
- [3] Burgess PI, Allain TJ, García-Fiñana M, Beare N a. V, Msukwa G, Harding SP. High prevalence in Malawi of sight-threatening retinopathy and visual impairment caused by diabetes: identification of population-specific targets for intervention. *Diabet Med J Br Diabet Assoc* 2014; 31: 1643–50. <https://doi.org/10.1111/dme.12492>.
- [4] Hypoacusie due au bruit : la réglementation évolue | médecine/sciences n.d. https://www.medecinesciences.org/en/articles/medsci/full_html/2005/10/medsci20052112p1089/medsci20052112p1089.html (accessed November 15, 2019).
- [5] Noise in Europe 2014 — European Environment Agency n.d. <https://www.eea.europa.eu/publications/noise-in-europe-2014> (accessed November 15, 2019).
- [6] Ben Haj Ali E, Aouini C, Atig A, Guiga A, Bouker A, Bahri F, et al. Profil étiologique des adénopathies dans un service de médecine interne. *Rev Médecine Interne* 2018; 39: A242. <https://doi.org/10.1016/j.revmed.2018.03.254>.
- [7] LE SON n.d. <http://www.lyc-diderot.ac-aix-marseille.fr/elevs/cours/bts-tp-bat/son.htm> (accessed November 15, 2019).
- [8] C. Bernard, E. Rigaud, J.-C. Chrétien, F. Vallier, A. Adjémian. Étude du déficit auditif des gardes-chasses exposés au bruit impulsionnel lié au tir d'armes à feu 2006.
- [9] Michel Vallet. La gêne due au bruit autour des aéroports. *Acoust Tech* 2000: 26–33.
- [10] Encyclopédie de sécurité et de santé au travail - Jeanne Mager Stellman - Google Livres n.d. https://books.google.com/books?hl=fr&lr=&id=9IfNGDXh_A8C&oi=fnd&pg=PT23&dq=Encyclop%C3%A9die+de+s%C3%A9curit%C3%A9+et+sant%C3%A9+au+travail.+Volume+II+pp+:+47.2&ots=OaORVwUhaL&sig=gXWLKaGnY-TPHP3pkzupU74n4WM#v=onepage&q&f=false (accessed November 16, 2019).
- [11] SST B en milieu de travail-N de base : R. Bruit en milieu de travail - Notions de base : Réponses SST 2019. <http://www.cchst.ca/> (accessed November 16, 2019).
- [12] Nicolas Derumaux. LES NUISANCES SONORES DANS LE MILIEU AGRICOLE : ÉTUDE SONOMÉTRIQUE ET AUDIOLOGIQUE. UNIVERSITE DE LORRAINE, 2013.
- [13] Memoire Online - Etude des nuisances professionnelles dans une industrie textile - Evariste TAH. Memoire Online n.d. https://www.memoireonline.com/09/08/1530/m_etude-nuisances-pro-industrie-textile3.html (accessed November 16, 2019).
- [14] Croutte P, Lautié S. QUALITE DE VIE ET NUISANCES SONORES : OPINION ET COMPORTEMENTS DES FRANCILIENS n.d.: 102.
- [15] Patricia C Bruit. Exposition au risque - Risques - INRS n.d. <http://www.inrs.fr/risques/bruit/exposition-risque.html> (accessed November 16, 2019).
- [16] Nuisance bruit aeroport : niveau sonore avion dans les aéroports. Acnusa n.d. <https://www.acnusa.fr/fr/le-saviez-vous/le-bruit/40> (accessed November 15, 2019).
- [17] Derumaux N. Les nuisances sonores dans le milieu agricole : étude sonométrique et audiolgique 2013.
- [18] Les sons, fréquence, intensité, champ auditif, ultrasons | Cochlea n.d. <http://www.cochlea.org/entendre> (accessed November 16, 2019).

Evaluation des connaissances sur les risques professionnels et les moyens de prévention chez les pompistes des stations d'essence de Conakry en 2020

[Assessment of knowledge of occupational risks and prevention methods among pump attendants at gas stations in 2020]

Habib Toure¹, A. Diatta¹, B. Diediou¹, Mor Ndiaye², and Hassane Bah¹

¹Université de Conakry, Guinée

²Université de Dakar, Senegal

Copyright © 2022 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: *Objective:* To assess the level of knowledge on the risks and prevention methods of pump attendants.

Material and methods: This was a descriptive cross-sectional study lasting 06 months from 01 March to 30 August 2019. Our variables were clinical (occupational risk and means of prevention) and epidemiological (age - gender - marital status - level of education - length of service).

Results: In our study, the average age of pump attendants was 32.06 years. The most represented age group was 28 to 37 years old.

The means of prevention mentioned by the pump attendants were dominated by the correct wearing of clothing, i.e. 98% followed by the wearing of boots and masks respectively 95% and 47%.

The most dominant risk factor was intoxication with 123 cases or a rate of 61.5% followed by fires with 116 cases or a rate of 58%.

Conclusion: The pump attendants of gasoline service stations have insufficient knowledge of the risks and prevention methods related to hydrocarbons.

This prevention essentially involves training, information, education and communication actions on the risks associated with hydrocarbons.

KEYWORDS: occupational risks, pump attendants, prevention, assessment.

RESUME: *Objectif:* Evaluer le niveau de connaissance sur les risques et moyens de prévention des pompistes.

Matériel et méthodes: Il s'agissait d'une étude transversale de type descriptif d'une durée de 06 mois allant du 01 mars au 30 août 2019.

Nos variables ont été cliniques (risque professionnel et moyen de prévention) et épidémiologique (âge - sexe - situation matrimoniale - Niveau d'instruction - ancienneté au poste).

Résultats: Dans notre étude, l'âge moyen des pompistes était de 32,06 ans. La tranche d'âge la plus représentée était celle de 28 à 37 ans.

Les moyens de prévention évoqués par les pompistes étaient dominés par le port correct des tenues soit 98% suivis du port des bottes et des masques respectivement 95% et 47%.

Le facteur de risque le plus dominant a été l'intoxication avec 123 cas soit un taux de 61,5% suivies des incendies avec 116 cas soit un taux de 58%.

Conclusion: Les pompistes des stations-services d'essence ont une connaissance insuffisante des risques et moyens de prévention liés aux hydrocarbures.

Cette prévention passe essentiellement par des actions de formation, d'information, d'éducation et de communication sur les risques liés aux hydrocarbures.

MOTS-CLEFS: risques professionnels, pompistes, prévention, évaluation.

LISTE DES ABRÉVIATIONS

BIT	Bureau International du Travail
CIRC	Centre international de recherche sur le cancer
EPI	Equipement de protection individuelle
FSTS	Faculté des sciences et techniques de santé
INRS	Institut National de Recherche et de Sécurité
OMS	Organisation mondiale de la santé
PSE	Pompistes de station d'essence
QHST	Qualité hygiène sécurité au travail
SOSESATE	Société sénégalaise de santé au travail et environnement
TMS	Troubles musculo-squelettiques
UGANC	Université Gamal Abdel Nasser de Conakry

1 INTRODUCTION

Le carburant est une substance dont la combustion fournit de l'énergie nécessaire au fonctionnement des moteurs thermiques [1].

Le benzène est un hydrocarbure aromatique, liquide incolore et inflammable présent dans les produits pétroliers et dont l'exposition peut entraîner des effets aigus et chroniques cancérogènes ou non [2; 3; 4].

Selon l'OMS, à l'échelle mondiale, 19% des cancers peuvent être attribués à l'environnement, y compris en milieu professionnel [2].

EN 2012 dans le sud du BREZIL, MARTA REGINA CEZAR-VAZ et al, ont trouvé que les lésions de la peau était l'accident du travail le plus fréquent soit 91,4% [5].

En 2018 au CAMEROUN, DIEUBOUÉ J et al, ont trouvé que 51,3% des pompistes d'une station d'essence avaient au moins un TMS [6].

En 2012 à OUAGADOUGOU, DESSOUASSI CC et al, ont trouvé que la méconnaissance des risques professionnels était quasi-totale [7].

Les pompistes des stations d'essence sont souvent exposés à des risques professionnels importants allant de simples blessures à de graves incendies ou explosions ce qui représente une préoccupation majeure pour les organismes de sécurité sociale et de prévention des risques professionnels [7].

C'est dans ce contexte que nous avons initié cette étude, dont l'objectif est d'évaluer les connaissances des pompistes des stations d'essence sur les risques et les moyens de prévention liés aux hydrocarbures afin de proposer des stratégies de prévention efficaces et applicables à ce secteur très sensible de la vie sociale.

2 MATERIELS ET METHODE

2.1 CADRE D'ETUDE

Les stations-services de la ville de Conakry ont servi de cadre pour la réalisation de cette étude.

2.2 MATÉRIELS

2.2.1 POPULATION D'ÉTUDE

L'étude a porté sur l'ensemble du personnel des stations-services.

2.2.2 POPULATION CIBLE

Elle est constituée de tous les travailleurs des stations-services présents lors de notre étude et qui ont accepté volontairement de participer à notre étude.

2.3 MÉTHODES

2.3.1 TYPE ET DURÉE D'ÉTUDE

Il s'agissait d'une étude transversale de type descriptif d'une durée de 06 mois allant du 01 mars au 30 aout 2019.

2.3.2 CRITÈRE DE SÉLECTION

2.3.2.1 CRITÈRE D'INCLUSION

Ont été inclus dans cette étude, tous les pompistes des services de stations d'essence retenus, présents lors de notre étude et ayant accepté d'y participer.

2.3.2.2 CRITÈRE DE NON INCLUSION

N'ont pas été inclus, le personnel administratif des services de stations d'essence.

2.3.2.3 CRITERES D'EXCLUSION

Ils ont été exclus de notre étude tous les travailleurs des stations-services absents lors de l'étude ainsi que ceux n'ayant pas accepté d'y participer.

2.3.3 ECHANTILLONNAGE

Nous avons procédé à un recrutement exhaustif de tout le personnel répondant aux critères de sélection.

2.3.4 VARIABLES D'ÉTUDE

Elles ont été :

- Cliniques : risque professionnel et moyen de prévention.
- Epidémiologique : âge - sexe - situation matrimoniale - Niveau d'instruction - ancienneté au poste.

2.3.5 SUPPORTS DE COLLECTE

Nous ont servi de support:

- La fiche d'enquête individuelle préétablie.
- Les rapports de visite médicale périodique.
- Les statistiques des accidents du travail et maladies professionnelles.

2.3.6 SAISIES ET ANALYSE DES DONNÉES

La saisie et l'analyse des données ont été faite dans le logiciel épi info version 7.

Des tableaux et figures ont été réalisés pour voir la distribution du phénomène. Des tests statistiques ont été utilisés pour comparer des fréquences et des moyennes.

2.3.7 CONSIDÉRATION ÉTHIQUE

Aucune forme de pression n'a été exercée sur le personnel pour participer à cette étude; les données ont été collectées et traitées dans le strict respect de l'anonymat.

2.4 LES DIFFICULTÉS

- La réticence de certains responsables de stations-services.
- Absence de données sur les statistiques des accidents de travail et des maladies professionnelles.

3 RESULTATS ET DISCUSSION

Cette étude transversale de type descriptif a été réalisée au sein des stations-services de la ville de Conakry durant six (6) mois.

Dans notre étude, l'âge moyen des pompistes était de 32,06 ans. La tranche d'âge la plus représentée était celle de 28 à 37 ans. DIEUBOUÉ J et al, au CAMEROUN en 2018 avaient rapporté une moyenne d'âge de 32,2 ans [6].

Dans notre série le sexe masculin était le plus représenté avec 137 cas soit 68,5% Contre 63 cas de sexe féminin soit 31,5%. Le sex-ratio est de 2,17. OKAFOAGU N.C et al, à Sokoto au NIGERIA en 2017 et MOHAMED A.S ET COLL ont rapporté une prédominance masculine de 54,4% et 90,5% [8 9] dans leur étude respective chez les pompistes à MORONI (union des Comores).

Tableau 1. Caractéristiques sociodémographiques des pompistes

Variable	Effectifs	Pourcentage
Sexe	Hommes	140
	Femmes	79
	Sexe ratio H/F= 1,77	
Age (année)	20-29	27
	30-39	67
	40-49	55
	50 et plus	70
Statut matrimonial	Marié (es)	164
	Célibataires	32
	Veuf (es)	11
	Divorcé (es)	12
Niveau d'étude	Supérieur	135
	Secondaire	49
	Primaire	23
	Non instruit	12
Ancienneté au poste	0-5 ans	101
	6-10 ans	44
	Plus 10 ans	74

Cette prédominance masculine pourrait s'expliquer par les nombreuses contraintes physiques de même que les dépenses énergétiques présentes dans ce secteur et limitant le choix des femmes [10; 11].

Dans notre série la durée du travail journalier prédominante était de 8 heures par jour avec 166 cas soit un taux de 83%. MOHAMED A.S ET COLL ont rapporté dans leur étude en 2018 que 56,5% des pompistes travaillaient plus de 8 heures par jour [9].

Ce temps de travail serait conforme aux normes des horaires de travail édictées par le code du travail.

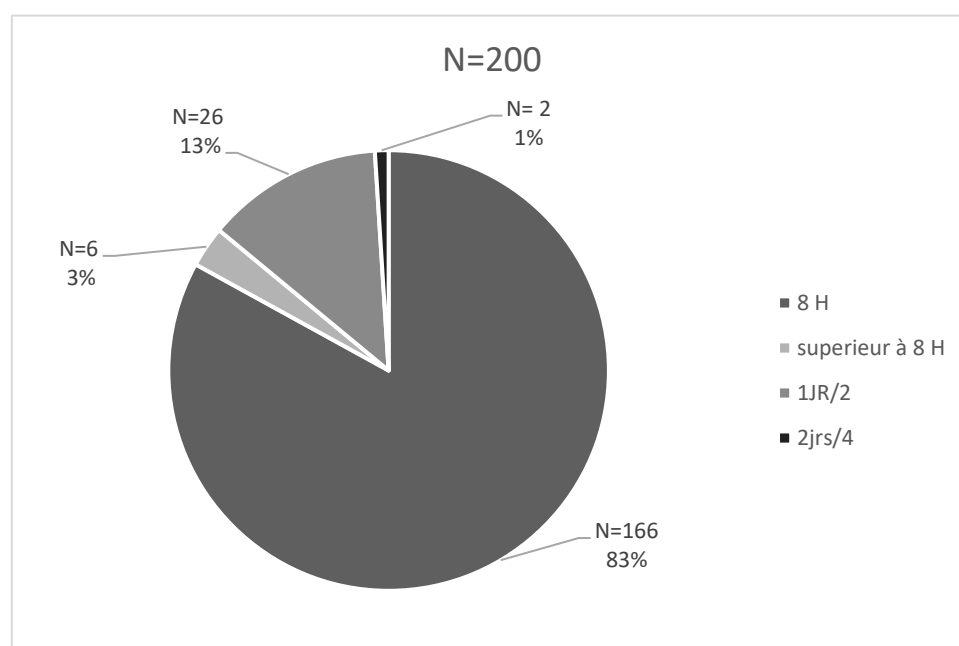


Fig. 1. Répartition des pompistes selon le nombre d'heure de travail journalier

Dans notre étude le facteur de risque le plus dominant a été l'intoxication avec 123 cas soit un taux de 61,5% suivies des incendies avec 116 cas soit un taux de 58%. MARTA R.C.V et all, au BRESIL en 2010 ont rapporté 93,7% de risque chimiques, et 88,2% des risques physiques identifiés [8; 12; 13].

Tableau 2. Répartition des pompistes selon les facteurs de risques rapportés

Facteurs de risque	Effectif	Pourcentage
Intoxication	123	61,5
Incendie	116	58
Posture contraignante	24	12
Chaleur	17	8,5
Explosion	16	8
Fumée	12	6
Mauvais d'éclairage	5	2,5

Les moyens de prévention évoqués par les pompistes étaient dominés par le port correct des tenues soit 98% suivis du port des bottes et des masques respectivement 95% et 47%.

Cette situation serait liée au fait que tous les pompistes sont tenus obligés de respecter ces mesures de prévention imposées par la direction des stations d'essence.

Tableau 3. Répartition des pompistes selon leur connaissance des composants du carburant

Composants du carburant	NBR=200	Pourcentage
Monoxyde de carbone	44	20,09%
Benzène	32	14,61%
Plomb	42	19,16%
Aucune idée	101	46,11%

Dans notre étude 46,11 % des pompistes ignoraient totalement les composants de l'essence; 20,09 % ont identifié le monoxyde de carbone; 14, 61% ont cité le benzène et 19,16% ont identifié le Plomb comme composant du carburant [14 15 16 18].

Tableau 4. Répartition des pompistes selon les signes fonctionnels relevés

Signes fonctionnels des pompistes	Effectif	Pourcentage
Arthralgie	174	87
Céphalées	119	59,5
Insomnie	41	20,5
Fatigue	33	16,5
Démangeaison	31	15,5
Stress	16	8

Ceci dénote une véritable préoccupation de santé au travail et démontre que les pompistes ne subissent que des formations axées sur la connaissance de certains moyens de prévention [19].

Tableau 5. Répartition des pompistes selon leur connaissance des moyens de prévention

Moyens de prévention	effectif	Pourcentage
Tenue	196	98
Bottes	191	95,5
Masques	94	47
Gants	92	46
Lunettes de securite	4	2

Dans notre série toutes les stations-services étaient dotées d'extincteurs et du sable, et tous les pompistes en connaissaient l'usage.

78% des pompistes ont estimé que toute incendie déclenché à moins de 50 mètres pourrait représenter un grave danger pour la station-service alors que 15% estimaient le danger même si l'incendie survenait a plus de 50 mètres.

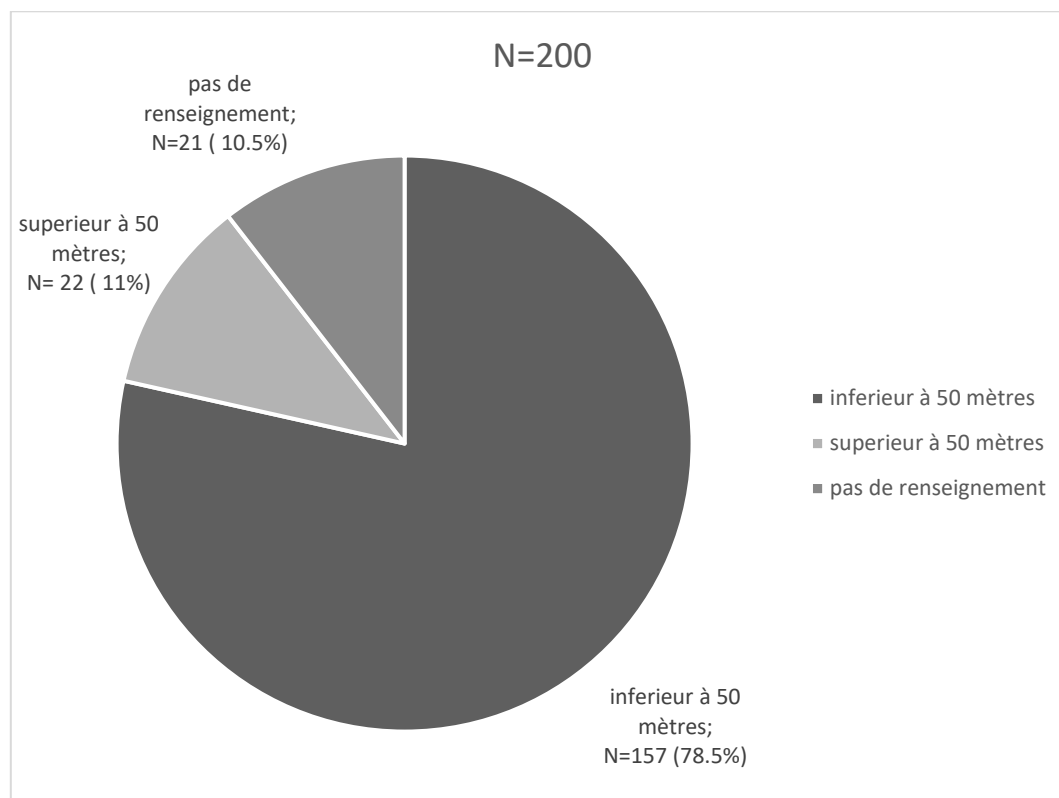


Fig. 2. Répartition des pompistes selon la distance de sécurité incendie

4 CONCLUSION

Les risques professionnels sont fréquents dans les stations-services d'essence et représentent un véritable problème de santé au travail.

Essentiellement dominés par la chaleur, la fumée des voitures, les postures contraignantes, les risques d'incendie et parfois d'explosion; ces risques entraînent le plus souvent une détérioration de la santé des pompistes.

On note également une méconnaissance totale des mesures de prévention par ces travailleurs ce qui contribue à une hausse des accidents de travail et des maladies professionnelles liées aux hydrocarbures.

Des stratégies de prévention axées sur l'information, l'éducation et la sensibilisation des pompistes doivent être envisagées afin de réduire ces risques dont les conséquences sont énormes sur leur santé.

Une bonne politique de gestion et de prévention de ces risques doit être élaborée par les divers acteurs impliqués dont le médecin du travail en charge de la santé des pompistes, de même que les instances dirigeantes de ces services de station d'essence.

REMERCIEMENTS

Nous tenons à remercier très singulièrement nos chers Maîtres les professeurs MOR NDIAYE et HASSANE BAH sans la participation desquels ce travail n'aurait jamais vu le jour.

REFERENCES

- [1] ZAKARIE MERLIN AYISSI. Université de douala-dipet II (master II) 2007. Essai d'élaboration d'un biocarburant à base de manihot esculenta grantz.
- [2] JOSIANE ROY; m. sc. chimique; IMD expert-conseil les contaminants chimique cancérigène au travail. 12 octobre 2017.
- [3] PRISCO YOUWA MOUNTAPMBEME. Exposition professionnelle chronique au benzène chez les pompistes de la ville de Yaoundé et variation de l'acide trans, transmuconique dans l'urine. 2015.
- [4] SMITH MT ET AL. Exposition au benzène et risque de lymphome non hodgkinien. 2007.
- [5] MARTA R GAUDIN R Exposition au benzène chez les mécaniciens: évaluation atmosphérique et surveillance biologique, cahier de notes documentaire – hygiène et sécurité du travail – N 188, troisième trimestre 2012.
- [6] DIEUBOU JOSEPH., KAPTUE J.S, TCHEUFFA T. E, OWONA M. J, TSACHOUA AP dépistage et évaluation des troubles musculo-squelettiques chez les travailleurs des stations-service de la ville de Douala au Cameroun – (sosesate) premier congrès international du 4 au 6 octobre 2018 au King Fahd palace hôtel, Dakar (Sénégal).
- [7] OUAGADOUGOU Z LOUIS-DAVID MALO. Mémoire sur les carburants de remplacement en Amérique du Nord. Août 1999. (crutec-1999-...alternat-1.
- [8] OKAFOAGU NNEKA C, MBBS; MPH; FWACP1, OCHE MANSUR O, MBBS; MPH; FWACP2, GANA GODWIN J, MBBS; FWACP1, ANGO JESSICA T, MBBS; FWACP; MPH1, YUNUSA EDZUU, MBBS; MPH; fwacp1knowledge of occupational hazards and safety practices among petrol station attendants in Sokoto metropolis, Sokoto State, Nigeria received: January 2017, accepted: July 2017.
- [9] MOHAMED Azhar Salim, DIA SA, DIABY A, ASSAENDI F, OULEDI A évaluation des connaissances sur les risques professionnels et moyens de prévention chez les pompistes à Moroni (Union des Comores). (sosesate) premier congrès international du 4 au 6 octobre 2018 au King Fahd palace hôtel, Dakar (Sénégal).
- [10] DESSOUASSI CC, GAYE FALL MC, NDIAYE M. évaluation des risques professionnels dans une station d'essence de la ville de Ouagadougou 2018.
- [11] MLE CHERRADOU GHANIA, MLE DJABOUR NASSIMA, PR. MOUSTAPHA. Analyse par CPG/SM des essences automobiles et de condensat issus du pétrole brut algérien. Université Abderrahmane Mira – Bejaia Faculté Technologie Département de Génie des Procédés. 2013.
- [12] WU, F.; ZHANG, Z.; WAN, J.; GU, S.; LIU, W.; JIN, X. genetic polymorphisms in hmt1, hogg1 and hmyh and risk of chronic benzene poisoning in a Chinese occupational population. *toxicol. appl. pharmacol.* 2008, 233, 447–453.
- [13] SAIDA BRAHIMI ET WALID HALIMI: Maîtrise des risques liés à l'activité chargement /déchargement du carburant en respectant les bases d'hygiène, de la sécurité et de l'environnement Au sein de l'entreprise NAFTAL Carburant (EL Harrach). Université M'Hamed Bougara - Boumerdes. Soutenu publiquement le 22/06/2017.
- [14] JOANA CEZAR VAZ 2 ET LETICIA SILVEIRA CARDOSO 1 Perception des risques et accidents du travail: une étude sur les travailleurs des stations-service dans le sud du Brésil Reçu le 4 mai 2012; sous sa forme révisée: 9 juin 2012 / acceptée: 27 juin 2012 / publiée: 3 juillet 2012.
- [15] INRS, les hydrocarbures aromatiques ED4226, 2ème édition. Juin 2011. 2000 ex. ISBN 978-2-7389-1909-0. www.inrs.fr.
- [16] Infante-Rivard, C.; Vermunt, JK; Weinberg, CR Excess transmission of the NAD (P) H: Quinone oxidoreductase 1 (NQO1) C609T polymorphism in families of children with acute lymphoblastic leukemia. *Am. J. Epidemiol.* 2007, 165, 1248–1254.
- [17] SMITH, MT; JONES, RM; SMITH, AH Benzene exposure and risk of non-hodgkin lymphoma. *Cancer Epidemiol. Biomark. Prev.* 2007, 16, 385-391.
- [18] R. GAUDIN ET COLL. Exposition au benzène chez les mécaniciens: Évaluation atmosphérique et surveillance biologique; cahier de notes documentaires-Hygiène et sécurité du travail-No 188, troisième trimestre 2002.
- [19] OWONA MANGA L.J, YEOU-KOUAME BROU Y. étude du stress professionnel chez les travailleurs d'une station de pompage de pétrole au Cameroun. (sosesate) premier congrès international du 4 au 6 octobre 2018 au King Fahd palace hôtel, Dakar (Sénégal).

Caractérisation du peuplement de poissons dans une lagune tropicale, le complexe lagunaire Aghien-Potou, soumise à un régime alternatif de fermeture et d'ouverture de la passe de Grand-Bassam (Côte d'Ivoire)

[Characterization of the fish population in a tropical lagoon, the Aghien-Potou lagoon complex, subject to an alternative regime of closure and opening of the Grand-Bassam pass (Côte d'Ivoire)]

Kien Kouassi Brahiman¹, Bédia Aké Théophile², Koné Naminata³, and Kouamélan Essetchi Paul²

¹Département de Biologie Animale, Unité de Formation et de Recherche des Sciences biologiques, Université Peleforo Gon Coulibaly
Korhogo, BP1328, Korhogo, Côte d'Ivoire

²Laboratoire des Milieux Naturels et Conservation de la Biodiversité, Unité de Formation et de Recherche Biosciences, Université Félix-Houphouët-Boigny Abidjan, 22 BP 582, Abidjan, Côte d'Ivoire

³Département de Sciences et Technologie, Ecole Normale Supérieure (ENS) d'Abidjan, 08 BP 10 Abidjan 08, Côte d'Ivoire

Copyright © 2022 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: Coastal lagoons maintain exchanges with marine and continental waters. These exchanges disrupt their settlement. Knowledge of the fish fauna of the Ivorian lagoons is of concern to those responsible for the development of the fishing sector. This study aims to characterize the spatio-temporal variation of the fish fauna and to identify the biological indices which determine the distribution of fish species and the state of exploitation of these fish in the Aghien-Potou lagoon complex. The fish were sampled from April 2019 to March 2021 from monthly experimental catches. Each identified specimen is weighed and measured. This study identified 54 species. This population is largely dominated by *Coptodon* and *Chrysichthys*. It is more diversified in the Aghien lagoon ($RS = 23$) than in the Potou lagoon ($RS = 13$). The Aghien lagoon communicates with the waters of the continental environment resulting in low salinity and a population with a continental or estuarine tendency. Conversely, the Potou lagoon with its communication with the sea, has a higher salinity and a population of fish with a marine or marine-estuarine tendency. The environment of the Aghien lagoon ($w = 0.082$) is more stressed than that of the Potou lagoon ($w = 0.01$). The results of this work constitute a basic element for decision-making in the quest for a strategy for the sustainable management of fisheries resources in Côte d'Ivoire.

KEYWORDS: Fish assemblage, Species diversity, Abundance, Ecological stress, Aghien-Potou lagoon, Ivory Coast.

RESUME: Les lagunes côtières entretiennent des échanges avec les eaux marines et continentales. Ces échanges perturbent leur peuplement. La connaissance de la faune ichthyologique des lagunes ivoiriennes préoccupe les responsables de développement du secteur de la pêche. Cette étude vise à caractériser la variation spatio-temporelle de la faune ichthyologique et d'identifier les indices biologiques qui déterminent la distribution des espèces de poissons et l'état d'exploitation de ces poissons dans le complexe lagunaire Aghien-Potou. Les poissons ont été échantillonnés d'Avril 2019 à Mars 2021 à partir des captures expérimentales mensuelles. Chaque spécimen identifié, est pesé et mesuré. Cette étude a permis de recenser 54 espèces. Ce peuplement est largement dominé par les *Coptodon* et les *Chrysichthys*. Il est plus diversifié en lagune Aghien ($RS = 23$) qu'en lagune Potou ($RS = 13$). La lagune Aghien communique avec les eaux du milieu continental entraînant une faible salinité et un peuplement à tendance continentale ou estuarienne. A l'inverse, la lagune Potou avec sa communication avec la mer, présente une salinité plus élevée et un peuplement de poissons à tendance marine ou marine-estuarienne. L'environnement de la lagune Aghien ($w = 0.082$) se trouve plus stressé que celui de la lagune Potou ($w = 0.01$). Les résultats de ce travail constituent un élément de base pour des prises de décision dans la quête de stratégie de gestion durable des ressources halieutiques en Côte d'Ivoire.

MOTS-CLÉS: Peuplement ichthyologique, Diversité spécifique, Abondance, Stress écologique Lagune Aghien-Potou, Côte d'Ivoire.

1 INTRODUCTION

Le déclin général des ressources naturelles est maintenant largement perçu au niveau mondial et fait l'objet d'une vaste campagne d'information. La réduction de la biodiversité des ressources aquatiques exploitées est l'un des symptômes des crises auxquelles fait face la gestion des ressources. Les travaux menés dans les milieux estuariens et lagunaires côtiers de l'Ouest Africain se sont concentrés sur la dynamique des populations et surtout des peuplements aquatiques fortement influencés par les variations physiques et écologiques de ces milieux [1]. La diversité des espèces et l'organisation des communautés sont contrôlées par de nombreux phénomènes d'origine et d'ampleur variées, naturels ou anthropiques. Le complexe lagunaire Aghien-Potou dont les nombreuses ouvertures naturelles sur le littoral ivoirien assurent l'écoulement des eaux fluviales vers la mer, est soumis à une variabilité saisonnière et inter-annuelle forte de leur environnement, provoquée le plus souvent par une modification des échanges entre eau douce et eau de mer, les peuplements de poissons peuvent évoluer selon les cas vers des composantes marines ou continentales [2], [3]. Le Comoé joue évidemment un rôle essentiel dans l'hydrodynamique de son estuaire. Il est soumis à un régime tropical de transition qui lui impose une crue unique en septembre-octobre, suivie d'un étiage en mars-avril. Les eaux de la lagune Ebrié viennent grossir le Comoé à la confluence de Moossou, et le tout est évacué en mer par l'exutoire unique du quartier France. Celui-ci sert de voie d'accès à la marée qui remonte l'estuaire créant au moins deux zones de salinité différentes: l'une à forte salinité (30 pour mille) entre la passe et la lagune Ouladine; l'autre jusqu'à la lagune Potou, de salinité plus modeste (10-13 pour mille) [4]. Dans le cadre d'une politique coloniale de grands travaux visant à doter la Côte-d'Ivoire d'infrastructures modernes de transport, un canal navigable de 2,7 km a été percé dans les cordons de Vridi détournant les eaux du Comoé et des lagunes Potou et Aghien, provoquant le confinement de l'estuaire du fleuve à Grand-Bassam. Pour maintenir durablement cette ouverture sur la mer les autorités ont adopté en 1998 un projet d'interventions et d'aménagements lourds. En s'appuyant sur les données du milieu, le présent article analyse l'enjeu et discute de la valeur des choix effectués à la lumière du code de l'environnement. La pêche en Côte d'Ivoire connaît une activité intense et constitue aujourd'hui, pour de nombreuses communautés riveraines un enjeu économique [5]. La forte demande en produits halieutiques a suscité des enjeux économiques importants, avec l'émergence de nouveaux marchés ont poussé le gouvernement à se soucier de la gestion des ressources halieutiques en exigeant une exploitation rationnelle. Face à cette menace, il sera intéressant de disposer des données sur les caractéristiques du peuplement des poissons dans le complexe lagunaire Aghien-Potou pour une meilleure planification de la gestion de cette ressource, ce qui justifie la présente étude.

2 MATÉRIEL ET MÉTHODES

2.1 ZONE D'ÉTUDE

L'étude a été réalisée dans les secteurs d'Akoyaté ($5^{\circ} 20' - 5^{\circ} 30' \text{ N}$ et $3^{\circ} 50' - 4^{\circ} 00' \text{ W}$) et de Vitré 2 ($5^{\circ} 10' - 5^{\circ} 20' \text{ N}$ et $3^{\circ} 40' - 3^{\circ} 50' \text{ W}$) du complexe lagunaire Aghien-Potou (figure 1).

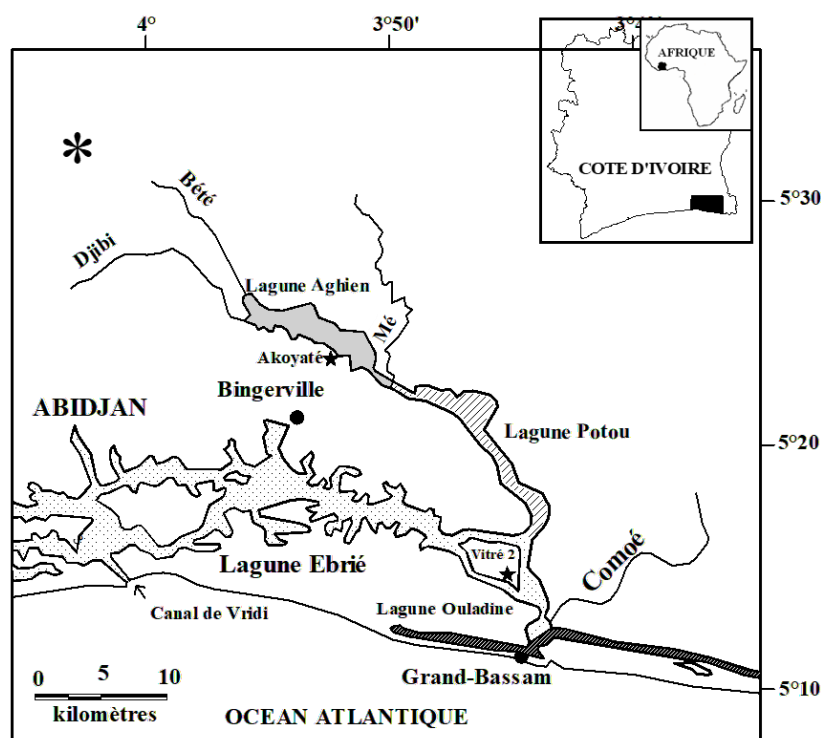


Fig. 1. Situation géographique du complexe lagunaire Aghien-Potou (Côte d'Ivoire) et localisation des stations de prélèvement, d'Avril 2019 à Mars 2021

2.2 COLLECTE DES DONNÉES

La collecte des données a été effectuée d'Avril 2019 à Mars 2021. Elles sont issues des pêches expérimentales effectuées pendant quatre jours par mois dans chaque secteur. Les filets maillants sont posés entre 8h et 9h et relevés le lendemain matin. Le choix des stations d'échantillonnage a été fait en tenant compte de l'intensité de l'activité de pêche, de la proximité du complexe lagunaire Aghien-Potou, et de son accessibilité en toute saison par la route.

2.3 EXPRESSION DES INDICES

Un premier aspect des résultats a été présenté sous forme de liste des espèces de poissons identifiés dans chaque localité.

Pour avoir une idée plus globale du peuplement de poissons du complexe lagunaire Aghien-Potou, les échantillons des différentes stations ont été regroupés par mois pour une analyse temporelle de l'ichtyofaune.

Le pourcentage d'occurrence (P.O) a été utilisé pour estimer les chances de rencontrer une espèce d'un mois à l'autre. Il a donné des informations sur la présence d'une espèce dans le temps. Les pourcentages numérique et pondéral ont été utilisés pour comparer les dominances spécifiques dans les captures.

Pour l'étude quantitative de la composition des captures, nous avons utilisé différents indices biologiques calculés à partir des effectifs. Il s'agit de l'indice de diversité (H') de Shannon [6] et l'équitabilité (E) [7].

2.3.1 RICHESSE SPECIFIQUE (RS) ET POURCENTAGE D'OCCURRENCE (P.O)

La richesse spécifique totale (RS = nombre d'espèces capturées) a été déterminée pour toute la période d'échantillonnage d'Avril 2019 à Mars 2021. La fréquence d'occurrence (F) a été obtenue en faisant le pourcentage de mois où une espèce i est échantillonnée par rapport au nombre total de mois échantillonnés. Il est calculé selon la formule suivante:

$$F = (M_i/M_t) \times 100$$

M_i = nombre de mois où l'espèce i a été capturée;

M_t = nombre total de mois prospectés.

La classification de [8] a été retenue pour la présente étude. Elle s'établit comme suit:

- 80 à 100%: Espèces très fréquentes
- 60 à 79%: Espèces fréquentes
- 40 à 59%: Espèces assez fréquentes
- 20 à 39%: Espèces accessoires
- Moins de 20%: Espèces accidentelles

2.3.2 POURCENTAGE NUMERIQUE (N) OU PONDERAL (P)

Le pourcentage numérique (N) ou pondéral (P) pour la présente étude a été calculé en faisant le rapport du nombre d'individus (n) ou de la masse d'individus (p) d'une espèce ou d'une famille sur le nombre total d'individus (N_t) ou la masse totale d'individus (P_t) multiplié par cent. Il a été calculé selon les formules suivantes:

$$N = (n/N_t) \times 100$$

$$P = (p/P_t) \times 100$$

2.3.3 INDICE DE DIVERSITE DE SHANNON (H')

Le choix de l'indice de Shannon se justifie par le fait qu'il est indépendant de la taille de l'échantillon et tient plutôt compte de l'abondance relative de chaque espèce [9]. Il a été utilisé pour observer une évolution de la faune ichtyologique du milieu d'étude au cours du temps. Il mesure également le degré d'organisation du peuplement [10]. L'expression de cet indice est la suivante:

$$H' = \sum (N_i/N) \times \log_2 (N_i/N)$$

N_i : nombre d'individus d'une espèce donnée, i allant de 1 à S (nombre total d'espèces).

N : nombre total d'individus. H' est exprimé en unités d'information par individu ou bits/individu. H' est nul si l'échantillon est composé d'une seule espèce et maximal (de l'ordre de 5) si toutes les espèces de la communauté sont également représentées dans l'échantillon [11]. L'indice de Shannon est souvent accompagné de l'indice d'équitabilité appelé également indice d'équirépartition [12].

2.3.4 EQUITABILITÉ (E)

L'équitabilité (E) permet d'étudier la répartition des abondances des espèces dans un écosystème [13]. Elle a été estimée par la formule suivante:

$$E = H' / \log_2 RS$$

Avec:

H' = indice de Shannon;

RS = richesse spécifique.

Elle varie de 0 à 1. Elle est maximale quand les espèces ont des abondances identiques dans le peuplement. Elle est minimale quand une seule espèce domine tout le peuplement. Insensible à la richesse spécifique, elle est très utile pour comparer les dominances potentielles entre les stations d'échantillonnage [14].

Le programme GWBASIC a permis de calculer l'indice de Shannon et l'équitabilité.

2.3.5 EVALUATION DU STRESS

Selon [15], [16], [17], le degré de stress d'un écosystème perturbé par les facteurs environnementaux et anthropiques peut être évalué efficacement grâce aux données de pêche expérimentale. L'état de stress du complexe lagunaire Aghien-Potou, a été déterminé par l'indice de [18], [19], noté W à partir des données de la pêche expérimentale. Il est donné par la formule suivante:

$$W = \sum_{i=1}^s \frac{(B_i - A_i)}{(50)(S-1)}$$

W: indice de stress

Ai et Bi: rang de l'espèce i (i variant de 1 à S) pour la biomasse et pour l'abondance

S: nombre d'espèces considérées. L'indice W varie de -1, lorsque la biomasse domine totalement l'abondance, à +1 dans le cas contraire.

2.4 TEST STATISTIQUES

2.4.1 TEST U DE MANN-WHITNEY

Le test U de Mann-Whitney est la plus sensible des alternatives non paramétriques au test t pour des échantillons indépendants. Dans certains cas, il est même plus puissant que le test t pour rejeter l'hypothèse nulle. Dans la présente étude, ce test a été utilisé pour comparer les différents groupes d'espèces.

2.4.2 TEST DE STUDENT

Dans le présent travail, le test de Student a permis de vérifier si les différences observées entre les indices de diversité et d'équitabilité des deux lagunes (Aghien et Potou) sont significatives ou non.

3 RÉSULTATS

3.1 STRUCTURE DU PEUPLEMENT

3.1.1 ASPECTS TAXINOMIQUES

Nos travaux ont permis d'inventorier, au niveau du complexe lagunaire Aghien-Potou, 54 espèces appartenant à 43 genres, 28 familles et 8 ordres (Tableau 1). L'ordre renfermant le plus grand nombre de familles et d'espèces est l'ordre des Perciformes avec 14 familles et 26 espèces. Les familles les mieux représentées dans le peuplement en termes de nombre d'espèces sont, par ordre décroissant, les Cichlidae (6 espèces), les Carangidae (4 espèces) et les Clariidae (4 espèces). Ensuite, viennent les Mormyridae, les Claroteidae, les Haemulidae et les Mugilidae avec 3 espèces chacune. Les autres familles sont peu diversifiées avec 2 espèces au maximum. Nos résultats montrent également que la lagune Aghien est relativement plus diversifiée (45 espèces) que celle de Potou (38 espèces). Les espèces estuariennes dominent le peuplement dans le complexe lagunaire avec un pourcentage de 44 % à Aghien et 58 % à Potou. Cette catégorie écologique est suivie par les espèces continentales en lagune Aghien (36 %) et par les espèces marines en lagune Potou (32 %).

Tableau 1. Liste des poissons échantillonnés dans le complexe lagunaire Aghien-Potou d'Avril 2019 à Mars 2021 et leurs catégories écologiques (CE)

Ordres	Familles	Espèces	Aghien	Potou	CE
Rajiformes	Dasyatidae	<i>Dasyatis margarita</i>	-	+	Em
Osteoglossiformes	Notopteridae	<i>Papyrocranus afer</i>	+	+	Co
		<i>Marcusenius furcoides</i>	+	-	Co
	Mormyridae	<i>Marcusenius ussheri</i>	+	-	Co
		<i>Petrocephalus bovei</i>	+	-	Co
Elopiformes	Elopidae	<i>Elops lacerta</i>	+	+	Me
Clupeiformes	Clupeidae	<i>Ethmalosa fimbriata</i>	+	+	Em
		<i>Pellonula leonensis</i>	+	+	Ec
Characiformes	Distichodontidae	<i>Distichodus rostratus</i>	+	-	Co
	Alestidae	<i>Brycinus longipinnis</i>	+	-	Ce
		<i>Brycinus nurse</i>	+	-	Co
Siluriformes	Hepsetidae	<i>Hepsetus odoe</i>	+	+	Co
	Schilbeidae	<i>Mormyrus rume</i>	+	-	Co
		<i>Schilbe mandibularis</i>	+	+	Ce
		<i>Clarias ebriensis</i>	+	-	Es
		<i>Clarias gariepinus</i>	+	-	Co
		<i>Heterobranchus isopterus</i>	+	-	Ce
		<i>Heterobranchus longifilis</i>	+	-	Ce
	Claroteidae	<i>Chrysichthys auratus</i>	+	-	Ec
		<i>Chrysichthys maurus</i>	+	+	Ec
		<i>Chrysichthys nigrodigitatus</i>	+	+	Ec
	Mochokidae	<i>Synodontis bastiani</i>	+	-	Co
Perciformes	Carangidae	<i>Caranx hippos</i>	+	+	Me
		<i>Trachinotus ovatus</i>	-	+	Me
		<i>Trachinotus teraia</i>	+	+	Em
		<i>Chloroscombrus chrysurus</i>	-	+	Me
	Lutjanidae	<i>Lutjanus goreensis</i>	-	+	Me
	Gerreidae	<i>Eucinostomus melanopterus</i>	+	+	Me
		<i>Gerres nigri</i>	-	+	Es
	Haemulidae	<i>Pomadasys jubelini</i>	+	+	Em
		<i>Pomadasys rogerii</i>	+	+	Mo
		<i>Plectorhynchus macrolepis</i>	-	+	Em
	Sciaenidae	<i>Pseudotolithus elongatus</i>	+	+	Em
		<i>Pseudotolithus senegalensis</i>	+	+	Ma
	Eleotridae	<i>Eleotris vittata</i>	-	+	Es
	Polynemidae	<i>Polydactylus quadrifilis</i>	+	+	Me
	Monodactylidae	<i>Monodactylus sebae</i>	+	+	Es
	Mugilidae	<i>Liza falcipinnis</i>	+	+	Em
		<i>Mugil cephalus</i>	+	+	Me
		<i>Mugil curema</i>	+	+	Em
		<i>Chromidotilapia guntheri</i>	+	-	Co
	Cichlidae	<i>Hemichromis fasciatus</i>	+	+	Ec
		<i>Sarotherodon melanothron</i>	+	+	Es
		<i>Coptodon guineensis</i>	+	+	Es
		<i>Coptodon mariae</i>	+	-	Ec
		<i>Tylochromis jentinki</i>	+	+	Es
		<i>Bathygobius soporator</i>	+	+	Es
		<i>Sphyraena afra</i>	+	+	Me
	Channidae	<i>Parachanna obscura</i>	+	+	Ce
	Paralichthyidae	<i>Citharichthys stampflii</i>	+	+	Em
Pleuronectiformes	Soleidae	<i>Synaptura lusitanica</i>	-	+	Ma
8	28	54	45	38	

Co = formes continentales occasionnelles, Ce = formes continentales à affinité estuarienne, Ec = formes estuariennes d'origine continentale, Es = formes estuariennes strictes, Em = formes estuariennes d'origine marine, Me = formes marines-estuariennes, Ma = formes marines accessoires, Mo = formes marines occasionnelles.

3.1.2 OCCURRENCE DES ESPÈCES DANS LES SECTEURS D'AKOYATÉ ET DE VITRE 2

Le tableau 2 présente la liste et les occurrences mensuelles par ordre décroissant des espèces dans les captures dans le secteur d'Akoyaté. Au total, 15 espèces présentent une fréquence d'occurrence (F) supérieure à 50 %. Elles peuvent être considérées comme permanentes. Parmi celles-ci, *Sarotherodon melanothron*, *Coptodon guineensis*, *Elops lacerta*, *Polydactylus quadrifilis*, *Tylochromis jentinki* et *Chrysichthys nigrodigitatus* présentent une fréquence supérieure à 80 %. Ces espèces sont observées presque dans toutes les saisons de captures durant les 24 mois d'échantillonnage. Douze espèces (*Pellonula leonensis*, *Chrysichthys auratus*, *Heterobranchus longifilis*, *Monodactylus sebae*, *Sphyraena afra*, *Trachinotus teraia*, *Brycinus nurse*, *Bathygobius soporator*, *Eucinostomus melanopterus*, *Caranx hippos*, *Mormyrus rume* et *Pomadasys jubelini*) avec une fréquence d'occurrence comprise entre 50 et 25 %, sont classées comme espèces accessoires dans les captures. Les huit espèces *Mugil cephalus*, *Parachanna obscura*, *Synodontis bastiani*, *Citharichthys stampflii*, *Liza falcipinnis*, *Marcusenius furcoidens*, *Pomadasys rogerii* et *Synaptura lusitanica*, qui présentent une fréquence d'occurrence inférieure à 25 % sont qualifiées d'espèces accidentelles.

Dans la lagune Potou, 12 espèces avec une fréquence d'occurrence (F) supérieure à 50 % peuvent être considérées comme permanentes (Tableau 3). Parmi celles-ci, *Chrysichthys nigrodigitatus*, *Elops lacerta*, *Coptodon guineensis* présentent une F de 100 % et sont observées pendant toutes les saisons de l'échantillonnage. Par ailleurs *Sarotherodon melanothron*, *Chrysichthys maurus*, *Ethmalosa fimbriata*, *Polydactylus quadrifilis*, présentent une F supérieur à 80 % et sont aussi observées presque dans toutes les saisons de captures durant les 24 mois d'échantillonnage. Douze espèces (*Mugil cephalus*, *Heterobranchus longifilis*, *Caranx hippos*, *Mormyrus rume*, *Pseudotolithus elongatus*, *Trachinotus teraia*, *Brycinus nurse*, *Chrysichthys auratus*, *Chromidotilapia guntheri*, *Monodactylus sebae*, *Parachanna obscura*, *Sphyraena afra*) avec une fréquence d'occurrence comprise entre 50 et 25 %, sont classées comme espèces accessoires dans les captures. Les neuf espèces *Hemichromis fasciatus*, *Bathygobius soporator*, *Pellonula leonensis*, *Synodontis bastiani*, *Citharichthys stampflii*, *Pomadasys jubelini*, *Eucinostomus melanopterus*, *Marcusenius furcoidens* et *Pomadasys rogerii*, présentent une fréquence d'occurrence inférieure à 25 %. Elles sont dites espèces accidentelles.

Tableau 2. Classification des espèces de poisson sur la base de la valeur de leur fréquence d'occurrence F (%) dans la lagune Aghien d'Avril 2019 à Mars 2021

Espèces permanentes	F (%)	Espèces accessoires	F (%)	Espèces accidentelles	F (%)
<i>Sarotherodon melanothron</i>	94	<i>Pellonula leonensis</i>	44	<i>Mugil cephalus</i>	22
<i>Coptodon guineensis</i>	94	<i>Chrysichthys auratus</i>	33	<i>Parachanna obscura</i>	22
<i>Elops lacerta</i>	89	<i>Heterobranchus longifilis</i>	33	<i>Synodontis bastiani</i>	22
<i>Polydactylus quadrifilis</i>	89	<i>Monodactylus sebae</i>	33	<i>Citharichthys stampflii</i>	17
<i>Tylochromis jentinki</i>	89	<i>Sphyraena afra</i>	33	<i>Liza falcipinnis</i>	11
<i>Chrysichthys nigrodigitatus</i>	83	<i>Trachinotus teraia</i>	33	<i>Marcusenius furcoidens</i>	6
<i>Chrysichthys maurus</i>	72	<i>Brycinus nurse</i>	28	<i>Pomadasys rogerii</i>	6
<i>Cynoglossus senegalensis</i>	72	<i>Bathygobius soporator</i>	28	<i>Synaptura lusitanica</i>	6
<i>Ethmalosa fimbriata</i>	61	<i>Eucinostomus melanopterus</i>	28		
<i>Coptodon mariae</i>	61	<i>Caranx hippos</i>	28		
<i>Chromidotilapia guntheri</i>	56	<i>Mormyrus rume</i>	28		
<i>Hemichromis fasciatus</i>	56	<i>Pomadasys jubelini</i>	28		
<i>Hepsetus odoe</i>	56				
<i>Plectorhinchus macrolepis</i>	56				
<i>Schilbe mandibularis</i>	50				

Tableau 3. Classification des espèces de poisson sur la base de la valeur de leur fréquence d'occurrence F (%) dans la lagune Potou d'Avril 2019 à Mars 2021

Espèces permanentes	F (%)	Espèces accessoires	F (%)	Espèces accidentelles	F (%)
<i>Chrysichthys nigrodigitatus</i>	100	<i>Mugil cephalus</i>	45	<i>Hemichromis fasciatus</i>	23
<i>Elops lacerta</i>	100	<i>Heterobranchius longifilis</i>	41	<i>Bathygobius soporator</i>	18
<i>Coptodon guineensis</i>	100	<i>Caranx hippos</i>	36	<i>Pellonula leonensis</i>	18
<i>Sarotherodon melanotheron</i>	95	<i>Mormyrus rume</i>	36	<i>Synodontis bastiani</i>	18
<i>Chrysichthys maurus</i>	86	<i>Pseudotolithus elongatus</i>	36	<i>Citharichthys stampflii</i>	14
<i>Ethmalosa fimbriata</i>	86	<i>Trachinotus teraia</i>	36	<i>Pomadasys jubelini</i>	14
<i>Polydactylus quadrifilis</i>	82	<i>Brycinus nurse</i>	32	<i>Eucinostomus melanopterus</i>	5
<i>Tylochromis jentinki</i>	68	<i>Chrysichthys auratus</i>	32	<i>Marcusenius furcidens</i>	5
<i>Cynoglossus senegalensis</i>	59	<i>Chromidotilapia guntheri</i>	32	<i>Pomadasys rogerii</i>	5
<i>Hepsetus odoe</i>	55	<i>Monodactylus sebae</i>	27		
<i>Schilbe mandibularis</i>	55	<i>Parachanna obscura</i>	27		
<i>Coptodon mariae</i>	55	<i>Sphyaena afra</i>	27		

3.1.3 INDICE DE DIVERSITÉ BIOLOGIQUE

Le tableau 4 présente les variations saisonnières des richesses spécifiques et des indices de diversité, calculés sur la base des effectifs. Les valeurs enregistrées sont élevées en lagune Aghien pendant la grande saison des pluies avec RS = 25, H = 2,82 et E = 0,88. Les valeurs moyennes obtenues dans cette lagune sont 23.25 (RS), 2.74 (H) et 0.87 (E). En lagune Potou, c'est en petite saison sèche qu'on trouve les plus grandes valeurs de RS (19) et de H (2.54) avec des moyennes de 13 pour RS et de 2.09 pour H. La valeur de E la plus élevée est notée en petite saison des pluies dans cette lagune avec une moyenne 0.88. Sur l'ensemble du complexe lagunaire, les valeurs moyennes de la richesse spécifique et de l'indice de Shannon sont plus élevées en lagune Aghien. Le test-t de student, réalisé sur les différents indices montre une différence hautement significative ($p < 0,001$).

Tableau 4. Variations saisonnières de la richesse spécifique (RS), des indices de diversité de Shannon (H) et d'équitabilité (E) du peuplement ichthyologique dans le complexe lagunaire Aghien-Potou d'Avril 2019 à Mars 2021

Lagunes	Indices	GSS	PSS	GSP	PSP	Moyenne
Aghien	RS	22	24	25	22	23.25
	H	2,63	2,81	2,82	2,71	2.74
	E	0,85	0,88	0,88	0,88	0.87
Potou	RS	14	19	15	4	13
	H	2,20	2,54	2,26	1,38	2.09
	E	0,83	0,87	0,85	0,98	0.88

GSS = grande saison sèche, GSP = grande saison pluvieuse, PSS = petite saison sèche, PSP = petite saison pluvieuse

3.2 EVALUATION DES STRESS ÉCOLOGIQUES

L'analyse de la distribution comparée de la biomasse et de l'abondance montre que, dans la lagune Aghien, la distribution des effectifs (nombres d'espèces) est nettement au-dessus de celle de la biomasse (poids) (Figure 2).

Dans la lagune Potou, l'indice de stress est plus faible ($W = 0,01$). Les courbes de la distribution de l'abondance et celle de la biomasse sont pratiquement confondues (Figure 3).

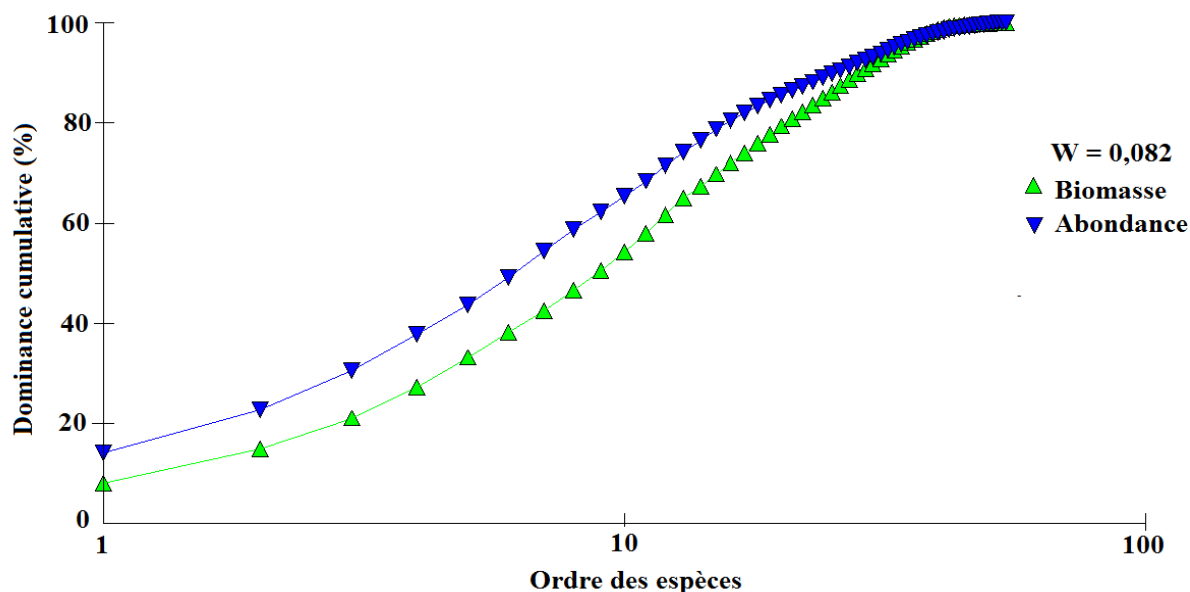


Fig. 2. Courbe de K-dominance dans la lagune Aghien d'Avril 2019 à Mars 2021

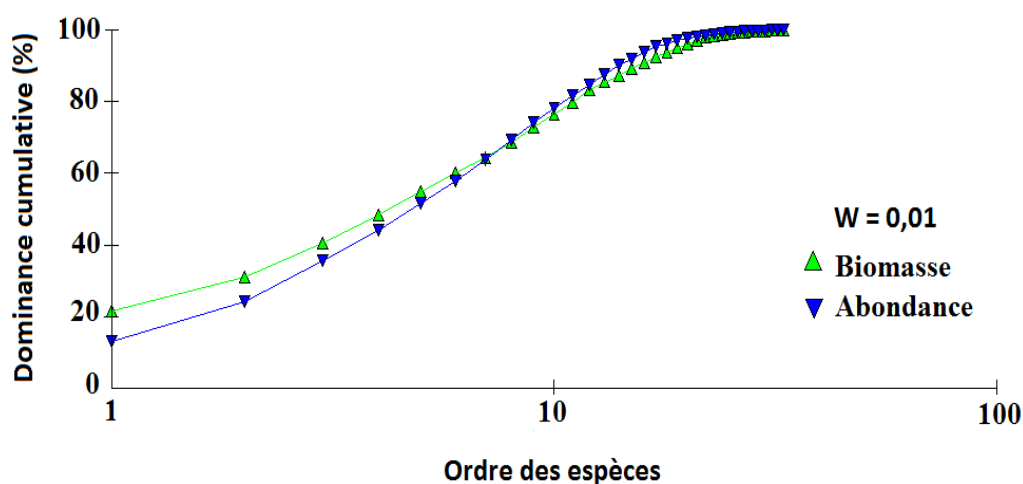


Fig. 3. Courbe de K-dominance dans la lagune Potou d'Avril 2019 à Mars 2021

3.3 CARACTÉRISTIQUES DE L'HABITAT

3.3.1 REGROUPEMENT DES SAISONS ET DES MOIS D'ÉCHANTILLONNAGE EN FONCTION DE L'IMPORTANCE DES CAPTURES

Une classification ascendante basée sur la présence/absence a été appliquée à l'ensemble des captures afin de dégager les stations présentant des populations piscicoles semblables. Le dendrogramme obtenu (Figure 4) met en évidence 2 principaux groupes de stations.

Le premier (A) regroupe les saisons et les mois d'échantillonnage de la station d'Akoyaté sur la lagune Aghien.

Le second (B) rassemble les saisons et les mois d'échantillonnage de la station de Vitré 2 sur la lagune Potou. Ce deuxième groupe est subdivisé en deux sous-groupes. Le premier sous-groupe noté B1 regroupe deux saisons hydrologiques (2GSPP et 19PSPP). La saison 2GSPP caractérise la saison des pluies et celle notée 19PSPP la période de crue du fleuve Comoé qui va de septembre à novembre. Le deuxième sous-groupe B2 englobe les saisons 5PSPP à 1GSPA. Pour chaque mois et pour chaque saison les captures varient d'Akoyaté à Vitré 2.

3.3.2 REGROUPEMENT DES ESPÈCES EN FONCTION DE L'IMPORTANCE DES CAPTURES

Une seconde analyse basée sur la matrice présence/absence, a mis en évidence 3 catégories d'espèces (Figure 5):

- La catégorie I1 comprend les espèces présentes toute l'année dans le complexe lagunaire Aghien-Potou. Cette catégorie se scinde en 3 sous-catégories.

La première comprend les formes exclusivement estuarienne: *Monodactylus sebae*, *Tylochromis jentinki*, *Coptodon guineensis*, *Sarotherodon melanotheron* et *Chrysichthys nigrodigitatus*.

La seconde renferme les formes marines estuariennes: *Polydactylus quadrifilis*, *Elops lacerta*.

La troisième englobe les formes estuariennes d'origine marine: *Trachinotus teraia*, *Pseudotolithus elongatus*, *Ethmalosa fimbriata* et *Cynoglossus senegalensis*.

- La catégorie I2 comprend les espèces d'eaux douces. Cette catégorie est subdivisée en deux sous catégories: les formes occasionnelles et les formes permanentes.

La forme occasionnelle comprend les espèces dont la présence exceptionnelle dans les eaux saumâtres est toujours limitée dans le temps (temps d'inondation) et dans l'espace (parties supérieures de la lagune). Il s'agit de *Papyrocranus afer*, *Distichodus rostratus*, *Synodontis bastiani*, *Marcusenius ussleri*, *Petrocephalus bovei*, *Chromidotilapia guntheri* et *Brycinus nurse*.

La forme permanente regroupe les espèces tolérantes aux faibles salinités (< 5 ‰). Ce sont *Hemichromis fasciatus*, *Chrysichthys auratus*, *Tilapia mariae*, *Chrysichthys maurus* et *Schilbe mandibularis*. Ces espèces sont nombreuses dans le secteur de vitré 2 pendant les crues du fleuve Comoé (septembre à novembre) qui coïncide avec la grande saison de pluie.

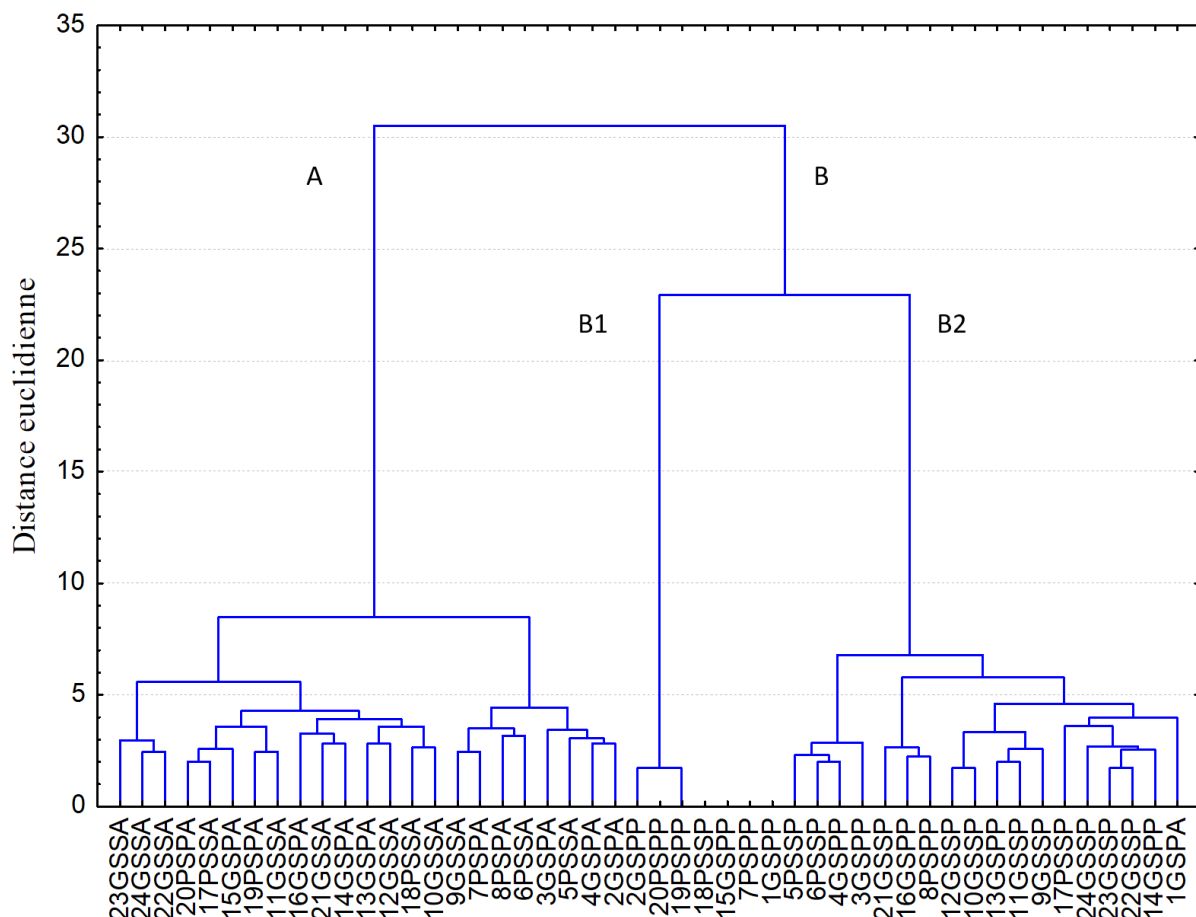


Fig. 4. Répartition des différents secteurs hydrologiques du complexe lagunaire Aghien-Potou à partir du dendrogramme des similitudes inter-mensuelles basées sur la distance euclidienne et la méthode de Ward

A = Secteur Akoyaté (Lagune Aghien), B = Secteur Vitré 2 (Lagune Potou), GSS = grande saison sèche, GSP = grande saison pluvieuse, PSS = petite saison sèche, PSP = petite saison pluvieuse

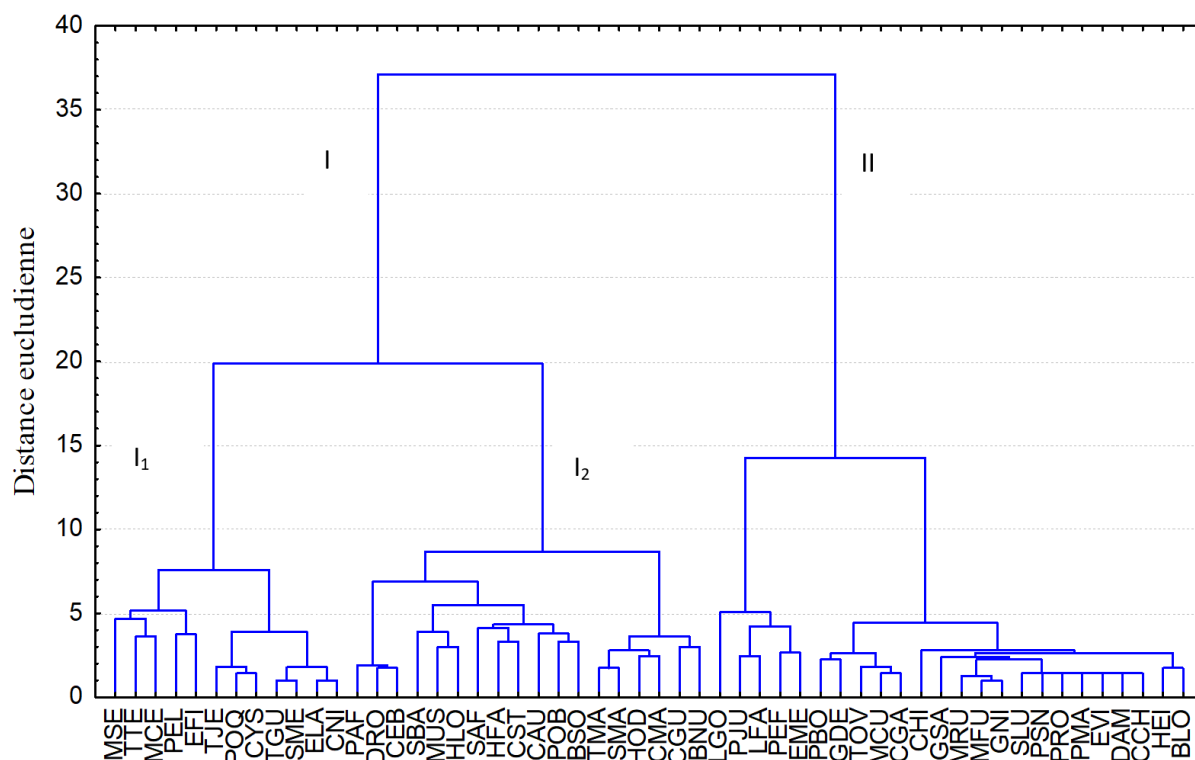


Fig. 5. Répartition du peuplement ichthyologique en fonction des milieux du complexe lagunaire Aghien-Potou à partir de dendrogramme basé sur la distance euclidienne et la méthode de Ward

- La catégorie II comprend les espèces absentes en période d'inondation entre septembre et novembre, mais qui apparaissent lorsque la salinité est supérieure à 10 ‰. Cette catégorie se subdivise en deux sous-groupes.

Le premier sous-groupe renferme uniquement les espèces très peu vulnérables à tout engin de pêche: *Pellonula leonensis*, *Gerres nigri* et *Eleotris vittata*.

Le deuxième sous-groupe comprend les espèces marines et estuariennes facile à capturer: *Lutjanus goreensis*, *Eucinostomus melanopterus*, *Galeoides decadactylus*, *Trachinotus ovatus*, *Caranx hippos*, *Pomadasys rogerii*, *Chloroscombrus chrysurus* (ME: formes marines-estuariennes); *Pomadasys jubelini*, *Liza falcipinnis*, *Mugil curema*, *Plectorhinchus macrolepis*, *Dasyatis margarita* (EM: formes estuariennes d'origine marine); *Pseudotolithus elongatus*, *Gobioides sagitta*, *Gerres nigri*, *Eleotris vittata* (ES: formes estuariennes strictes); *S. lusitanica*, *P. senegalensis* (MA: formes marines accessoires). Les espèces présentes pendant la période d'inondation sont: *Petrocephalus bovei*, *Clarias gariepinus*, *Mormyrus rume*, *Marcusenius furcoidens* (CO: formes continentales occasionnelles) et *Heterobranchus isopterus*, *Brycinus longipinnis* (CE: formes continentales à affinité estuarienne).

3.3.3 ANALYSE FACTORIELLE DES CORRESPONDANCES

L'analyse factorielle des correspondances a été appliquée sur les mêmes tables de données présence-absences, d'abondance relatives de dimension "54 x 24" (54 espèces de poissons et 24 observations mensuelles). Cette analyse montre que les 5 premiers axes représentent 68,87 % de la variabilité totale. Les trois premiers axes expriment respectivement 20,95 %, 15,44 % et 12,17 % de la variabilité totale (Tableau 5).

Tableau 5. Décroissement des valeurs propres, avec le pourcentage de variance des 5 premiers axes factoriels dans l'analyse factorielle des correspondances de données d'abondances relatives de poissons capturés d'Avril 2019 à Mars 2021 dans le complexe lagunaire Aghien-Potou

Axes	Valeurs propres	% de variance de chaque axe principal	% de variance cumulée
1	0,1033	20,953	20,953
2	0,0762	15,442	36,396
3	0,0620	12,178	48,974
4	0,0566	11,472	60,447
5	0,0415	8,425	68,872

3.3.3.1 INTERPRETATION DANS L'ESPACE REDUIT DES ESPECES ET DES SAISONS AVEC L'AXE 1

Les deux premiers axes factoriels permettent d'expliquer 36,39 % de la variabilité totale (et 7). Sur l'axe 1, les plus fortes contributions sont dues principalement à 11GSS (35,50 %), 10GSS (20,02 %), 4GSP (11,50 %) et 5PSS (7,21 %). L'axe 1 ne montre aucune opposition entre les saisons sèche et pluvieuse (Figure 6). Cette tendance se concrétise au niveau des espèces et les plus fortes contributions sont présentées par *H. isopterus* (11,62 %), *C. stampflii* (8,48 %), *Pseudotolithus senegalensis* (7,63 %), *Synaptura lusitanica* (7,63 %), *Caranx hippos* (6,44 %) et *Papyrocranus afer* (6,07 %). Ce groupe englobe des espèces continentales (*H. isopterus*, *P. afer*, *C. gariepinus*, *B. longipinnis*), des espèces estuariennes (*C. stampflii*, *P. senegalensis*, *Monodactylus sebae*) et des espèces marines (*S. lusitanica*, *Plectorhinchus macrolepis*). Cet axe 1 ne présente aucune espèce particulière.

3.3.3.2 INTERPRETATION DANS L'ESPACE REDUIT DES SAISONS ET DES ESPECES SELON L'AXE 2

Les relevés les plus élevés ont été obtenus par 7PSP (28,66 %), 8PSP (27,24 %), 3GSP (20,88 %) et 9GSS (10,05 %).

Cet axe 2 oppose les saisons pluvieuses aux saisons sèches et traduit la possibilité d'échange avec les autres cours d'eaux que sont la Mé, la Comoé, la Djibi et la rivière Bété. En ce qui concerne les espèces, les fortes contributions ont été obtenues par *Galeoides decadactylus* (16,78 %), *Citharichthys stampflii* (8,91 %), *Marcusenius furcoides* (6,11 %), *Mormyrus rume* (5,37 %) et *Eleotris vittata* (5,37 %). Cet axe met en évidence 3 catégories d'espèces (espèces continentales, estuariennes et marines) (Figure 7).

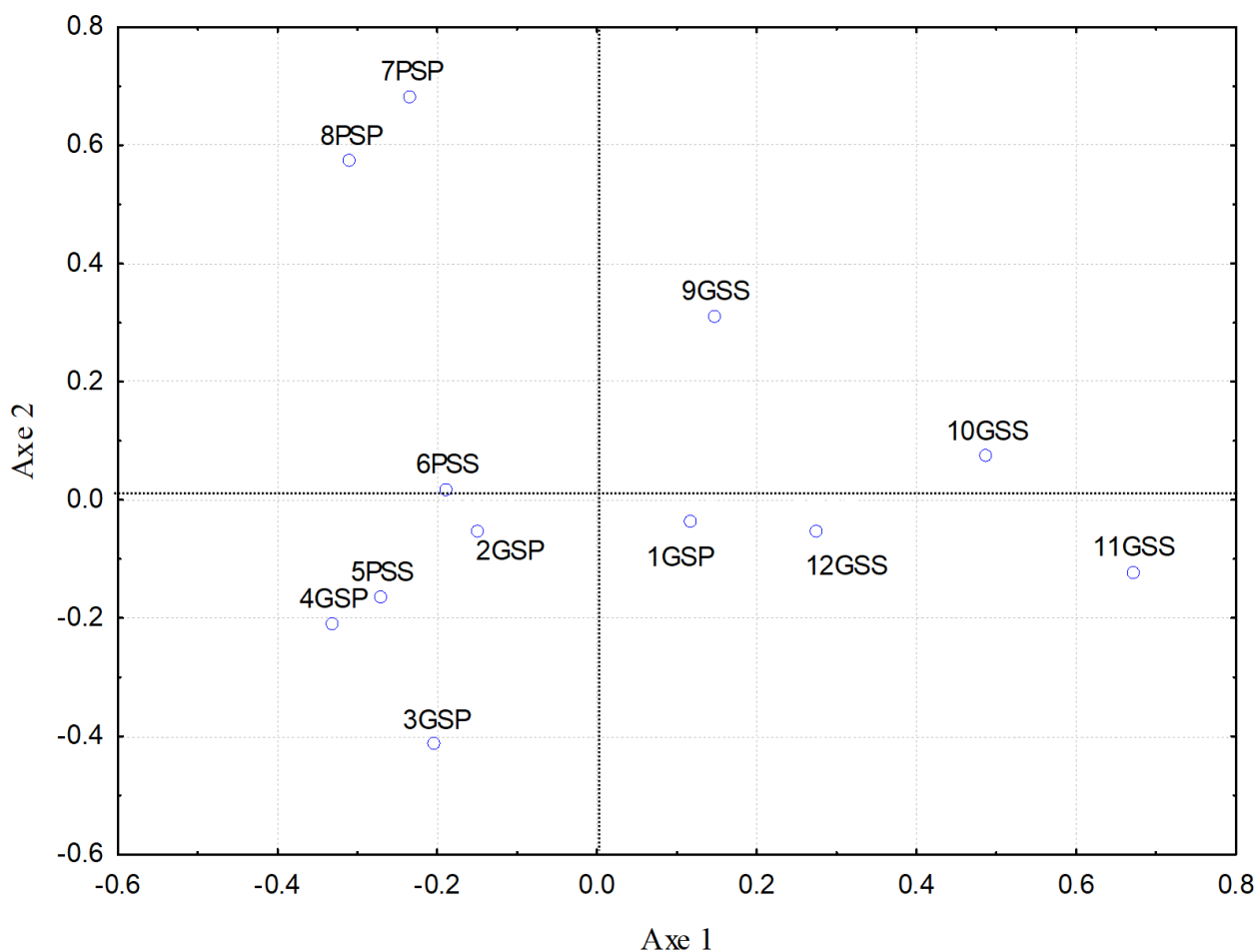


Fig. 6. Analyse factorielle des correspondances sur les captures spécifiques. Projection des saisons dans le plan des axes 1 et 2

PSS = petite saison sèche, PSP = petite saison pluvieuse; GSS = grande saison sèche, GSP = grande saison pluvieuse

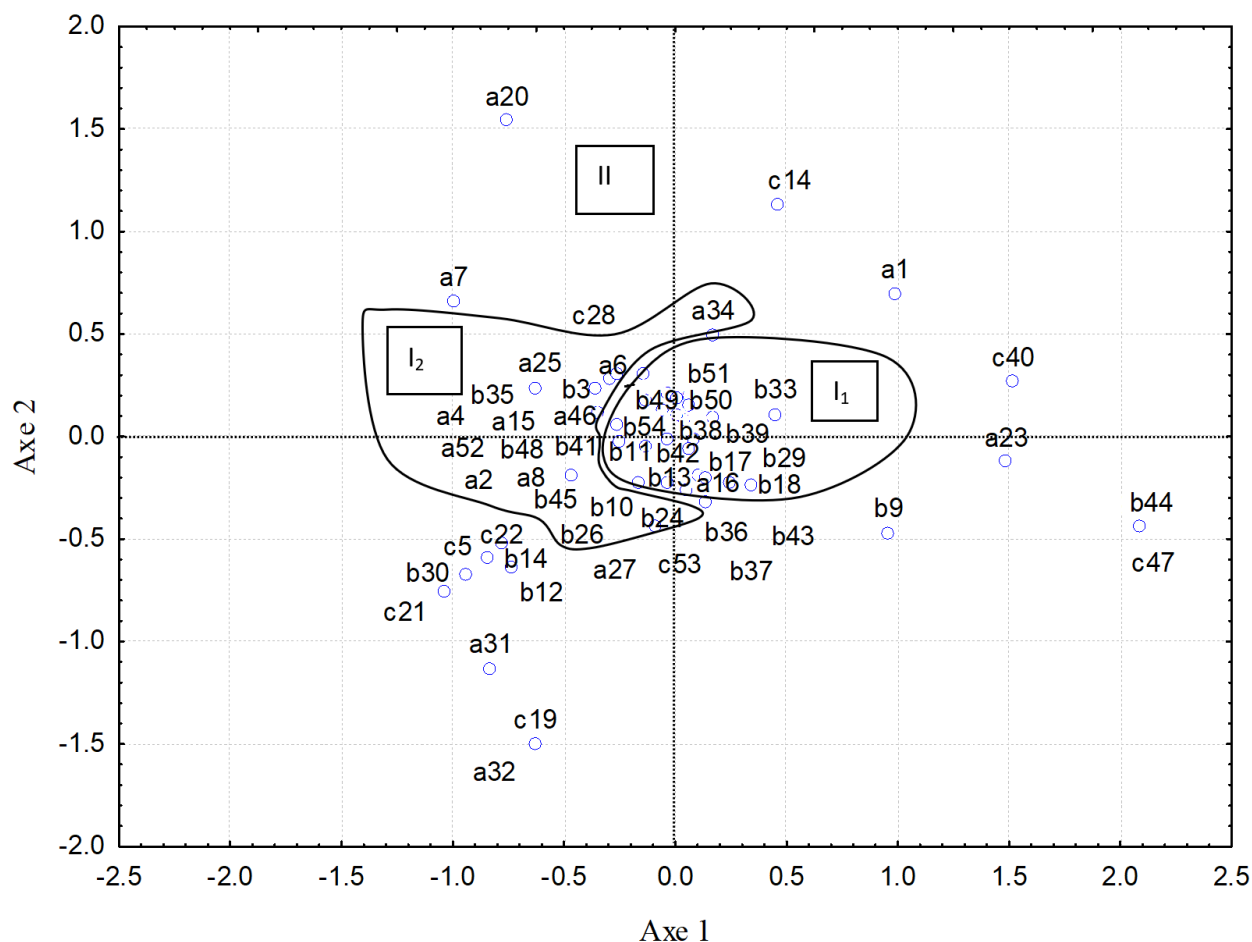


Fig. 7. Analyse factorielle des correspondances sur les captures spécifiques. Projection des espèces dans le plan des axes 1 et 2

a = espèces à affinité continentale secteur Akoyaté (I2), b = espèces communes aux deux milieux (I1), c = espèces à affinité marine secteur Vitré 2 (II).

3.3.3.3 VARIATIONS SPÉCIFIQUES INTER-GROUPES

Les richesses spécifiques obtenues respectivement des groupes II, I2 et I1 sont de 23, 17 et 14 espèces (Figure 8). Celle du groupe II est plus élevée que celles des groupes I2 et I1. La richesse spécifique varie de façon hautement significative d'un groupe à l'autre. Le test de Mann-Whitney qui permet de croiser deux à deux les groupes montre que le nombre d'espèces rencontrées dans le groupe II est hautement significatif ($p < 0,001$) et plus élevé que ceux des deux autres groupes. Le groupe I2 regroupe plus d'espèces ($p < 0,001$) que le groupe I1. La variation inter-groupes du nombre d'espèces ainsi que le résultat du test de comparaison de Mann-Whitney sont illustrés par le tableau 6.

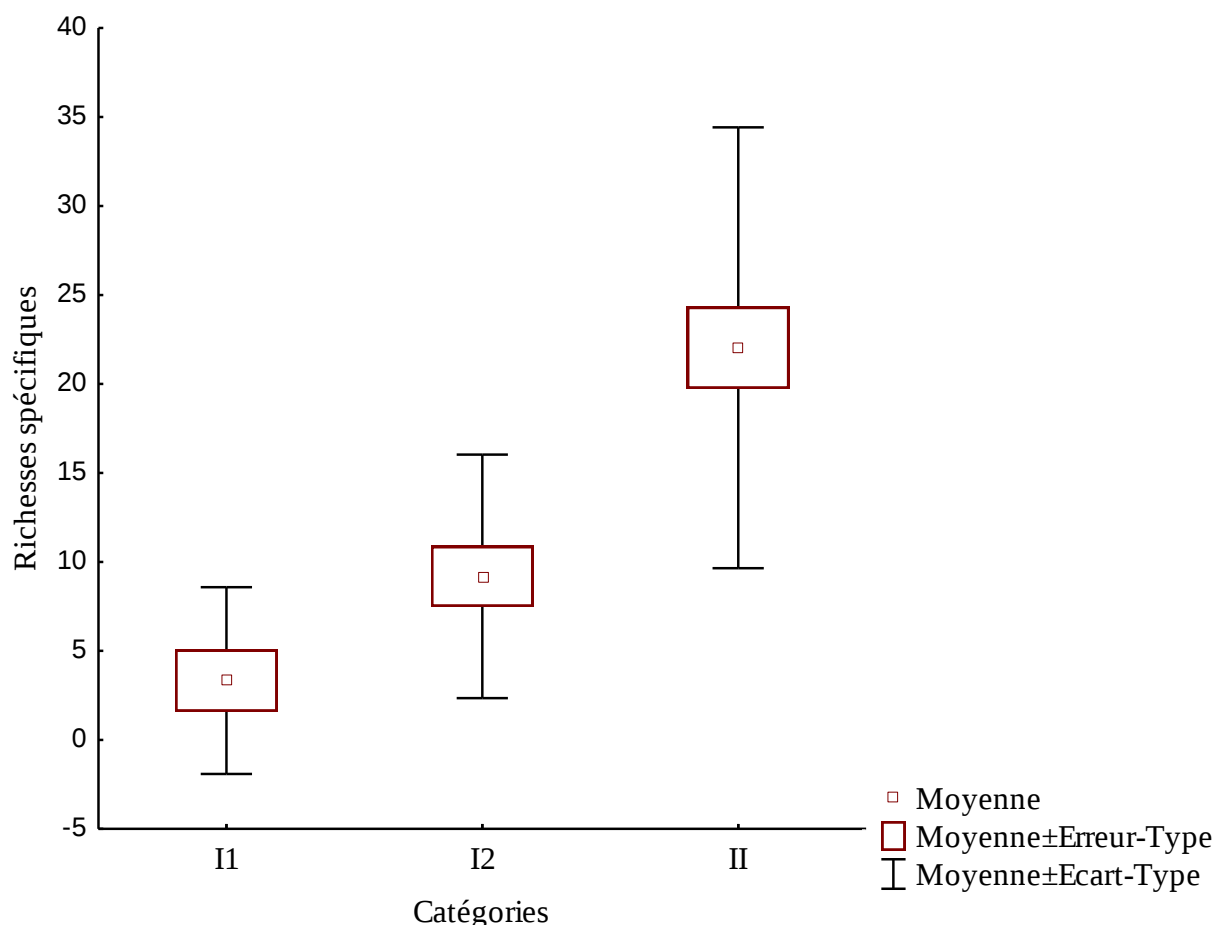


Fig. 8. Boîte à moustache indiquant la différence du nombre d'espèces entre les différents groupes d'espèces d'Avril 2019 à Mars 2021

Tableau 6. Résumé du test de Mann-Whitney sur les variations de la richesse spécifique des différents groupes d'Avril 2019 à Mars 2021

Groupes d'espèces	II	I ₂	I ₁
II		0.00632*	0.0000**
I ₂			0.001124*
I ₁			

[* = significatif ($p < 0,05$); ** = hautement significatif ($p < 0,001$)]

4 DISCUSSION

La présente étude a permis de recenser 54 espèces dans le complexe lagunaire Aghien-Potou. Ces espèces sont majoritairement de l'ordre des Perciformes et celui des Siluriformes. La dominance de ces ordres du complexe lagunaire Aghien-Potou a été déjà signalée par [1] dans les milieux lagunaires de l'Afrique de l'Ouest.

La lagune Aghien héberge 45 espèces dominées par celles appartenant aux genres *Coptodon* et *Chrysichthys* qui sont d'origine continentale. Ce résultat s'explique par le fait que la lagune Aghien, située dans une plaine d'inondation est fortement influencée par sa connexion avec le milieu d'eau douce constitué par le fleuve Comoé, la Mé et deux petites rivières (Bété et Djibi) dont les caractéristiques écologiques constituent à la fois une source de nourriture, une zone de reproduction par excellence pour ces poissons [20], [21] et un refuge pour leurs alevins qui y trouvent des abris contre les prédateurs [7]. Ces poissons auraient donc migré de ces rivières vers la lagune. Cette migration s'explique aussi par le fait que les plaines inondées constituent un lieu privilégié pour les poissons dans la plupart des grands cours d'eau d'Afrique [22], [23].

La lagune Potou renferme 38 espèces dont des espèces marines occasionnelles. Ces espèces marines apparaissent généralement entre février et août (saison sèche) au niveau de l'embouchure. Il s'agit de *Lutjanus gorensis*, *Gobioides ansorgii* et *Elops lacerta*. Selon [24], les formes marines sont les espèces qui sont toujours rares, même exceptionnelles dans les milieux saumâtres, et apparaissent avec l'augmentation de la salinité. Leur présence à côté de l'embouchure pourrait s'expliquer par l'augmentation de la salinité à cet endroit. Ces

espèces sont apparues occasionnellement dans les captures dans le présent échantillonnage. [25], [3] justifiaient cette remarque par le fait que la majorité des espèces d'origine marine sont à faible capturabilité, peu accessibles et/ou peu vulnérables.

Dans la présente étude et d'une manière générale, le peuplement du complexe lagunaire Aghien-Potou est dominé par les espèces estuariennes avec 44 % en lagune Aghien et 58 % en lagune Potou. Nos résultats corroborent avec ceux de [2], [1] effectués dans la même région géographique que la présente étude. Néanmoins, la dominance des espèces estuariennes mentionnée par ces auteurs (63,8 %) était plus élevée. Cette différence pourrait provenir principalement à la fois de la fermeture et de l'ouverture de la passe de Grand-Bassam. En effet, pendant l'étude [2], cette passe était ouverte alors que pendant la présente étude elle est restée fermée.

Les indices de diversité calculés sur la base des abondances numériques et pondérales sont plus faibles en lagune Potou qu'en lagune Aghien. Cependant les indices Shannon (H) et Equitabilité (E) varient, dans l'ensemble, respectivement de 2,23 à 2,74 et de 0,83 à 0,88. Les indices de diversité (H) obtenues en lagune Aghien sont plus élevés que ceux de la lagune Potou; ce qui traduit une bonne diversité de la communauté ichtyologique de la lagune Aghien. [26] a indiqué que la valeur 4,5 de l'indice de diversité n'est pas dépassée même dans les communautés exceptionnellement diversifiées. Les valeurs de diversité (H) dans la présente étude sont pour la majorité supérieures à 2,5 et paraissent satisfaisantes eu égard à la valeur 4,5. Le complexe lagunaire Aghien-Potou montre donc une diversité et une régularité élevées. Ces diverses indications sont caractéristiques d'un système stable [27].

Dans les deux lagunes (Aghien et Potou), les indices de stress calculés, traduisent un stress modéré pour la lagune Potou ($w = 0.01$) et un stress élevé pour celle d'Aghien ($w = 0.082$), les courbes d'abondance sont au-dessus de celles des biomasses. Ce résultat montre que les espèces de cette lagune sont menacées par des facteurs anthropiques et environnementaux, favorisant la prédominance des espèces de petite taille dans le milieu. Ce score fait référence à un milieu peu perturbé. Les indices de stress observés sont comparables à ceux déterminés par [1] dont les travaux remontent à 1989 sur le complexe lagunaire Aghien-Potou. Le stress environnemental serait dû à l'influence plus ou moins directe des apports maritimes et/ou des apports continentaux.

L'examen de la variation mensuelle et saisonnière des abondances relatives à l'aide de la classification ascendante, sépare les saisons hydrologiques et les mois d'échantillonnage de la lagune Aghien de ceux de Potou. La saison hydrologique d'Aghien (1GSPA) se retrouve parmi les saisons hydrologiques de Potou.

Cette observation confirme les résultats des travaux antérieurs réalisés par [28], [29]. En effet selon ces auteurs, la lagune Aghien est une eau douce et la lagune Potou une eau saumâtre. Le contact entre ces deux lagunes justifie la présence d'espèces continentales (rivières et fleuves), lagunaires et marines. Toutefois, le dendrogramme obtenu présente quatre espèces continentales au sein de la communauté marine. Etant donné que *Heterobranchius isopterus*, *Brycinus longipinnis*, *Mormyrus rume* et *Clarias gariepinus* sont des espèces continentales de la lagune Aghien (codées respectivement par HEI, BLO, MFU et CGA) et que 1GSPA est une grande saison de pluie en lagune Aghien, on peut affirmer que HEI, BLO, MFU, CGA appartiennent à 1GSPA. Leur présence en lagune Potou (eaux saumâtres), est donc liée à la saison des pluies [30], [31]. Selon ces auteurs les grandes saisons de pluie entraînent un mouvement des eaux douces vers la mer et une baisse progressive de la salinité. Il semble donc que la présence des espèces telles que *Heterobranchius isopterus*, *Brycinus longipinnis*, *Mormyrus rume* et *Clarias gariepinus* dans la lagune Potou soit due à une faible salinité ($< 5\text{‰}$) de cette lagune consécutive à la grande saison de pluie et à la crue de la Comoé.

L'analyse factorielle des correspondances confirme les résultats de la classification ascendante en séparant les espèces continentales de celles des eaux saumâtres. Elle sépare également les grandes saisons sèches des grandes saisons des pluies d'une part et, d'autre part les petites saisons des pluies et les grandes saisons. Cela a été observé dans d'autres milieux comme le lac du Togo [31]. Selon cet auteur, l'opposition des grandes saisons sèches et pluvieuses traduit l'existence d'un cycle saisonnier. Cependant l'opposition des petites et grandes saisons de pluie favorisent les échanges entre les masses d'eaux et privilégient les migrations des espèces marines et lagunaires. Ces changements sont dus aux fluctuations de la salinité qui gouverne la diversité et l'abondance des espèces estuariennes [32].

Néanmoins, cette salinité n'est pas le seul facteur qui influence les changements dans les estuaires et lagunes. En effet, les modifications de la structure du peuplement peuvent être liées aux périodicités saisonnières des différentes espèces, qui peuvent se faire ressentir de semaine en semaine ou de mois en mois [33]. A partir des résultats obtenus dans la présente étude, l'existence d'un effet saison au niveau de la lagune Potou peut être affirmée. Les paramètres physico-chimiques tels que la salinité, la température et la disponibilité de la nourriture peuvent être des facteurs importants dans la distribution de l'ichtyofaune.

5 CONCLUSION

Nos travaux ont permis d'inventorier au niveau du complexe lagunaire Aghien-Potou 54 espèces appartenant à 43 genres, 28 familles et 8 ordres. L'ordre renfermant le plus grand nombre de familles et d'espèces est celui des Perciformes avec 14 familles et 26 espèces. La famille la mieux représentée dans le peuplement en termes de nombre d'espèces est celle des Cichlidae avec 6 espèces. Nos résultats montrent également que la lagune Aghien est relativement plus diversifiée (45 espèces) que celle de Potou (38 espèces). Ces espèces se répartissent entre formes continentale, estuarienne et marine.

Le test de Mann-Whitney a montré que les différences du nombre d'espèces entre les groupes sont hautement significatives ($p < 0,001$). Au niveau des deux secteurs lagunaires, les espèces estuariennes dominent le peuplement en terme de diversité (44 % et 58 % respectivement en lagune Aghien et Potou).

Le regroupement des saisons et mois d'échantillonnage en fonction de l'importance des captures par la classification ascendante basée sur les présence/absence, met en évidence 2 principaux groupes de stations: Akoyaté en lagune Aghien et Vitré 2 en lagune Potou. Le regroupement des espèces également en fonction de l'importance des captures met en évidence 3 catégories d'espèces notées I1, I2 et II.

REMERCIEMENTS

Nous tenons à remercier tous les pêcheurs professionnels de la localité d'Akoyaté et de Vitré 2 pour leur franche collaboration. Nous exprimons également notre profonde gratitude aux agents du bureau de pêche de Grand-Bassam pour leur assistance au cours de ce travail.

REFERENCES

- [1] Villanueva, M. C. S. Biodiversité et relations trophiques dans quelques milieux estuariens et lagunaires de l'Afrique de l'ouest: adaptations aux pressions environnementales. [Thèse de Doctorat]. Institut normal polytechnique de Toulouse; 2004.
- [2] J. J. Albaret and J. M. Ecoutin, "Communication Mer-Lagune: impact d'une réouverture sur l'ichtyofaune de la lagune Ebrié (Côte d'Ivoire)," *Revue d'Hydrobiologie Tropicale*, vol. 22, pp. 71-81, 2011.
- [3] J. J. Albaret and J. M. Ecoutin, "Influence des saisons et des variations climatiques sur les peuplements de poissons d'une lagune tropicale en Afrique de l'ouest," *Oecologia Acta*, vol. 11, no. 4, pp. 557-583, 1999.
- [4] Tastet, J. P. Environnement sédimentaires et structuraux quaternaire du littoral du golfe de Guinée (Côte d'Ivoire, Togo, Bénin) [Thèse de Doctorat]. Université de Bordeaux; 1979.
- [5] Kouman, K. M. Implantation des pêcheurs dans le Sud-ouest de la Côte d'Ivoire: permanence et mutation dans l'organisation de l'espace [Thèse de Doctorat]. Université de Cocody-Abidjan; 2017.
- [6] E. C. Shannon, "A mathematical theory of communication," *Bell system Technicol Journal*, vol. 27, pp. 379-423, 1948.
- [7] Lalèyè, P., Chikou, A., Philippart, J. C., Teugels, G. and Vandewalle P. Etude de la diversité ichtyologique du bassin du fleuve Ouémé au Bénin (Afrique de l'ouest), pp. 330-339, 2014.
- [8] Djakou, R., and Thanon, S.Y. *Écologie Afrique intertropicale*. Édition Bordas, Paris. 1988.
- [9] J. Daget, "Contribution à la faune de la République Unie du Cameroun. Poissons de l'Ayina, du Dja et Bas Sanaga," *Cybiuim*, vol. 3, no. 6, pp. 55-64, 1979.
- [10] B. Coulibaly, L. Tah, B. R. D. Aboua, T. G. T. Joanny, T. Koné and E. P. Kouamélan, "Assessment of fishing effort, catch per unit effort and fish production of the tropical coastal lagoon of Grand Lahou (Côte-d'Ivoire, West Africa)," *International Journal of Fisheries and Aquatic studies*, Vol. 6, no. 1, 206-212, 2018.
- [11] Ludwig, J. A., and Renolds J. F. *Statistical ecology: A primer on methods and computing*, New York, Edition John Wiley et Sons, p. 425p, 1988.
- [12] Blondel, J. *Biogéographie et écologie*, Paris, Edition Masson, p.125, 1979.
- [13] M. O. Hill, "Diversity and evenness: A unifying notation and its consequences," *Ecology*, vol. 54, pp. 427-432, 2013.
- [14] Aboua, R. D. B. Développement d'un indice d'intégrité biotique piscicole pour la préservation de la biodiversité du fleuve Bandama [Thèse de Doctorat]. Université Félix Houphouët-Boigny Abidjan; 2012.
- [15] C. J. Hay, B. J. Van Zyl and G. J. Steyn, "A quantitative assessment of the biotic integrity of the Okavango river, Namibia based on fish," *Water SA*, vol. 22, pp. 263-284, 1996.
- [16] A. K. Whitfield and M. Elliott, "Fishes as indicators of environmental and ecological changes within estuaries: a review of progress and some suggestions for the future," *Journal of Fish Biology*, vol. 61, pp. 229-250, 2012.
- [17] Kantoussan, J. Impacts de la pression de pêche sur l'organisation des peuplements de poissons: Application aux retenues artificielles de Sélingué et de Manantali, Mali, Afrique de l'Ouest [Thèse de Doctorat]. Agrocampus Rennes; 2007.
- [18] K. R. Clarke, "Comparisons of dominance curves," *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, vol. 138, pp. 143-157, 1990.
- [19] Grall, J., and Coic, N. Synthèse des méthodes d'évaluation de la qualité du benthos en milieu côtier. Ifremer DYNECO/VIGIES/06-13/REBENT, 2006.
- [20] Welcomme, R. L., and DE Merona, B., Fish communities of rivers, In: (C. Lévêque, M.N. Bruton, and G.W. Ssentongo (Eds.), *Biology and ecology of African freshwater fishes*, Paris, Edition ORSTOM, pp. 251-276, 1988.
- [21] D. Paugy, "Reproductive strategies of fishes in a tropical temporary stream of the Upper Senegal basin: Baoulé River in Mali," *Aquatic Living Resources*, vol. 15, pp. 25-35, 2002.
- [22] S. Jennings and J. L. Blanchard, "Fish abundance with no fishing: predictions based on macroecological theory," *Journal of Animal Ecology*, vol. 73, 632-642, 2014.
- [23] Lévêque, C., and Paugy, D. *Les poissons des eaux continentales africaines: Diversité, écologie, utilisation par l'homme*. Paris, Edition IRD, p. 521, 1999.
- [24] Albaret, J. J., Les poissons: biologie et peuplements, In: J. R. Durand, P. Dufour, D. Guiral, et S. G. F. Zabi (Eds.), *Environnement et ressources aquatiques de Côte d'Ivoire*, Tome 2, Paris, Edition ORSTOM, pp. 239-279, 1994.

- [25] Bédia, A. T. Evaluation de l'exploitation de l'ichtyofaune du complexe lagunaire Aghien Potou (Côte d'Ivoire) [Thèse de Doctorat]. Université Félix Houphouët-Boigny; 2015.
- [26] Ecoutin, J. M., Durand, J. R., Laë, R., and Hié-Daré, J. P., (1994). L'exploitation des stocks et échantillonnage en écologie, In: J. R. Durand, P. Dufour, D. Guiral et S. G. F. Zabi (Eds.), Environnement et ressources aquatiques de Côte d'Ivoire, tome 2, Paris, Edition ORSTOM, pp. 399-444, 1994.
- [27] Konan, K. F. Composition, structure et déterminisme de la diversité ichthyologique des rivières côtières du sud-est de la Côte d'Ivoire (Soumié- Eholié-Ehania-Noé) [Thèse de Doctorat]. Université d'Abobo-Adjamé; 2015.
- [28] Durand, J.R., and Guiral, D., Hydroclimat et hydrochimie, In: J. R. Durand, P. Dufour, D. Guiral, and S. G. F. Zabi (Eds.), Environnement et ressources aquatiques de Côte d'Ivoire, tome 2, Paris, Edition ORSTOM, pp. 59-89, 1994.
- [29] P. Lalèyè, C. Niyonkuru, J. Moreau and G. G. Teugels, "Spatial and seasonal distribution of the ichthyofauna of Lake Nokoué, Benin, West Africa," African Journal of Aquatic Science, vol. 28, no. 2, pp. 151-161, 2014.
- [30] R. W. Duck and J. F. Da Silva, "Coastal lagoons and their evolution: a hydromorphological perspective," Estuarine, Coastal Shelf Science, vol. 110, 2-14, 2012.
- [31] R. Laë, "Evolution des peuplements (poissons et crustacés) dans une lagune tropicale, le lac Togo, soumise à un régime alternatif de fermeture et d'ouverture du cordon lagunaire," Aquatic Living Resources, 7, pp. 165-179, 1994.
- [32] A. Traoré, G. Soro, E. Konan, B. Kouadio, S. Bamba, M. S. Oga, N. Soro and J. Biemi, "Evaluation des paramètres physiques, chimiques et bactériologiques des eaux d'une lagune tropicale en période d'étiage: la lagune Aghien". International Journal Biological Chemistry Sciences, vol. 6, no. 6, 7048-7058, 2012.
- [33] Koné, T. Régime alimentaire et reproduction d'un Tilapia lagunaire (*Sarotherodon melanotheron* Rüppel, 1852) dans la rivière Bia et le lac de barrage d'Ayamé; Côte d'Ivoire) [Thèse de Doctorat]. Katholieke Universiteit Leuven; 2010.

Termites ravageurs des plantations de cacaoyers *Theobroma cacao* L. (Malvaceae) dans la région du Tonkpi (Ouest de la Côte d'Ivoire)

[Termite pests of cocoa *Theobroma cacao* L. (Malvaceae) in Tonkpi region (West of Côte d'Ivoire)]

Dohouonan Diabate¹, Ehouman Jean Brice Ohoueu², Tenon Coulibaly³, Akpa Alexandre Moïse Akpessé⁴, and Yao Tano⁵

¹Département Agronomie et foresterie, UFR Ingénierie Agronomique Forestière et Environnementale, Université de Man, BP 20 Man, Côte d'Ivoire

²Centre National de Recherche Agronomique (CNRA), Station de Recherche de Man, B.P 440 Man, Côte d'Ivoire

³Département de Biologie animale, Université Péléforo Gon Coulibaly Korhogo, UFR Sciences Biologiques, BP 1328, Korhogo, Côte d'Ivoire

⁴Université Félix Houphouët-Boigny, UFR Biosciences, Laboratoire des milieux naturelles et environnement, 22 BP 582 Abidjan 22, Côte d'Ivoire

⁵Université Nangui Abrogoua, 02 BP 801 Abidjan 02, Côte d'Ivoire

Copyright © 2022 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: Termites are of ecological and economic importance. The study was carried out to evaluate the attacks of cocoa trees by the termite pests in Tonkpi region. A total of 7 species of termite pests of cocoa trees belonging to 02 families and 4 sub-families were collected in Man and Biankouma plantations. Termite pests harvested at two trophic groups: wood-feeders and fungus growers. The Termitinae with 2 species, the Coptotermitinae and the Nasutitermitinae with 1 species, respectively were recorded and were wood-feeders. *Coptotermes intermedius* and *Microcerotermes fuscotibialis* were the most termite pests of cocoa trees. The Macrotermitinae families were more diversified with 3 species of termite and were fungus-growers. The occurrence frequency of termite pests recorded was lower at Biankouma (<1%) and were between 0.08 and 3.16% at Man plantations. The Shannon's index value of termite pests was 1.879 and 1.898 at Man and Biankouma, respectively. The attack rates of cocoa tree by termite pests were 9.555% and 2.235% at Man and Biankouma, respectively ($F=29.676$; $ddl=7$; $p=0.002$). The cocoa trees protection with biopesticides was recommended for increasing the yield and for termite's conservation.

KEYWORDS: Diversity, *Coptotermes intermedius*, *Microcerotermes fuscotibialis*, termite pests, *Theobroma cacao*, Côte d'Ivoire.

RESUME: Les termites ont une importance écologique et économique. L'objectif de ce travail est d'évaluer les attaques des termites ravageurs des cacaoyers dans la région du Tonkpi. Dans les plantations de cacaoyers de Man et de Biankouma, 7 espèces de termites ravageurs des cacaoyers ont été échantillonnées. Ces 7 espèces sont subdivisées en deux familles et 4 sous familles, et réparties en deux groupes trophiques qui sont les xylophages et les champignonnistes. Ils attaquent les différentes parties des cacaoyers. Les Macrotermitinae ont été les plus diversifiées avec 3 espèces essentiellement du groupe des champignonnistes. Ensuite, les Termitinae avec 2 espèces du groupe des xylophages. Enfin, les Coptotermitinae et les Nasutitermitinae échantillonnés sont représentés par 2 espèces du groupe des xylophages. *Coptotermes intermedius* et *Microcerotermes fuscotibialis* sont les espèces ravageuses les plus dominantes. Les fréquences d'occurrence des termites ravageurs des cacaoyers ont été inférieures à 1% à Biankouma et comprises entre 0,08 et 3,16% à Man. Les indices de Shannon (H') à Man et à Biankouma sont respectivement 1,879 et 1,898. Les taux d'attaque sont de 9,555% et 2,235% respectivement à Man et Biankouma ($F=29,676$; $ddl=7$; $p=0,002$). La lutte contre les termites ravageurs des cacaoyers doit être prise en compte pour l'amélioration du rendement du cacaoyer, tout en préservant leur biodiversité.

MOTS-CLEFS: Diversité, *Coptotermes intermedius*, *Microcerotermes fuscotibialis*, termites ravageurs, *Theobroma cacao*, Côte d'Ivoire.

1 INTRODUCTION

La culture du cacao constitue d'importantes sources de revenus pour de nombreux agriculteurs de l'Afrique de l'Ouest [1]. En Côte d'Ivoire, elle occupe 4 millions d'individus et représente plus de 15 % au Produit Intérieur Brut (PIB) [2]. Cependant, la culture du cacao est sérieusement affectée par un nombre important de ravageurs dont les termites. En effet, les termites sont largement distribués dans le monde surtout dans les régions tropicales, subtropicales et semi-arides [3], [4]. Ils sont impliqués dans le processus de décomposition de la matière organique, la concentration, le stockage et la redistribution des constituants minéraux et organiques [5], [6]. Cependant, près de 10% des espèces de termites décrites sont des ravageurs des végétaux notamment les cultures [7]. Dans plusieurs pays africains, les cultures vivrières et industrielles sont régulièrement attaquées et détruites par les termites [8], [9], [10]. En Côte d'Ivoire, quelques travaux ont été réalisés sur le manguier [11], l'anacardier [12], l'hévéa [13] et sur le cacaoyer [10], [14]. Les dégâts causés par les termites aux cultures sont compris 15% et 90% et les dommages sont estimés à plus de 22 milliards d'euros chaque année [7]. Cependant, peu d'études ont été réalisées dans la région du Tonkpi (Ouest de la Côte d'Ivoire) sur l'attaque des termites sur les cultures pérennes (hévéa et anacardier) notamment, les cultures de cacaoyers. Ainsi, l'objectif de ce travail est de déterminer les espèces de termites ravageurs des arbres de cacaoyers, leurs fréquences et leurs taux d'attaque dans les plantations de cacaoyers dans la région du Tonkpi, à l'ouest de la Côte d'Ivoire.

2 MATERIEL ET METHODES

2.1 MATERIEL VEGETAL

Le matériel végétal utilisé était constitué d'arbres de cacaoyers *Theobroma cacao* L. (Malvaceae), variété Mercedes appartenant au groupe des forastero.

2.2 METHODES

2.2.1 PRESENTATION DU MILIEU D'ETUDE

Les essais ont été conduits dans les plantations de cacaoyers en production dans les localités de Man (7°24'45"N Nord et 7°33'13"O Ouest) et de Biankouma (7°74'42"N Nord et 7°61'68"O Ouest), située dans la région du Tonkpi, à l'ouest de la Côte d'Ivoire. Le climat cette région est monomodal caractérisé par deux saisons dont une saison pluvieuse (d'avril à octobre) et une saison sèche (de novembre à mars). La précipitation moyenne annuelle est de 1 632 mm et la température moyenne annuelle varie autour de 25 °C [15], [16], [17].

2.2.2 DISPOSITIF

Quatre plantations de cacaoyers en production d'un hectare ont été échantillonnées respectivement à Man (7 ans) et à Biankouma (4 ans). Les cacaoyers ont été plantés en ligne selon un dispositif complètement randomisé à la densité de 1333 arbres/ha (3 m x 2,5 m).

2.2.3 ECHANTILLONNAGE DES TERMITES RAVAGEURS DES ARBRES DE CACAOYERS

Dans chaque plantation de cacaoyers, les observations ont été réalisées pendant la saison sèche, une fois par mois pendant 4 mois, de décembre 2021 à mars 2022. En effet, l'importance des dégâts occasionnés par les termites est observée durant les périodes de sécheresse. Les cacaoyers échantillonnés et ayant été attaqués par des termites ont été marqués pour éviter leurs recomptages.

2.2.4 CONSERVATION ET IDENTIFICATION DES TERMITES RAVAGEURS

Les termites collectés ont été conservés dans de l'alcool 70%. L'identification des insectes a été faite à l'aide d'une loupe binoculaire qui révèle les caractères distinctifs utilisés au niveau des clés de Sjöstedt [18], Bouillon et Mathot [19], Harris [20], [21]; Sands [22] et Ruelle [23]. L'identification des termites a été faite selon les paramètres morphométriques des termites basés sur la morphologie des soldats.

Après l'identification, les espèces de termites ont été classées dans les différents groupes trophiques selon Donovan *et al.* [24].

2.2.5 EVALUATION DES ATTAQUES DES TERMITES RAVAGEURS SUR LES CACAOYERS

2.2.5.1 TAUX D'ATTAQUE

L'évaluation des dégâts des termites sur les cacaoyers s'est faite par une observation visuelle. Elle a porté sur l'observation des troncs et des racines de cacaoyers. Les galeries et les placages de terre, les petits orifices et les cavités creusées par les termites ont été fouillés. Le nombre de cacaoyers attaqués par chaque type de termites ravageurs a été compté.

A l'issue des observations, les dégâts ont été classés en quatre (5) types selon l'échelle de cotation de Gbenyedji *et al.* [25] (Tableau 1).

Tableau 1. *Echelle de cotation des dégâts de termites sur les arbres*

Type de dégâts	Définition
DT0	Plant sain
DT1	Présence de galerie sur les plants avec ou sans de termites
DT2	Plant partiellement ou totalement couvert de placages de termites
DT3	Présence de termites sur les plants
DT4	Plant rongé par les termites

Le taux d'attaque des cacaoyers par les termites a été ensuite calculé en utilisant la formule suivante:

$$Ta = \frac{Nat \times 100}{Nt} \quad (1)$$

Avec : Ta = Taux d'attaque (%), Nat = Nombre de cacaoyers attaqués par les termites et Nt = Nombre total de cacaoyers échantillonnés.

2.2.5.2 INDICES D'INTENSIFICATION DES DÉGÂTS

L'indice d'intensification des dégâts a été calculé selon la méthode suivante d'Aléné *et al.* [26]:

$$I = [(P_s \times 0\%) + (P_1 \times 25\%) + (P_2 \times 50\%) + (P_3 \times 75\%) + (P_4 \times 100\%)] / [P_o + P_1 + P_2 + P_3 + P_4] \quad (2)$$

Avec : I: indice d'intensification des dégâts par parcelle, P_s = nombre de pieds sains portant les dégâts de type 0 (DT0), P_1 = nombre de pieds portant les dégâts de type 1 (DT1), P_2 = nombre de pieds portant les dégâts de type 2 (DT2), P_3 = nombre de pieds portant les dégâts de type 3 (DT3), P_4 = nombre de pieds portant les dégâts de type 4 (DT4).

Pour évaluer l'importance des attaques, les indices d'intensification des dégâts ont été classés dans un ordre croissant suivant la Classification d'Aléné *et al.* [26]. (Tableau 2).

Tableau 2. *Classification des indices d'intensification des attaques*

Classe	Intensité (%)	Qualification
I	$0 \leq I < 20$	Faible
II	$20 \leq I < 40$	Moyen
III	$40 \leq I < 50$	Fort
IV	$50 \leq I < 100$	Très Fort

La fréquence d'occurrence (Fo) de chaque espèce de termites ravageurs des arbres de cacaoyers a été calculée suivant la formule de Diabaté et Tano [17] et de Dajoz [23]:

$$Fo = \frac{Nai \times 100}{Nt} \quad (3)$$

Avec : Nai= Nombre d'arbres de cacaoyers attaqués par l'espèce considérée et Nt= Nombre total d'arbres de cacaoyers échantillonnés.

Les espèces sont dites très rares si $F < 5\%$, rares si $5\% \leq F < 25\%$, fréquentes si $25\% \leq F < 50\%$ et très fréquentes si $F \geq 50\%$.

2.2.5.3 EVALUATION DES INDICES DE DIVERSITE BIOLOGIQUE

La richesse spécifique (S) qui est le nombre d'espèces de termites ravageurs collectés dans les plantations de cacaoyers a été déterminée. De même, les indices de diversité biologiques ont été évalués par le calcul de l'indice de Shannon (H') et de l'indice d'équitabilité.

La diversité spécifique a été évaluée par l'indice de Shannon (H'). Il prend en compte simultanément la richesse spécifique et l'abondance des différentes familles d'insectes rencontrés sur une parcelle. Cet indice a été calculé selon la formule suivante:

$$H' = - \sum p_i * \log_2(p_i) \quad (4)$$

Où : p_i = probabilité de rencontre de la famille i .

L'indice d'équitabilité (E) ou indice de régularité, mesure la répartition équitable des individus. Il permet de comparer des peuplements comportant des nombres de familles d'insectes différentes [23]. Il a pour objectif d'observer l'équilibre des populations présentes. Cet indice a été déterminé selon la formule suivante:

$$E = \frac{H'}{\log_2(S)} \quad (5)$$

Avec : H' = Indice de diversité de Shannon et S = Richesse spécifique.

2.2.6 TRAITEMENTS STATISTIQUES

Deux types de logiciels ont été utilisés pour traiter les résultats obtenus. Le nombre d'arbres de cacaoyers attaqués et le taux d'attaque a été soumis à une analyse de variance (ANOVA effet principaux) au seuil de 5 % à l'aide du logiciel IBM SPSS Statistic version 20. Ces données obtenues ont été discriminées avec le test de Fisher (LSD) au seuil de 5% à l'aide du logiciel XLSTAT 2016. La richesse spécifique et les indices de diversité biologique à savoir l'indice de Shannon et l'indice d'équitabilité ont été calculé avec le logiciel Estimate version 9.11, 2013.

3 RESULTATS

3.1 ESPECES DE TERMITES RAVAGEURS DES CACAOYERS DES LOCALITES DE MAN ET DE BIANKOUA

Dans les plantations de cacaoyers de Man et de Biankouma, 7 espèces de termites ravageurs des cacaoyers ont été échantillonnées. Ces 7 espèces sont réparties en deux familles et 4 sous familles, et réparties en deux groupes trophiques qui sont les xylophages et les champignonnistes (Tableau 3). Les Macrotermitinae sont les plus diversifiés avec 3 espèces (*Ancistrotermes cavithorax*, *Macrotermes bellicosus* et *Macrotermes subhyalinus*). Ces espèces sont des champignonnistes. Ensuite, nous avons les Termitinae avec 2 espèces (*Microcerotermes fuscotibialis* et *Amitermes evuncifer*) qui sont tous des xylophages. Enfin, les Coptotermitinae et les Nasutitermitinae échantillonnés appartiennent au groupe des xylophages et sont représentés respectivement par *Coptotermes intermedius* et *Nasutitermes arborum*. Toutes ces espèces échantillonnées ont une fréquence d'occurrence inférieure à 5% et sont classées comme espèces ravageurs rares dans les plantations de cacao échantillonnées. Par ailleurs, les fréquences d'occurrences des termites ravageurs des arbres de cacaoyers sont plus élevées à Man qu'à Biankouman. Elles sont comprises entre 0,08 et 3,16% à Man avec la fréquence d'occurrence la plus élevée (3,16%) pour *Coptotermes intermedius*. Cependant, à Biankouma, elle est inférieure à 1% (Tableau 3).

Tableau 3. Termites ravageurs des cacaoyers à Man et à Biankouma

Famille	Sous famille	Espèce	GT	Fréquence (%)	
				Man	Biankouma
Rhinotermitidae	Coptotermitinae	<i>Coptotermes intermedius</i> (Silvestri, 1912)	X	3,16	0,65
Termitidae	Termitinae	<i>Microcerotermes fuscotibialis</i> (Sjöstedt, 1896)	X	1,35	0,50
		<i>Amitermes evuncifer</i> (Silvestri, 1912)	X	0,68	0,22
	Macrotermitinae	<i>Ancistrotermes cavithorax</i> (Sjöstedt, 1899)	C	1,43	0,07
		<i>Macrotermes bellicosus</i> (Smeathman, 1781)	C	2,03	0,58
		<i>Macrotermes subhyalinus</i> (Rambur, 1914)	C	0,90	0,22
	Nasutitermitinae	<i>Nasutitermes arborum</i> (Smeathman, 1842)	X	0,08	0,07

C: Champignonniste; X: Xylophages; GT: Groupe trophique

3.2 EVALUATION DES INDICES DE DIVERSITE BIOLOGIQUE

3.2.1 INDICES DE DIVERSITE BIOLOGIQUE SELON LE GROUPE TROPHIQUE DES TERMITES RAVAGEURS

A Man et à Biankouma, 7 espèces de termites ravageurs ont été respectivement échantillonnées, réparties en 4 espèces xylophages et 3 espèces champignonnistes. Les indices de Shannon (H') obtenus à Man et à Biankouma sont respectivement 1,879 et 1,898. Il varie faiblement entre les xylophages et les champignonnistes (Tableau 4). A Man, les indices de Shannon (H') pour les xylophages et les champignonnistes ravageurs des cacaoyers sont respectivement 1,332 et 1,33. Ils sont de 1,28 et 1,321 à Biankouma. L'indice d'équitabilité (E) pratiquement constant et est compris entre 0,923 et 0,965 pour les xylophages et les champignonnistes ravageurs des cacaoyers (Tableau 4).

Tableau 4. Indices de diversité des espèces de termites ravageurs des cacaoyers à Man et à Biankouma selon le groupe trophique

Localité	Groupe trophique	Richesse spécifique (S)	Indice de Shannon (H')	Indice d'équitabilité (E)
Man	Toutes les espèces	7	1,879	0,965
	Xylophage	4	1,332	0,961
	Champignonniste	3	1,33	0,959
Biankouma	Toutes les espèces	7	1,898	0,946
	Xylophages	4	1,28	0,923
	Champignonnistes	3	1,321	0,95

3.2.2 INDICES DE SHANNON (H') ET D'EQUITABILITE DES ESPECES DE TERMITES RAVAGEURS DES CACAOYERS A MAN ET A BIANKOUMA

Coptotermes intermedius avec un indice de Shannon de 1,337 obtenu à Man est l'espèce ravageur la plus dominante et est suivie respectivement des espèces *Microcerotermes fuscotibialis* (1,072) et *Ancistrotermes cavithorax* (1,013). Par contre, à Biankouma, *Microcerotermes fuscotibialis* est l'espèce la plus diversifiée avec un indice de Shannon qui est de 1,277 et est suivie de *Coptotermes intermedius* (1,055). *Nasutitermes arborum* et *Ancistrotermes cavithorax* ont une répartition irrégulière dans les plantations de Biankouma. Par contre seul l'espèce de termite *Nasutitermes arborum* est rare dans les plantations de Man. Leurs indices d'équitabilité sont nuls. Les autres espèces de termites ravageurs des cacaoyers sont régulières. Leurs indices d'équitabilité sont compris entre 0,81 et 1 (Tableau 5).

Tableau 5. Indices de Shannon (H') et d'équitabilité des espèces ravageurs des cacaoyers à Man et à Biankouma

Espèce	Indice de Shannon (H')		Indice d'équitabilité (E)	
	Man	Biankouma	Man	Biankouma
<i>Coptotermes intermedius</i>	1,337	1,055	0,9646	0,9602
<i>Microcerotermes fuscotibialis</i>	1,072	1,277	0,9758	0,9212
<i>Amitermes evuncifer</i>	0,6365	0,6931	0,9183	1
<i>Ancistrotermes cavithorax</i>	1,013	0	0,9223	-
<i>Macrotermes bellicosus</i>	0,9566	0,9003	0,8707	0,8194
<i>Macrotermes subhyalinus</i>	0,6365	0,6365	0,9183	0,9183
<i>Nasutitermes arborum</i>	0	0	-	-

3.3 TAUX D'ATTAQUE DES CACAOYERS PAR LES TERMITES RAVAGEURS A MAN ET A BIANKOUMA

3.3.1 DIFFERENTES PARTIES DES CACAOYERS ATTAQUEES PAR LES TERMITES RAVAGEURS

Les termites attaquent les différentes parties des cacaoyers notamment, les racines, les tiges et les feuilles. Les attaques de *Ancistrotermes cavithorax* sont localisées au niveau de l'écorce des troncs et des branches des cacaoyers (Figures 1 a & b). Ils dégradent l'écorce des cacaoyers, ce qui empêche la circulation normale de la sève. En outre, les attaques de *Amitermes evuncifer* sont localisées sur l'écorce ou le xylème. Leurs nids sont situés à la base de certains arbres. Par ailleurs, *Nasutitermes arborum* est une espèce xylophage qui érige son nid en hauteur sur les branches des cacaoyers (Figure 1c). *Macrotermes bellicosus* et *Macrotermes subhyalinus* construisent leurs nids autour de certains arbres et emprisonnent ainsi ces arbres (Figures 1 d & e). Ces termites rongent l'écorce et attaquent le bois de l'arbre entraînant la mort de cacaoyers. Les termites *Coptotermes intermedius* et *Microcerotermes fuscotibialis* creusent des galeries-tunnels du sol au tronc puis aux branches des cacaoyers attaqués dans lesquelles ils circulent. Les attaques de *Coptotermes intermedius*

sont étendues à l'intérieur de l'arbre atteignant le xylème par contre celles de *Microcerotermes fuscotibialis* se limitent au niveau de l'écorce des cacaoyers attaqués. Les attaques des termites aboutissent à la mort des cacaoyers (Figure 1 e & f).



Fig. 1. Attaques des termites sur les cacaoyers: Attaques de *Ancistrotermes* (a et b); Nid épigé de *Nasutitermes arborum* (c); Attaques de *Macrotermes* (d, e); arbres tués par les termites (e, f)

3.3.2 TAUX D'ATTAQUE DES TERMITES RAVAGEURS

Le taux d'attaque des termites sur les arbres de cacaoyers est élevé à Man qu'à Biankouman. Ces taux d'attaque sont de 9,555% et 2,235% respectivement à Man et Biankouman. Ces taux varient significativement à Man et à Biankouma ($F=29,676$; $ddl= 7$; $p= 0,002$). Le taux d'arbres tués par les termites est de 2,500% à Man et de 1,500% à Biankouman. Aucune différence significative n'a été observée dans les plantations de Man et à Biankouma ($F=0,6667$; $ddl= 7$; $p= 0,445$) (Tableau 6).

L'intensité d'attaque des cacaoyers dans la localité de Man est de type III avec une valeur de 47,25 %. Cet indice est faible pour les parcelles de cacaoyers de Biankouma. Il est de type I (faible) avec une valeur de 18,25% (Figure 2).

Tableau 6. Taux d'attaque des arbres de cacaoyers par les termites ravageurs à Man et à Biankouma

Plantation	Taux d'attaque (%) $\pm$ SE	Arbres morts (%) $\pm$ SE
Man	9,555 b $\pm$ 2,372	2,500 $\pm$ 1, 082
Biankouma	2,235 a $\pm$ 1,261	1,500 $\pm$ 0,591
F	29,676	0,6667
ddl	7	7
p	0,002	0,445

SE: Erreur standard

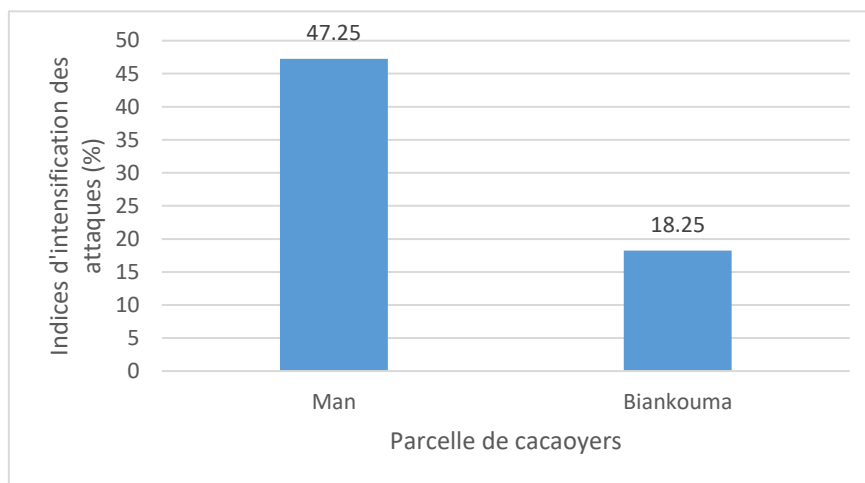
Les moyennes affectées d'une même lettre à l'intérieur d'une même colonne ne diffèrent pas statistiquement entre elles (test de Fisher, $p < 0,05$).

Fig. 2. Indice d'intensification des attaques des cacaoyers par les termites

4 DISCUSSION

Dans cette étude, 7 espèces de termites ravageurs des cacaoyers ont été échantillonnées dans toutes les plantations de cacaoyers. Ces espèces sont réparties en deux groupes trophiques qui sont les xylophages et les champignonnistes. Il s'agit des termites des genres *Coptotermes*, des *Microcerotermes*, *Nasutitermes*, *Ancistrotermes*, *Amitermes* et *Macrotermes*. Ces observations sont conformes à celles de Anani *et al.* [9] qui ont montré que l'essentiel des espèces de termites responsables des dommages causés aux arbres sur le campus de Lomé, appartiennent au groupe des xylophages et des champignonnistes. De plus, les travaux Tra Bi *et al.* [14] et de Diabaté *et al.* [12], [13] ont montré que les cultures pérennes hébergent des espèces ravageurs de termites appartenant aux groupes des xylophages et des champignonnistes. *Coptotermes intermedius* et *Microcerotermes fuscotibialis* sont les espèces de termites ravageurs les plus dominantes dans les plantations de cacaoyers de Man et de Biankouma. Les attaques de ces espèces de termites ravageurs sont diversifiées et varient selon les espèces. *Coptotermes intermedius* perforent les tiges de cacaoyers et *Microcerotermes fuscotibialis* consomment l'écorce des cacaoyers. Les taux d'attaque et les fréquences d'occurrence des espèces de termites ravageurs sont faibles. Par ailleurs les fréquences d'occurrence de ces espèces sont inférieures à 5%. Ainsi, ces espèces de termites ravageurs sont considérées comme espèces rares. Ces faibles taux seraient liés au jeune âge des plantations de cacaoyers de la région du Tonkpi. Ces résultats sont conformes à ceux de Diabaté *et al.* (2021a) sur l'anacardier qui ont montrés que l'intensité d'attaque des termites augmente avec l'âge des vergers d'anacardiers. En outre, les attaques des termites ravageurs sont caractérisées par la présence de galeries et de placages de terre localisés sur les troncs des plantes. L'attaque des termites se fait de l'extérieur vers l'intérieur avec consommation successive du cortex externe de la tige, du parenchyme interne jusqu'aux des vaisseaux conducteurs notamment le xylème et le phloème. La circulation de la sève brute et de la sève élaborée ainsi que la photosynthèse sont perturbée. Ainsi, le métabolisme des arbres de cacaoyers est perturbé et leur rendement diminue. Par ailleurs, les nids des *Macrotermes* sp construits autour de certains cacaoyers les emprisonnent. Ils rongent l'écorce et attaquent le bois de l'arbre entraînant la mort de l'arbre de cacaoyers [12], [25].

5 CONCLUSION

Dans cette étude, 7 espèces de termites ravageurs des arbres de cacaoyers ont été échantillonnées dans toutes les plantations de cacaoyers. Ces espèces sont réparties en deux groupes trophiques qui sont les xylophages et les champignonnistes. Il s'agit des *Coptotermes intermedius*, des *Microcerotermes fuscotibialis*, des *Nasutitermes arborum*, des *Ancistrotermes cavithorax*, des *Amitermes*

evuncifer et des *Macrotermes* sp. Toutes ces espèces échantillonnées ont une fréquence d'occurrence inférieure à 5%. *Coptotermes intermedius* et *Microcerotermes fuscotibialis* sont les espèces de termites ravageurs les plus dominantes dans les plantations de cacaoyers de Man et de Biankouma. En outre, les fréquences d'occurrences des termites ravageurs des arbres de cacaoyers sont plus élevées à Man qu'à Biankouman. Elles sont inférieures à 1% à Biankouman et comprises entre 0,08 et 3,16% à Man. A Man, *Coptotermes intermedius* à la fréquence d'occurrence la plus élevée (3,16%). Les indices de Shannon (H') à Man et à Biankouma sont respectivement 1,879 et 1,898. Les taux d'attaque sont de 9,555% et 2,235% respectivement à Man et Biankouman. Compte tenu de l'importance écologique des termites, l'usage de biopesticides, moins polluant pour l'environnement, serait nécessaire pour la lutte contre les termites ravageurs des arbres du cacaoyer. Ainsi, cela permettra d'améliorer le rendement du cacaoyer, tout en préservant la biodiversité des termites.

REFERENCES

- [1] J.C. Motamayor, P. Lachenaud, J. W. Mota, D.N. Kuhn, J.S. Brown, et R.J. Schnell, "Différenciation géographique et génétique des populations du chocolatier amazonien (*Theobroma cacao* L.)", PLoS ONE, vol. 3, no. 10, pp. 3311-3318, 2008.
- [2] A.H. N'Guessan, K.F. N'Guessan, K.P. Kouassi, N.N. Kouamé, et P.W. N'Guessan, "Dynamique des populations du foreur des tiges du cacaoyer, *Eulophonotus myrmeleon* Felder (Lépidoptère: Cossidae) dans la région du Haut-Sassandra en Côte d'Ivoire", Journal of Applied Biosciences, vol. 83, pp. 7606-7614, 2014.
- [3] T.G. Wood, "The agricultural importance of termites in the tropics", Agricultural zoology Review, vol. 7, pp. 117-150, 1996.
- [4] P. Eggleton, "Global patterns of termite diversity. In: T. Abe, D.E. Bignel, M. Higashi (ed) Termites: Evolution, Sociality, Symbioses, Ecology", Springer, Netherlands, Dordrecht, pp. 25-51, 2000.
- [5] L.A. Lobry de Bruyn and A.J. Conacher, "The role of termites and ants in soil modification: A Review", Australian Journal of Soil Research, vol. 28, pp. 55-93, 1990.
- [6] B.P. Freymann, R. Buitenwerf, O. Desouza, and H. Olff, "The importance of termites (Isoptera) for the recycling of herbivore dung in tropical ecosystem: a review", European Journal of Entomology, vol. 105, pp. 165-173, 2008. doi: 10.14411/eje.2008.025.
- [7] A. Fuchs, A. Schreyer, S. Feuerbach, and J. Korb, "A new technique for termite monitoring using computer tomography and endoscopy", International Journal of Pest Management, vol. 50, pp. 63-66, 2004.
- [8] A.Y. Tahiri, Y. Tano, and K. Foua-Bi, "Effet toxique et mode d'action du chlorpyrifos-éthyl sur les termites ravageurs de l'hévéa", Science et technique, Sciences naturelles et agronomie, vol. 30, no. 2, pp. 13-25, 2008.
- [9] E. K. Anani, B. Kasseney, W. Nyamador, G. Ketoh, et A. Glitho, "Attaques des arbres par les termites sur le campus de l'Université de Lomé (Togo)", International Journal of Biological and Chemical Sciences, vol. 4, no. 1, pp. 61-68, 2010. <https://doi.org/10.4314/ijbcs.v4i1.54231>.
- [10] A.A.M. Akpesse, G.R.Y. N'guessan, T. Coulibaly, K.S.D. Yao, K.P. Kouassi and K.K. Koua, "Attacks and damage of termites (Insecta: Isoptera) in cocoa plantations (*Theobroma cacao* L.) of M'brimbo S.A.B Station (South Côte d'Ivoire)", International Journal of Advanced Research, vol. 7, no. 1, pp. 438-445, 2019.
- [11] T. Coulibaly, A.A.M. Akpesse, A. Yapi, G.N. Zirihi, et K.P. Kouassi, "Dégâts des termites dans les pépinières de manguiers du nord de la Côte d'Ivoire (Korhogo) et essai de lutte par utilisation d'extraits aqueux de plantes", Journal of Animal & Plant Sciences, vol. 22, no. 3, pp. 3455-3468, 2014.
- [12] D. Diabaté, T. Coulibaly, and Y. Tano, "Influence of cashew farms age on the damage of *Zographus regalis* (Browning, 1776) (Coleoptera: Cerambycidae) and Termites in West of Côte d'Ivoire", International Journal of Biosciences, vol. 18, no. 6, pp. 166-175, 2021a. <http://dx.doi.org/10.12692/ijb/18.6.166-175>.
- [13] D. Diabaté, T. Coulibaly, and Y. Tano, "Impact of rubber orchards (*Hevea brasiliensis* Muell. Arg.) on termite communities in west of Côte d'Ivoire", International Journal of Agriculture and Biological Sciences, vol. 5, no. 3, pp. 94-102, 2021b. DOI: 10.5281/zenodo.5150046.
- [14] C.S. Tra Bi, T. Coulibaly, S.H. Blei, K. Souleymane, K.P. Kouassi, and Y. Tano, "Attacks of termites (Insecta: isoptera) in cocoa farms (*Theobroma cacao* L.) in oumé (Côte d'Ivoire)", International Journal of Current Research, vol. 11, no. 09, pp. 6899-6905, 2019.
- [15] M. B. Saley, Cartographie thématique des aquifères de fissures pour l'évaluation des ressources en eau. Mise en place d'une nouvelle méthode d'extraction des discontinuités images et d'un SIHRS pour la région semi-montagneuse de Man (Nord-Ouest de la Côte d'Ivoire). Thèse de Doctorat d'Université de Cocody-Abidjan, 209 p, 2003.
- [16] S. Koné, N. A. Sika-Piba, M. Dagnogo, et K. Allou, "Fluctuations des différents stades de développement de *Analeptes trifasciata* F. au Centre-Nord de la Côte d'Ivoire", International Journal of Biological and Chemical Sciences, vol. 13, no. 6, pp. 2646- 2656, 2019.
- [17] D. Diabaté, et Y. Tano, "Attaque de *Analeptes trifasciata* Fabricius 1775 (Coleoptera: Cerambycidae) en culture d'anacarde (*Anacardium occidentale* Linnaeus 1753) à l'ouest de la Côte d'Ivoire", Revue Ivoirienne des Sciences et Technologies, vol. 36, pp. 1-10, 2020.
- [18] Y. Sjöstedt, Revision der Termiten Afrikas. 3. Monographie. Kungliga Svenska Vetenskapsakademiens Handlingar, pp. 1-415, 1926.
- [19] A. Bouillon, et G. Mathot, "Quel est ce termite africain ?", Zooleo, vol. 1, pp. 1-115, 1965.

- [20] W.V. Harris, "On the genus *Coptotermes* in Africa", *Proceedings of the Royal Entomological Society of London (B)*, vol. 35, pp. 161-171, 1966a.
- [21] W.V. Harris, "The genus *Ancistrotermes* (Isoptera)", *Bulletin of the British Museum (Natural history) Entomology*, vol. 18, no. 1, pp. 1-20, 1966b.
- [22] W.A. Sands, "A revision of the termite family *Nasutitermitinae* (Isoptera, Termitidae) from the Ethiopian Region", *Bulletin of the British Museum (Natural History)*, vol. 4, pp. 1-172, 1965.
- [23] J.E. Ruelle, "A revision of the termites of the genus *Macrotermes* from the Ethiopian region (Isoptera: Termitidae)", *Bulletin of the British Museum*, vol. 24, pp. 363-444, 1970.
- [24] S.E. Donovan, P. Eggleton, and D.E. Bignell, "Gut content analysis and a new feeding group classification of termites", *Ecological Entomology*, vol. 26, pp. 356-366, 2001. <https://doi.org/10.1046/j.1365-2311>.
- [25] J.N.B.K. Gbenyedji, B.D. Kasseney, S.W. Nyamador, B.B. Sanbena, A.D. Kokutsè, K. Kokou and I.A. Glitho, Évaluation des attaques de termites (Isoptera, BRULLE, 1832) sur quatre essences forestières d'importance économique au Togo (Afrique de l'Ouest). *European Scientific Journal*, vol. 12, no. 09, pp. 333-352, 2016.
- [26] D.C. Aléné, J. Messi and S. Quilici, Influence de l'ombrage sur la sensibilité des de *Ricinodendron heudelotii* (Baill.) aux attaques de *Diclidophle biaxuanii* en milieu naturel au Cameroun. *Fruits*, vol. 61, pp. 273-280, 2006.
- [27] P. Mora, C. Rouland, and J. Renoux, "Foraging, nesting and damage caused by *Microtermes subhyalinus* (Isoptera: Termitidae) in a sugarcane plantation in the Central African Republic", *Bulletin of Entomological Research*, vol. 86, pp. 387-395, 1996.

Burn out chez les étudiants de la 7ème de la Faculté des sciences techniques et de santé de l'Université de Conakry en 2020

[Burn out among students of the 7th faculty of medicine of the University of Conakry in 2020]

Habib Toure¹, Mor Ndiaye², F. Oulare¹, Hassane Bah¹, C. A. Toure¹, and K. Bah¹

¹Université de Conakry, Guinea

²Université de Dakar, Senegal

Copyright © 2022 ISSR Journals. This is an open access article distributed under the **Creative Commons Attribution License**, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

ABSTRACT: *Introduction:* Burnout is a common syndrome among medical students. The objective of this study was to assess the prevalence of burnout among students in the 7th year of the Faculty of Technical and Health Sciences of the University of Conakry.

Methodology: This was a prospective cross-sectional, descriptive and analytical study lasting 6 months from November 15 to May 15, 2020. The data was collected using an anonymous self-questionnaire providing information on the socio-demographic and professional characteristics of burnout; the data analysis was carried out using the software Epi info version 7.

Results: The average age of the students was 26.48 with extremes of 23 and 35 years and a predominance of the male sex or 69% of cases. The prevalence of burnout was 60.70%, high scores for emotional exhaustion, depersonalization and low personal achievement were 39.80%, 29.35% and 22.39% respectively. There was a clear correlation between burnout and working hours in the hospital, workload and stress.

Conclusion: Burnout presents risks to the health and safety of students in the 7th year of the FSTS. Raising the awareness of the actors involved on the risk factors and their means of prevention is essential.

KEYWORDS: burn out, professional exhaustion, medical student, Conakry.

RESUME: *Introduction:* Le burn out est un syndrome répandu parmi les étudiants en médecine.

L'objectif de cette étude était d'évaluer la prévalence du burn out parmi les étudiants de la 7^{ème} année de la faculté des sciences techniques et de santé de l'université de Conakry.

Méthodologie: Il s'agissait d'une étude prospective transversale, descriptive et analytique d'une durée de 6 mois du 15 novembre au 15 mai 2020.

Les données ont été recueillies à l'aide d'un auto questionnaire anonyme renseignant sur les caractéristiques socio démographiques et professionnelles du burn out, l'analyse des données a été effectuée à l'aide du logiciel Epi info version 7.

Résultats: L'âge moyen des étudiants était de 26,48 avec des extrêmes de 23 et 35 ans et une prédominance du sexe masculin soit 69 % des cas. La prévalence du burn out était de 60,70%, les scores élevés d'épuisement émotionnel, de dépersonnalisation et d'accomplissement personnel bas étaient respectivement de 39,80%, 29,35% et 22,39%.

Il existait une nette corrélation entre le burn out et les heures de travail à l'hôpital, la charge du travail et le stress.

Conclusion: Le burn out présente des risques pour la santé et la sécurité des étudiants de la 7^{ème} année de la FSTS.

Une sensibilisation des acteurs impliqués sur les facteurs de risques et leur moyen de prévention s'avère indispensable.

MOTS-CLEFS: burn out, épuisement professionnel, étudiant en médecine, Conakry.

LISTE DES ABRÉVIATIONS

CHU:	Centre hospitalo universitaire
CMC:	Centre medico communal
FSTS:	Faculté des sciences techniques et de santé
UGANC:	Université Gamal Abdel Nasser de Conakry
MBI	Maslach Burn out Inventory

1 INTRODUCTION

Le Burn Out ou syndrome d'épuisement professionnel se définit comme un épuisement physique, émotionnel et mental qui résulte d'un investissement prolongé dans des situations de travail exigeantes sur le plan émotionnel [1, 2, 3].

La formation médicale de premier cycle est longue et exigeante sur le plan émotionnel, les étudiants en médecine sont souvent sujets au syndrome d'épuisement professionnel en raison de facteurs de stress psychosociaux tout au long de leur vie universitaire et de formation [4].

De nombreuses études ont été menées dans le monde sur le burn out:

Aux Etats Unis, Dyrbye en 2008 dans une étude sur les étudiants en médecine a rapporté que 49,6% des étudiants souffraient de burn out et 11,2% avaient eu des idées suicidaires durant leurs études [5, 6].

En France, Le Tourneur A et Coll. en 2011 avaient rapporté un taux d'épuisement professionnel élevé de 16%, un score de dépersonnalisation élevé de 33,8% et un score d'accomplissement personnel bas de 38,9% chez les internes en médecine générale [7].

En Afrique très peu d'étude sur le burn out ont été rapportées.

Au Maroc BOUNSIR.A dans sa thèse de doctorat en médecine en 2008 avait rapporté un épuisement émotionnel élevé de 39,5%, une dépersonnalisation élevée de 29%, et un accomplissement personnel faible de 18,5% chez les étudiants de la Faculté de Médecine et de Pharmacie de Marrakech [8].

Au Sénégal Camara B et Coll. en 2016 avaient rapporté une prévalence du burn out de 62% parmi les étudiants de la Faculté de Médecine de Pharmacie et d'Odontologie de l'Université Cheick Anta Diop de Dakar [9].

C'est dans ce contexte que nous avons initié cette étude, dont l'objectif est d'évaluer la prévalence du Burn out parmi les étudiants de la 7ème de la FSTS de l'Université de Conakry, de décrire ses manifestations et de proposer des stratégies de prévention efficaces et applicables à ce secteur de l'enseignement supérieur.

2 MATERIEL ET MÉTHODOLOGIE

2.1 CADRE DE L'ÉTUDE

Le cadre était constitué de l'ensemble des structures sanitaires (les CHU de DONKA et IGNACE DEEN) et les centres médicaux communaux de CONAKRY) où évoluaient les étudiants en synthèse clinique.

2.2 MATÉRIEL

Il était constitué des étudiants de la septième année de médecine de la FSTS de l'Université de Conakry.

2.3 SUPPORT DE COLLECTE

Il était constitué d'une fiche d'enquête pré établie.

2.4 MÉTHODE

Il s'agissait d'une étude prospective transversale, descriptive et analytique menée sur une période de 6 mois allant du 1^{er} janvier au 30 juin 2020.

2.5 POPULATION CIBLE

Elle était constituée des étudiants de la 7ème année de Médecine de la FSTS de l'Université de Conakry.

2.6 POPULATION D'ÉTUDE

L'enquête a été réalisée auprès des étudiants de la septième année de médecine de la Faculté des Sciences et Techniques de la Santé de l'UGANC. 201 étudiants de la septième année ont participé à l'étude.

2.7 CRITÈRES D'INCLUSION

Ils étaient inclus dans cette étude les étudiants de la 7ème année de médecine de la Faculté des Sciences et Techniques de la Santé de l'Université de Conakry en situation de synthèse clinique et ayant acceptés d'y participer.

2.8 CRITÈRES DE NON INCLUSION

Ils n'étaient pas inclus dans cette étude tous les étudiants de la septième année de médecine absents au moment de l'enquête ou n'ayant pas accepté d'y participer.

2.9 VARIABLES D'ÉTUDE

Les variables d'étude ont été des données quantitatives, qualitatives, personnelles et des données liées au Burn Out.

2.10 VARIABLES DÉPENDANTES

Le burn out.

2.11 VARIABLES INDÉPENDANTES

Sexe - âge - ancienneté au poste -nationalité - choix d'étude médicale - type de personnalité de l'étudiant - heures de travail par semaine -nombre de garde par semaine - charge du travail - la performance de l'étudiant.

2.12 DONNÉES LIÉES AU BURN OUT

Le Maslach Burn out Inventory (MBI) a été l'échelle de mesure de l'épuisement professionnel du soignant [10].

Il s'agit d'une échelle composée de 22 items permettant d'apprécier pour chaque personne interrogée la fréquence selon laquelle elle éprouve ce ressenti.

Chaque item correspond à l'une des trois dimensions du burn out à savoir l'épuisement émotionnel, la dépersonnalisation et l'accomplissement personnel.

Le burn out est défini par un score élevé sur au moins une des trois dimensions. Un niveau de burn out sévère se manifeste par des scores élevés à toutes les trois dimensions, un niveau de burn out modéré par des scores élevés à deux dimensions et un niveau de burn out faible par un score élevé à seulement une dimension.

2.13 ANALYSE DES DONNÉES

Les données ont été analysées à l'aide du logiciel Epi- info dans sa version 7.2.2.16.

2.14 CONSIDÉRATIONS ET ETHIQUES

Nous avons insisté sur l'anonymat du questionnaire et le caractère confidentiel des informations fournies. Un consentement éclairé a été recueilli de la part de chacun d'entre eux avant la distribution du questionnaire.

2.15 DIFFICULTÉS ET LIMITES

La réticence de certains étudiants à participer à l'étude, la subjectivité des répondants étaient les principales difficultés.

3 RESULTATS ET DISCUSSION

Nous avons mené une étude prospective, transversale et analytique sur le burn out parmi les étudiants de la 7^{ème} année de la faculté des sciences et de technique de sante. Le but de notre étude était d'évaluer la prévalence de l'épuisement professionnel parmi les étudiants en synthèse clinique dont 201 ont accepté de participer à l'étude sur 345 étudiants soit un taux de participation de 58,26%.

Tableau 1. *Caractéristiques sociodémographiques des étudiants*

Variables	Effectifs	Pourcentage%
Age (ans)		
23-25 ans	74	36,82
26-28 ans	96	47,76
29-31 ans	28	13,93
32-34 ans	2	1,00
Plus de 34 ans	1	0,50
Sexe		
Masculin	169	69,15
Féminin	62	30,85
Situation matrimoniale		
Célibataire	169	84,09
Marié (e) (e)	20	14,93
Divorcé (e)	2	1,00
Choix d'étude médicale		
Choix personnel	188	93,53
Choix des parents	13	6,47

Au terme de l'enquête, 201 étudiants de la septième année ont participé à l'étude au niveau des différentes structures sanitaires retenues

Dans cette étude nous avons trouvé une prévalence du burn out de 60,70% dont 1,64% des étudiants présentaient un niveau élevé d'épuisement professionnel. GUEYE M et Coll. au CHU de Dakar en 2013 avaient rapporté que 91,9 % des étudiants présentaient au moins une sous-dimension pathologique du burn out [11].

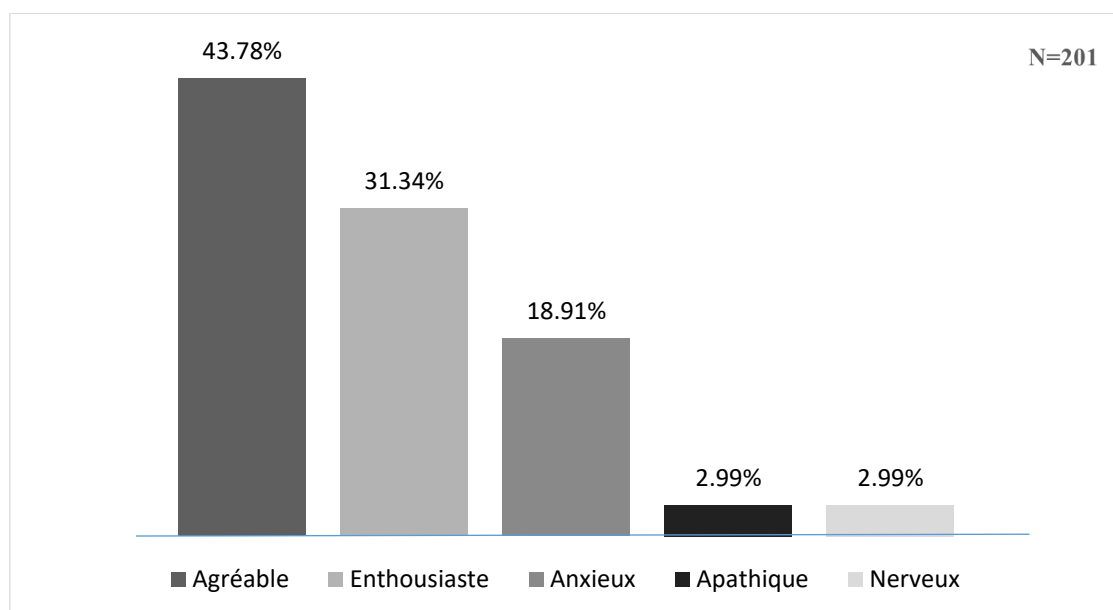


Fig. 1. Répartition des étudiants selon le type de personnalité

Youssef F F. à la Trinité-et-Tobago a démontré des niveaux de stress élevés et une prévalence significative d'épuisement professionnel chez 52% des étudiants en médecine [12].

Selon les critères tridimensionnels du Burn out, l'épuisement émotionnel était élevé dans 39,80% des cas, la dépersonnalisation élevée dans 29,35% des cas et l'accomplissement personnel bas dans 45,27%.

Dyrbye et coll. aux USA en 2014 dans leur étude ont rapporté que l'épuisement émotionnel était élevé dans 35%, la dépersonnalisation élevée de 26% et l'accomplissement personnel dans 31% [13,14].

le niveau du burn était élevé chez 1,64% des étudiants dans notre étude. Ebrahimi S et coll. en 2018 ont rapporté un niveau de Burn Out élevé de 10,5% dans une série de 230 étudiants en Iran [13,14,15].

CAMARA B et Coll. chez les étudiants de la septième année de médecine de l'université Cheikh Anta Diop de Dakar ont rapporté un niveau de 3% du Burn Out [9].

les étudiants travaillant pendant 31 heures étaient les plus touchés par le burn out soit 68,03% des cas du essentiellement au volume important du travail mais aussi et surtout au contact fréquent avec les malades

Guèye M et coll. Ont rapporté que les étudiants travaillant plus de 30 heures par semaine étaient parmi ceux qui présentaient des scores de personnalisation élevé [11].

Dans la présente étude la charge de travail était importante chez 52,46% des étudiants durant leur stage à l'hôpital.

. RAKOTONDRAINIBE A et Coll. à Madagascar en 2018 avaient montré que la charge de travail importante ressentie par 60% des étudiants dans leur étude avait un impact significatif sur la survenue du burn out ($p=0,0247$) [15, 16].

Nous avons trouvé que 52,72% des étudiants interrogés dans notre étude avaient un stress en lien avec leurs encadreurs, la famille et le volume du travail.

Les taux élevés d'épuisement professionnel en médecine résultent des difficultés croissantes chez les étudiants liés au volume important des cours, les différents stages hospitaliers non rémunérés, les contacts fréquents avec les malades, de même que des nombreux dysfonctionnement liés à la mauvaise organisation du travail durant leur synthèse clinique [18, 19, 20].

Tableau 2. Répartition des étudiants selon le nombre d'heure de travail par semaine

Heures de travail	Effectif	Pourcentage %
16 - 20h	40	19,90
21 - 25h	13	6,47
26 - 30h	17	8,46
≥ 31h	131	65,17
Total	201	100

Tableau 3. Répartition des étudiants selon la perception de la charge du travail

Charge du travail	Effectif	Pourcentage	IC [95 %]
Importante	102	50,75%	[43,62 - 57,85]
Normale	44	21,89%	[16,38 - 28,25]
Difficile	31	15,42%	[10,73 - 27,17]
Excessive	24	11,94%	[7,80 - 17,24]
Total	201	100%	

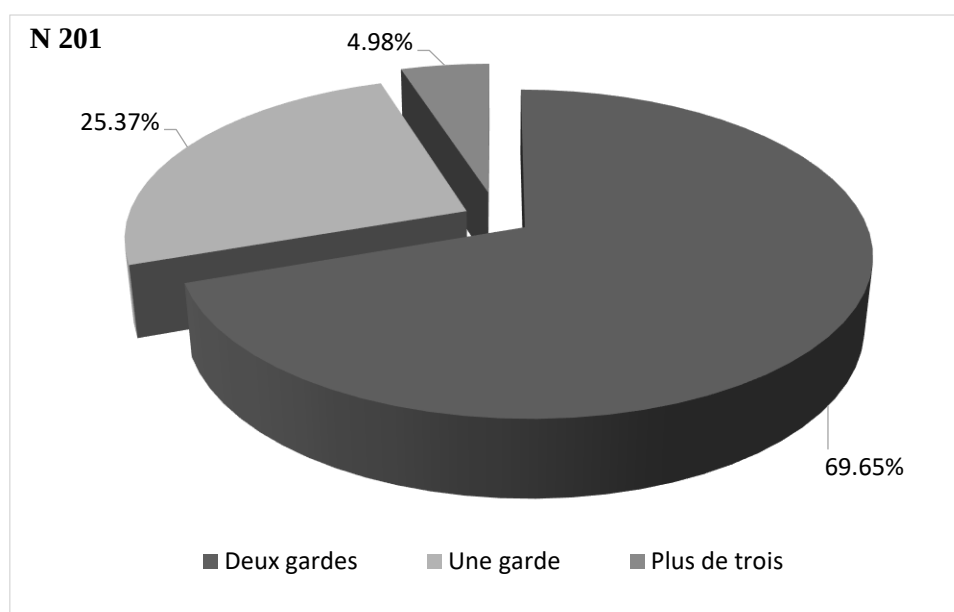


Fig. 2. Répartition des étudiants selon le nombre de garde par semaine

Tableau 4. Répartition des étudiants selon le sentiment de stress et ses sources

Sentiment de stress	Effectif	Pourcentage (%)
Stressé	114	56,72
Non stressé	87	43,28
Causes de stress		
Encadreurs	70	34,83
Famille	23	11,14
Volume de travail	21	10,45
Malades	15	7,46
Para médicaux	4	1,99
Collègues	2	1,00
Total	201	100

4 CONCLUSION

Le syndrome d'épuisement professionnel ou Burn Out est un véritable problème de santé au travail chez les étudiants de la 7ème année en synthèse clinique

Les résultats ont montré l'existence à des degrés divers de tous les facteurs retenus dans notre cadre conceptuel notamment:

- Des contraintes liées aux conditions physiques de travail avec une mauvaise organisation du travail
- Peu d'autonomie et un climat organisationnel relativement tendu
- Des conflits interpersonnels et même parfois des violences
- Un support insuffisant de la hiérarchie

Les conséquences dans le travail sont également nombreuses: taux d'absentéisme élevé, insatisfaction, relations conflictuelles entre autres.

Une bonne politique de gestion et de prévention du burn out doit être élaborée par les divers acteurs impliqués: les encadreurs des étudiants en synthèse clinique, les instances dirigeantes de l'hôpital, les étudiants eux-mêmes et surtout le médecin du travail des structures hospitalières.

REFERENCES

- [1] Moueleu NPT, Assomo NPB, Owona MLJ, Bandga EY, Guessogo WR, Ayina ACN et Coll. Syndrome du burnout chez le personnel soignant paramédicaux au cameroun: impact des activités physiques et sportifs et des loisirs. Archives des Maladies Professionnel et de l'Environnement. 2017.
- [2] Erschens R, Keifenheim KE, Herrmann-Werner Q, Loda T, Schwille-Kiuntke J, Bugaj TJ et Coll. Professional burnout among medical students: systematic literature review and meta-analysis. Med Teach. 2018, 14: 1-12.
- [3] Rotenstein LS, Ramos MA, Torre M, Segal JB, Guille C, Sen C et Coll. Prevalence of depression, depressive symptoms, and suicidal ideation among medical students: a systematic review and meta-analysis. JAMA. 2016, 316 (21): 2214-36.
- [4] Chigerwe M, Boudreaux KA, Ilkiw JE. Assessment of burnout in veterinary medical students using the Maslach burnout inventory-education survey: a survey during two semesters. BMC medical education. 2014, 14 (1): 255.
- [5] Baillargeat M. Etude Noburnout: Evaluation de l'impact d'un programme en ligne et en autoformation de méditation pleine conscience de huit semaines sur le syndrome d'épuisement professionnel des étudiants en médecine de quatrième à la sixième année, des internes de médecine et de chirurgie et des étudiants en maïeutique de l'Université de Poitiers, France, 2015. 253p.
- [6] Dyrbye LN, Thomas MR and Shanafelt TD. Systematic review of repression, anxiety, and other indicators of psychological distress among U.S. and Canadian medical students. Academic Medicine. 2006a, 81 (4): 354-373.
- [7] Le Tourneur A, Komly V. Burn out des internes en médecine générale: Etat des lieux et perspectives en France Métropolitaine. Thèse de doctorat en médecine. Université Joseph Fournier. France, 2011. 136p.
- [8] Bounsir A. Burn out chez les étudiants de la faculté de médecine et de pharmacie de Marrakech. Thèse de médecine. Université Cadi Ayyad, Maroc, 2008. 104p.
- [9] Camara B. Burn out parmi les étudiants de la septième année de médecine de pharmacie et d'odontologie de l'UCAD. Thèse de doctorat en médecine. Université Cheick Anta Diop de Dakar, Sénégal, 2016. 103p.
- [10] Maslach C., Jo H., Laidlaw. Behaviour and burnout in medical students, Medical Education Online. 2014, 19: 1,25209.
- [11] Guèye M, Moreira PM, Dia DA, et Coll. Le syndrome d'épuisement professionnel chez les étudiants en spécialisation au centre hospitalier universitaire de Dakar (Sénégal). Ann Med Psychol (Paris). 2015, 2034: 6.
- [12] YOUSSEF FF et Coll. Medical student stress, Burnout and Depression in Trinidad and Tobago. Acad Psychiatry. 2016, 40 (1): 69-75.
- [13] Dyrbye E, Ebrahimi S., Atazadeh F. Medical students' occupational burnout and its relationship with professionalism. J Adv Med Educ Prof. 2018, 6 (4): 162-167.
- [14] Zins C. Evaluation des performances d'un outil de dépistage du burn out vers le Maslach Burnout Inventory en médecine générale. Thèse de médecine. Université de Lorraine, France, 2016. 120p.
- [15] Dominique R. Une exploration des effets de la satisfaction au travail des sages-femmes sur le «burnout, » l'intention de quitter et la mobilité professionnelle: une étude longitudinale au Sénégal. Mémoire: maîtrise en santé communautaire, Montréal, 2010, 147p.
- [16] Rakotondrainable A, Randriamizo HMR, Rasolofondranohatra HF, Samison LH, Andriamanarivo ML. Perceptions et indicateurs de syndrome de burnout chez les stagiaires de deuxième cycle en réanimation chirurgicale au CHU d'Antananarivo. Pédagogie Médical. 2017, 18: 101.
- [17] Thevenet M. Analyse du burn out chez les internes de médecine générale sur la base d'une étude comparative entre l'Île-de-France et le Languedoc Roussillon. Thèse de Doctorat en Médecine. Paris: Université Pierre et Marie Curie, 2011, 175p.
- [18] BERGONNIER M et Coll. Syndrome d'épuisement professionnel et qualité de vie des internes de médecine générale de l'île de la Réunion. Thèse de doctorat en médecine. Université de Bordeaux, France, 2016. 128p.
- [19] LEMPEREUR-GUYONNET S et Coll. Etude Noburnout: corrélation entre empathie et syndrome d'épuisement professionnel. Thèse de doctorat en médecine. Université de Poitier, France, 2014. 93p.

Aptitude à la multiplication végétative par bouturage et marcottage aérien de *Combretum nigricans* Lepr. ex Guill. & Perr. au Burkina Faso

[Aptitude for vegetative propagation by cuttings and air layering of *Combretum nigricans* Lepr. ex Guill. & Perr. in Burkina Faso]

Ki Dieudonné¹, Ouoba Paulin¹, Kaboré Sibiry Albert², Nacoulma Blandine Marie Ivette³, Somda Irénée⁴, and Nacro Hassan Bismarck⁴

¹Unité de Formation et de Recherche en Sciences de la Vie et de la Terre, Université Nazi Boni, Bobo-Dioulasso, Burkina Faso

²Centre universitaire de Tenkodogo, Université Thomas Sankara, Tenkodogo, Burkina Faso

³Unité de Formation et de Recherche en Sciences de la Vie et de la Terre, Université Joseph Ki-Zerbo, Ouagadougou, Burkina Faso

⁴Institut du Développement Rural (IDR), Université Nazi Boni, Bobo-Dioulasso, Burkina Faso

Copyright © 2022 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: *Combretum nigricans* is a species of high socio-economic importance in West Africa and particularly in Burkina Faso. However, the strong anthropic pressure and the lack of knowledge on the different modes of regeneration constitute the main factors which hinder the stability of the stands of the species. The objective of this study was to evaluate the ability of *C. nigricans* for vegetative propagation. To do this, two modes of vegetative regeneration were tested, namely root and stem cuttings and air layering. The results show that *C. nigricans* does not respond to vegetative propagation by root cuttings. However, tests on aerial fragment cuttings show that time period has a highly significant effect ($p < 0.001$) on the ability of the cuttings to vegetatively recover. The survival of the cuttings is strongly influenced by the diameter of the fragments ($p < 0.001$) and also varies from one period to another. Air layering carried out in March (during vegetative rest) gave after 06 months of follow-up a success rate of 45% with a high success rate for branches 16 to 18 mm in diameter. These preliminary results show that it is possible to reproduce *C. nigricans* by stem cuttings and air layering. These results are promising and open interesting perspectives for the improvement of gum production in Burkina Faso.

KEYWORDS: *Combretum nigricans*, anthropic pressure, multiplication, gum, Burkina Faso.

RESUME: *Combretum nigricans* Lepr. ex Guill. & Perr. est une espèce à haute importance socio-économique en Afrique de l'Ouest et particulièrement au Burkina Faso. Cependant, la forte pression anthropique et l'insuffisance de connaissances sur les différents modes de régénération constituent les principaux facteurs qui entravent la stabilité des peuplements de l'espèce. L'objectif de cette étude était d'évaluer l'aptitude de *C. nigricans* à la multiplication par voie végétative. Pour ce faire, deux modes de régénérations par voie végétatives ont été testés à savoir le bouturage racinaire et caulinair et le marcottage aérien. Les résultats montrent que *C. nigricans* ne répond pas à la multiplication végétative par bouture de racine. Cependant, les essais sur les boutures de fragment aérien montrent que la période a un effet très significatif ($p < 0,001$) sur la capacité de reprise végétative des boutures. La survie des boutures est fortement influencée par le diamètre des fragments ($p < 0,001$) et varie également d'une période à une autre. Le marcottage aérien réalisé en mars (pendant le repos végétatif) a donné au bout de 06 mois de suivi un taux de réussite de 45% avec un fort taux de succès pour les branches de 16 à 18 mm de diamètre. Ces résultats préliminaires montrent qu'il est possible de reproduire *C. nigricans* par bouturage de tige et par marcottage aérien. Ces résultats sont prometteurs et ouvrent des perspectives intéressantes pour l'amélioration de la production en gomme au Burkina Faso.

MOTS-CLEFS: *Combretum nigricans*, pression anthropique, multiplication, gomme, Burkina Faso.

1 INTRODUCTION

La maîtrise des connaissances sur les différents modes de régénération des espèces ligneuses locales en Afrique de l'Ouest est fondamentale pour leur conservation et leur domestication [1]; [2]; [3]. En effet, elle contribue à l'installation des vergers de production

et à la sauvegarde du patrimoine génétique menacé de disparition [4]. La plupart des espèces des zones tropicales sèches connaissent de plus en plus de difficultés de régénération liées aux facteurs intrinsèques, environnementaux et anthropiques [5]; [6]; [7]. Certaines espèces de la famille des Combrétacées font face à cette problématique de régénération [8]; [9]. C'est le cas de *Combretum nigricans* une espèce dont l'aire de distribution couvrirait environ 75% du Burkina Faso [10]. Cependant, l'un des principaux facteurs entravant sa régénération naturelle sur le terrain est la forte attaque de ses fruits par les coléoptères (*Caryedon serratus*) avant même leur maturité [9]; [2]. A cela, s'ajoute la surexploitation de son bois comme bois de chauffe par les ménages [10]; [11]. Actuellement, *C. nigricans* fait partie des espèces ligneuses menacées dans le Sud-Ouest [12] ainsi que dans la zone sahélienne du Burkina Faso [13]. Pourtant, elle est utilisée dans divers domaines comme la pharmacopée, l'énergie, l'artisanat, la construction et la nutrition humaine et animale. La commercialisation de la gomme qu'elle exsude contribue à diversifier les sources de revenus des ménages. Cette gomme est également utilisée dans les industries pharmaceutique, alimentaire, cosmétique et chimique [14]; [11]; [15]. Au regard des potentialités socio-économiques de cette espèce, des mesures doivent être prises pour sa restauration dans son aire de répartition. Certaines études dont celles de [9]; [16]; [2] se sont intéressées à la régénération séminale de *C. nigricans*. Cependant, les conditions de stockage et de traitement des graines nécessitent à la fois un investissement matériel important et de larges connaissances, rendant ainsi ce mode de multiplication difficilement accessible aux petits producteurs à l'échelle locale [17]; [18]. Il serait donc intéressant d'explorer d'autres alternatives beaucoup plus avantageuses telles que le bouturage et le marcottage [19]; [20]; [21]. En effet, ces techniques sont facilement accessibles aux petits producteurs et permettent de produire des plants rapidement productifs que ceux résultant de la germination des graines [18]; [22]. Au Burkina Faso, certaines espèces d'intérêt ont fait l'objet d'une étude de régénération par voie végétative. Il s'agit essentiellement de *Pterocarpus erinaceus* Poir. [23]; *Bombax costatum* Pellegr. & Vuill. [1]; *Balanites aegyptiaca* (L.) Delile, *Diospyros mespiliformis* Hochst. ex A. Rich., *Sclerocarya birrea* (A. Rich.) Hochst., *Senegalia macrostachya* Rchb. ex DC., *Lannea microcarpa* Engl. & K. Krause, *Faidherbia albida* (Delile) A. Chev. [20]; [21]; *Securidaca longipedunculata* Fresen. [24]. Cependant il existe une lacune en ce qui concerne l'aptitude de *C. nigricans* à se multiplier par cette voie [10]. Des connaissances sur les différentes possibilités de multiplications végétatives de *C. nigricans* contribueront ainsi fortement à la conservation et à la gestion durable des peuplements de cette espèce d'intérêt au Burkina Faso.

L'objectif de cette étude est d'évaluer l'aptitude de *C. nigricans* à la multiplication par voie végétative. Plus spécifiquement, il s'agit de: (i) tester sa capacité à la multiplication par bouturage et marcottage aérien (ii) de déterminer les meilleures périodes de bouturage et de marcottage aérien (iii) de proposer la bonne technique de multiplication végétatives pour les reboisements forestiers.

2 METHODOLOGIE

2.1 ESSAI DE BOUTURAGE

2.1.1 SITE DE PRELEVEMENT ET DESCRIPTION DES BOUTURES

Les boutures ont été prélevées sur des individus de *C. nigricans* ayant un bon état physiologique et sanitaire [4] dans la Forêt Classée de Dindéresso (figure 1). Cette forêt classée est située à l'Ouest du Burkina Faso (Afrique de l'Ouest), dans la province du Houet, au Nord-Ouest de la ville de Bobo-Dioulasso. Elle appartient au climat sud-soudanien [25]. Deux types de boutures ont été prélevés à savoir les boutures de fragments aériens (BFA) et les boutures de segments de racines (BSR). Les boutures ont été testées suivant deux classes de diamètre: la classe I pour les fragments de diamètre inférieur ou égale à 1,5 cm et la classe II pour les fragments de diamètre compris entre 1,5 cm et 3 cm. Les tiges prélevées ont été effeuillées et découpées en boutures de 20 cm de longueur tandis que les racines ont quant à elles été découpées en boutures de 10 cm de longueur en suivant le protocole de [1]. Les boutures ont été prélevées très tôt le matin (entre 6h et 8h) puis placées dans des sacs en polyéthylène étiquetés et mises dans une glacière pour éviter leur déshydratation. Les essais de bouturage ont été effectués sur quatre 04 périodes de l'année: Janvier 2021 (saison sèche et froide), Avril 2021 (saison sèche et chaude), Juillet 2021 (mi saison pluvieuse) et Octobre 2021 (fin de saison pluvieuse).

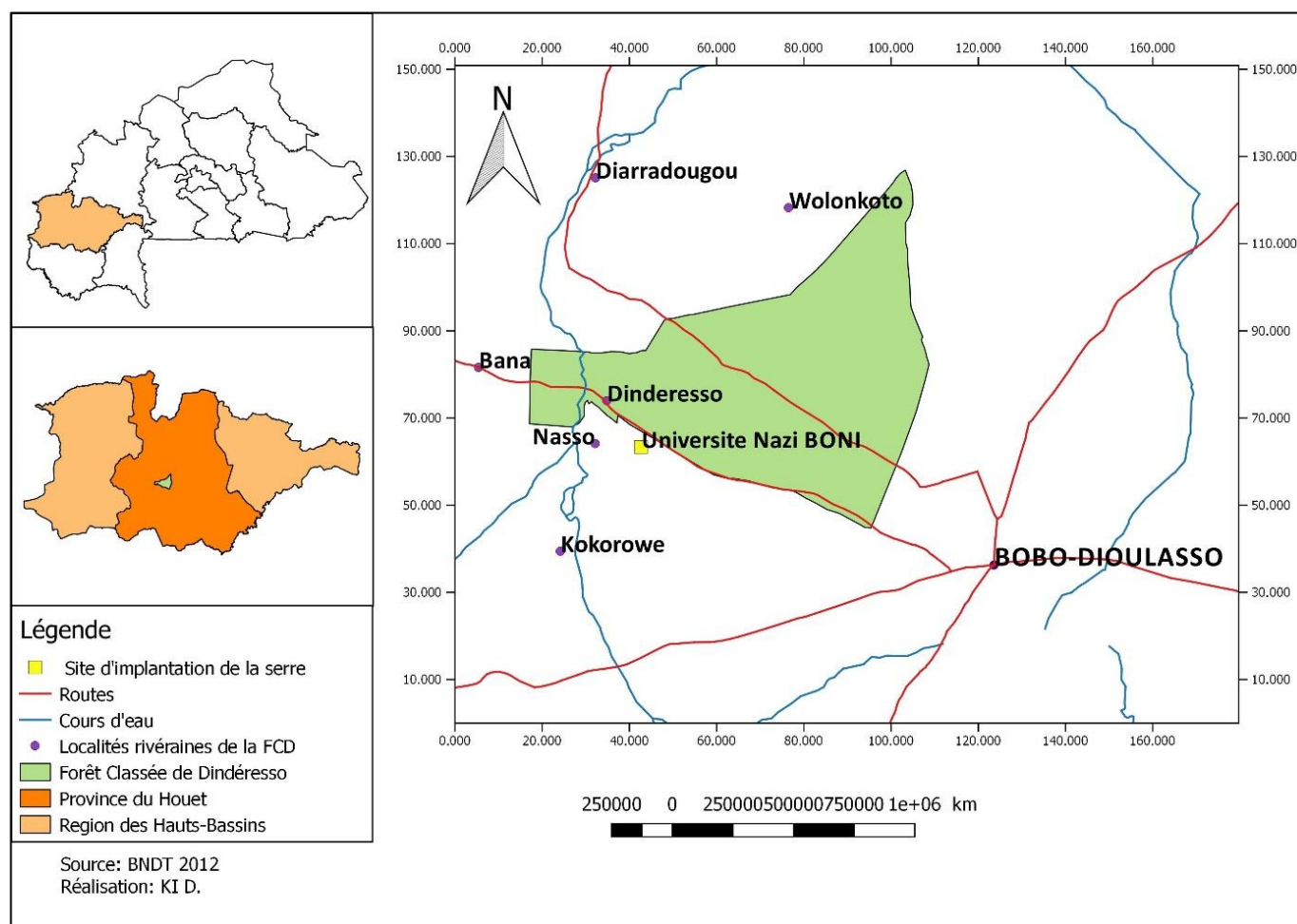


Fig. 1. Carte de localisation de la Forêt Classée de Dindéresso

2.1.2 DESCRIPTION DE LA SERRE

Les tests de bouturage ont été conduits à l'intérieur d'une serre construite dans le jardin botanique de l'Université Nazi BONI qui est une structure installée aux environs immédiats de la Forêt Classée de Dindéresso (figure 1). La serre a été construite selon le modèle utilisé par [26]. En effet, il s'agit d'une enceinte mesurant 2 m de hauteur dont le toit est un secco et les côtés recouverts de films plastiques semi-transparents. Ce système empêche l'exposition directe des boutures aux rayons solaires et aux fortes pluies tout en conservant un niveau élevé d'humidité dans l'air ambiant de l'enceinte grâce aux films plastiques (figure 2A).

2.1.3 DISPOSITIF EXPERIMENTAL ET COLLECTE DE DONNEES

A l'intérieur de la serre, les boutures ont été placées dans des sacs plastiques étiquetés contenant du sable fin comme substrat. Les hormones de croissance et les produits antifongiques n'ont pas été appliqués. Les boutures de fragments aériens (BFA) ont été enterrées verticalement aux deux tiers (environ 13-14 cm) tandis que les boutures de segments de racines (BSR) ont été disposées horizontalement et recouvertes totalement d'une couche de substrat d'environ 1 cm. A chaque période, 200 boutures ont été utilisées dont 100 boutures de tiges et 100 boutures de racines. Pour chaque type d'organe utilisé, nous avons installé un plan expérimental entièrement randomisé comportant 10 blocs de 10 boutures (05 boutures de la classe I et 05 boutures de la classe II) (figure 2A). Au cours de la conduite de l'essai, un arrosage journalier par aspersion au besoin a été effectué à l'aide d'un pulvérisateur. Un thermo-hygromètre permettait de contrôler à la fois l'humidité relative et la température dans la serre. Les données quotidiennes de ces paramètres ont été acquises directement grâce à l'appareil puis les valeurs moyennes mensuelles ont été calculées (figure 3). A chaque période de l'essai, les paramètres suivants ont été calculés:

- **Les taux de reprise végétative (Tr)**, exprimés par le nombre de boutures ayant débourré (Nbd) par rapport au nombre de boutures mises en terre (Nbt).

$$Tr = \frac{Nbd}{Nbt} \times 100 \text{ [27]}$$

- **Les taux de survie (Ts)**, exprimés par le nombre de boutures ayant gardé leurs feuilles (Nbf) à la fin de l'essai par rapport au nombre de boutures mises en terre (Nbt). Dans notre cas, ce paramètre a été pris en compte 3 mois après la mise en terre des boutures et est déterminé selon la formule ci-dessous:

$$Ts = \frac{Nbf}{Nbt} \times 100 \text{ [27]}$$



Fig. 2. Mise en place du dispositif expérimental dans la serre (plan expérimental entièrement randomisé comportant 10 blocs de 10 boutures (A) et quelques boutures de tiges avec des axes feuillés (B))

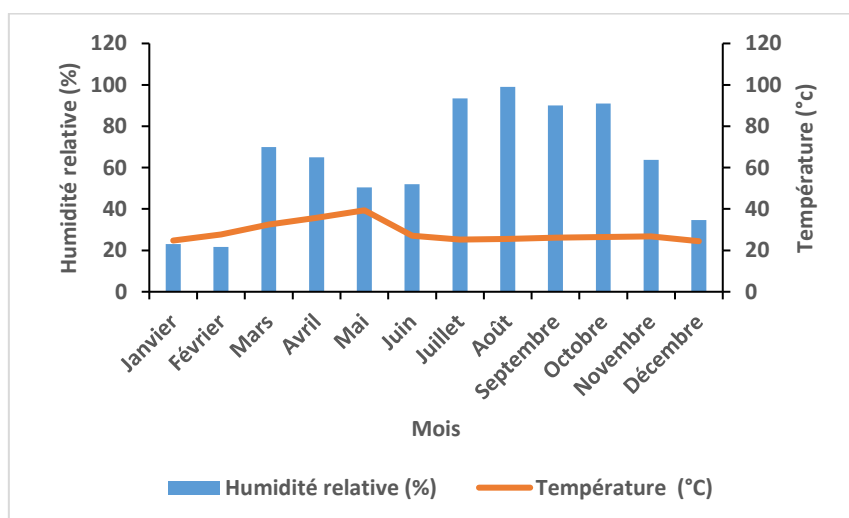


Fig. 3. Evolution de la température moyenne et de l'humidité relative moyenne de l'air dans la serre

2.2 ESSAI DE MARCOTTAGE AERIEN

2.2.1 MISE EN PLACE DE L'ESSAI

Les opérations de marcottage aérien ont été effectuées en mars 2021 (pendant le repos végétatif) et en août 2021 (en pleine période de feuillaison) sur des rameaux de type orthotrope [28]; [29] de jeunes individus de *C. nigricans* dans la Forêt Classée de Dindéresso. A chaque période, 40 rameaux de diamètres compris entre 10 et 25 mm ont été testés. Pour ce faire, une annélation consistant à effectuer deux incisions circulaires distantes l'une de l'autre de 4 à 5 cm [28]; [21] a permis d'enlever un anneau d'écorce sous un nœud. La partie dénudée a été ensuite recouverte d'un manchon en polyéthylène transparent contenant de la sciure de bois blanc légèrement humidifiée comme substrat. La sciure de bois a été choisie pour son accessibilité, sa forte production et son faible coût [1]; [29]. Une bande de plastique transparent a été utilisée pour attacher les bords supérieur et inférieur du manchon contenant le substrat (figure 7A). Une seringue de 10 ml a été utilisée pour humidifier le substrat à chaque fois que celui-ci présentait un faible taux d'humidité. Les trous induits par l'aiguille de la seringue étaient immédiatement refermés avec du scotch afin de minimiser l'évaporation de l'eau. Des observations directes ont été effectuées au moins une fois par semaine pour contrôler la néoformation des racines dans le substrat à travers le film transparent.

2.2.2 PARAMETRES MESURES

Pour chaque période d'essai, l'aptitude de *C. nigricans* au marcottage aérien a été évaluée après 06 mois par le calcul des paramètres suivants:

- **Le délai d'apparition des racines**, exprimé en jours, correspond au temps qui s'écoule entre la mise en place du manchon et l'apparition des premières racines visibles à travers le film plastique transparent recouvrant le substrat [30];
- **La durée d'apparition des racines**, exprimée en jours, correspond au temps qui s'écoule entre la première marcotte à s'être enracinée et la dernière marcotte à l'être [30];
- **Le taux d'enracinement**, exprimé en pourcentage, est estimé en faisant le rapport entre le nombre de marcottes ayant développé des racines et le nombre total de marcottes posées [30];
- **Le taux de réussite**, exprimé en pourcentage, est estimé en faisant le rapport entre le nombre de marcottes enracinées vivantes et le nombre total de marcottes posées [30];
- **Le nombre moyen de racines principales (ou racines primaires)**: il est mesuré après sevrage sur un échantillon de quatre marcottes choisies au hasard. Ce même échantillon a été utilisé pour évaluer la longueur moyenne (cm) de racines principales;
- **Le volume moyen racinaire**, exprimé en millilitres (mL), est estimé par le test de densité à l'eau dans une éprouvette graduée [30], sur l'échantillon précédent, en considérant toutes les racines de la marcotte;
- **Le taux de reprise**, exprimé en pourcentage, est estimé en faisant le rapport entre le nombre de marcottes ayant produit de nouvelles feuilles après 2 mois de culture en champ et le nombre total de marcottes transplantées. Pour ce faire, les marcottes prélevées ont été totalement défoliées puis placées individuellement dans des trous déjà préparés après avoir retiré soigneusement le film plastique.

2.3 TRAITEMENT ET ANALYSE DES DONNEES

Le logiciel Excel a été utilisé pour la saisie des données et le calcul des paramètres de bouturage (taux de reprise végétative et taux de survie) par classe de diamètre et par période. Afin d'améliorer la normalité, les valeurs en pourcentage ont préalablement subi une transformation Arc sin $\sqrt{p}$ (p = proportion) et une analyse de variance (ANOVA) à deux facteurs a été effectuée avec le logiciel R4.1.1 pour tester l'effet de la grosseur et de la période de bouturage sur les taux de reprise végétative et de survie. En ce qui concerne le marcottage aérien, les résultats ont été présentés sous forme de valeurs moyennes et d'écarts-types. Une évaluation comparative des diamètres des rameaux enracinés a été faite afin de suggérer un diamètre minimum requis pour le marcottage aérien de *C. nigricans*.

3 RESULTATS

3.1 ESSAI DE BOUTURAGE

3.1.1 1 EFFET DE LA PERIODE ET DE LA GROSSEUR DES TIGES SUR LA REPRISE VEGETATIVE DES BOUTURES

A la fin des différents essais, les BSR déterrées puis observées ne présentaient aucune réaction c'est-à-dire qu'il n'y avait ni bourgeonnement ni rhizogénèse. Par contre, les tests effectués avec les BFA ont donné des possibilités de reprise végétative chez ces dernières. La figure 4 montre les taux de reprise végétative des BFA pour les quatre périodes de l'année. L'analyse de variance a montré que la capacité de reprise végétative des boutures de tige ne dépend pas du diamètre ($p= 0,7141$) mais de la période de l'année ($p<$

0,001). En effet, les taux de reprise les plus élevés ont été observés en saison sèche et chaude (Avril) et en mi saison pluvieuse (Juillet) avec des taux de débourrement compris entre 94 et 100%. Les plus faibles taux de reprise (8-12%) ont été observés en saison sèche et froide (Janvier).

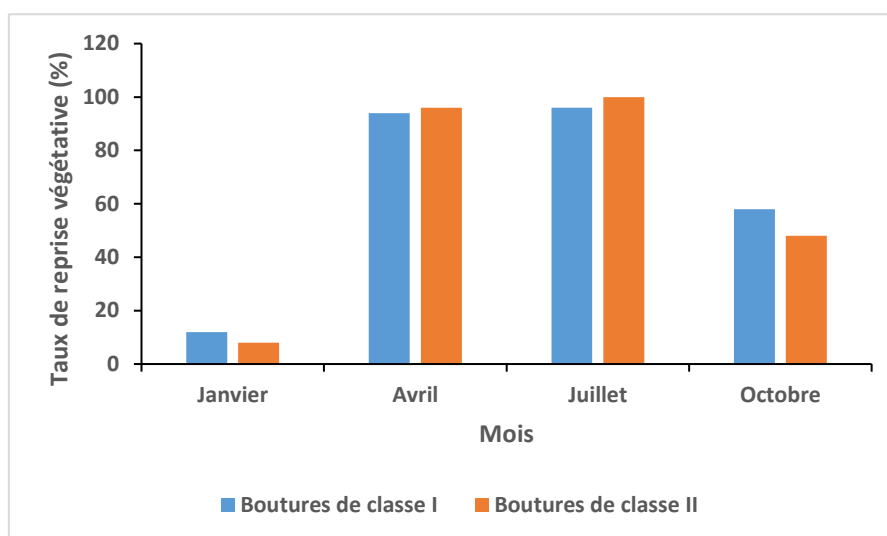


Fig. 4. Taux de reprise végétative des boutures de tige par classe de diamètre et par période

3.1.2 1 EVOLUTION ET SURVIE DES BFA EN FONCTION DE LA PERIODE ET DE LA GROSSEUR DES BOUTURES

La figure 5 présente les évolutions des taux de débourrement par période et selon la grosseur des boutures. Les trois dernières périodes d'essai (Essais 2, 3 et 4) présentent un délai de débourrement relativement court (5 à 6 jours) par rapport à la première période (Essai N°1) (8 à 11 jours). L'analyse de la variance a montré que la survie des boutures de tige est fortement influencée aussi bien par leur grosseur que par la période ($p < 0,001$). De façon générale, les boutures de petits diamètres se caractérisent par une vitesse de bourgeonnement et un taux de mortalité relativement plus élevés par rapport aux boutures de grand diamètre. Au regard des résultats obtenus sur les différents taux de survie (figure 5A-D), trois grandes saisons ont pu être déterminées, constituant ainsi une base orientant vers un bon choix du matériel végétal en fonction de la période de bouturage:

- Saison 1: elle correspond à la période d'essai N°1 (saison sèche et froide). Elle est caractérisée par un très faible taux de reprise végétative puis un dépérissement total des boutures en moins de 60 jours quelle que soit la grosseur.
- Saison 2: elle correspond à la période d'essai N°2 (saison sèche et chaude). Elle offre des chances de survie des boutures des deux classes de diamètre 90 jours après installation.
- Saison 3: elle correspond aux périodes d'essai N°3 et 4 (mi et fin saison pluvieuse). Pour cette saison, seules les boutures de gros diamètre sont aptes à survivre après 90 jours de semi. Cependant, le bouturage en fin d'hivernage reste moins favorable à cause de l'attaque des boutures par les termites. Pour ces deux dernières saisons, aucun enracinement n'a été constaté chez les boutures ayant survécu en fin d'essai.

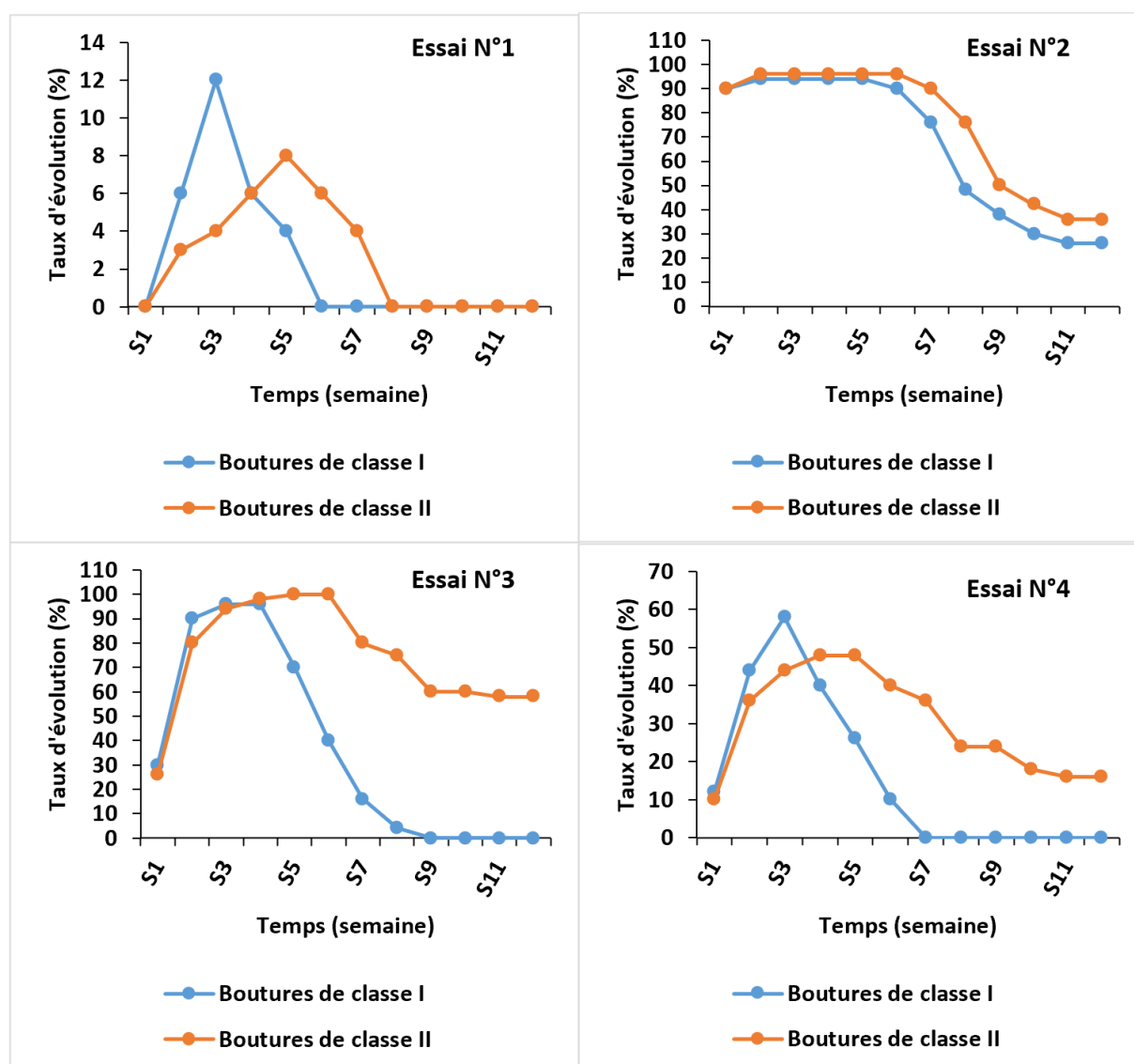


Fig. 5. Evolution des boutures de tige de *C. nigricans* selon la grosseur et la période (Essai N°1: saison sèche et froide; Essai N°2: saison sèche et chaude; Essai N°3: mi-saison pluvieuse; Essai N°4: fin saison pluvieuse)

3.2 ESSAI DE MARCOTTAGE AERIEN

Les résultats des différents tests obtenus au bout de 06 mois de suivi ont montré que seul le marcottage effectué en saison sèche (pendant le repos végétatif) permet d'obtenir des marcottes enracinées (figure 7B). Par conséquent, seuls les résultats de cette période ont été pris en compte dans le calcul des différents paramètres. La figure 6A montre l'évolution du taux de réussite des marcottes en fonction du temps. Les premières racines adventives ont été observées au 93^{ème} jour (soit 03 mois) après la pose du manchon. La durée d'enracinement s'étale sur 72 jours au bout desquels le taux d'enracinement atteint sa valeur maximale qui est de 45 % (18 marcottes enracinées sur 40) (tableau I). Les marcottes enracinées ont produit en moyenne $09,81 \pm 3,51$ racines principales. La longueur moyenne de racines est de $16,2 \pm 4,33$ cm et le volume racinaire moyen est de $9,87 \pm 2,48$ ml (tableau I). La figure 6B montre la variation du taux de réussite du marcottage selon la grosseur de la branche marcottée. En effet, ce taux est faible pour les branches de 12 à 14 mm de diamètre, moyen pour celle de 14 à 16 mm de diamètre et élevé pour les branches de 16 à 18 mm de diamètre. En dessous de 12 mm de diamètre ou au-delà de 18 cm de diamètre, aucune marcotte enracinée n'a été enregistrée. La Figure 7C illustre quelques marcottes enracinées qui ont été utilisées pour le calcul des paramètres de densité racinaire. Toutes les marcottes (enracinées ou pas) ont survécu durant les deux périodes d'essai. Par ailleurs, une évaluation des marcottes transplantées après sevrage a permis d'enregistrer un taux de reprise de 85,71% (12 marcottes sur 14). La figure 7D illustre une marcotte acclimatée avec de nouvelles feuilles après deux mois de suivi au champ.

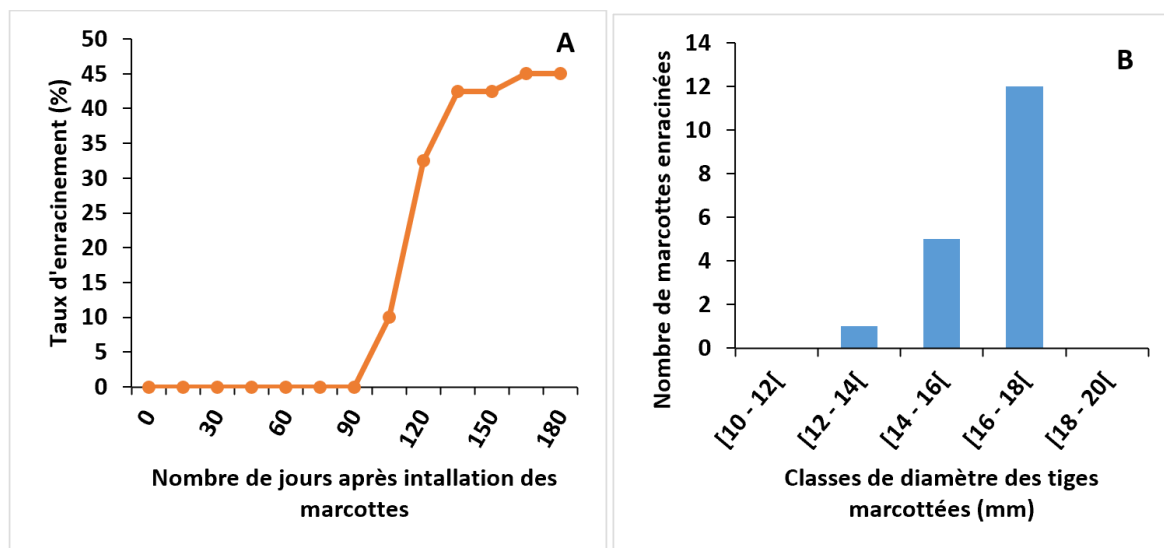


Fig. 6. Evolution du taux d'enracinement des marcottes (A) et diamètres des tiges des marcottes enracinées (B)

Tableau 1. Paramètres du marcottage aérien de *C. nigricans*

Paramètres évaluant l'aptitude au marcottage aérien				
Nombre de marcottes posées	Délai d'enracinement (jours)	Durée d'enracinement (jours)	Taux d'enracinement (%)	Taux de réussite (%)
40	93	72	45	45
Paramètres de densité racinaire				
Nombre moyen de racines primaires	Longueur moyenne de racines primaires (cm)		Volume racinaire moyen (ml)	
09.81 ± 3,51	16,2 ± 4,33		9.87 ± 2,48	



Fig. 7. Substrat enveloppé dans le manchon (A); marcottes portant des racines néoformées (B et C); marcotte transplantée et bien acclimatée avec de nouvelles feuilles (D)

4 DISCUSSION

4.1 MULTIPLICATION VEGETATIVE PAR BOUTURE DE RACINE DE *C. NIGRICANS*

Les résultats obtenus au cours des différents essais montrent des taux de bourgeonnement et d'enracinement nuls avec des boutures de segments racinaires de *C. nigricans* quelles que soient la grosseur des fragments et la période de l'essai. Cela pourrait s'expliquer par le fait que les racines de l'espèce ne contiennent pas suffisamment de substances nutritives nécessaires à l'émission de bourgeons et de racines. Des résultats similaires ont été obtenus par [20] et [31] sur les boutures de segment de racines de *Lannea microcarpa* Engl. & K. Krause et *Haematostaphis barteri* Hook. F. La non reprise des boutures de racine de *C. nigricans* serait également liée à l'incapacité de l'espèce à se régénérer par drageonnage. Selon [31] et [32], une forte propension de *Sclérocarya birrea* au drageonnage expliquerait la réussite du bouturage des racines de l'espèce. Des constats similaires ont été également faits sur d'autres espèces au Burkina Faso comme *Bombax costatum*, *Securidaca longipedunculata*, et *Faidherbia albida* [20]; [1]; [24].

4.2 MULTIPLICATION VEGETATIVE PAR BOUTURE DE TIGE DE *C. NIGRICANS*

Les résultats de nos expériences montrent que les boutures de tige prélevées en avril et en juillet présentent les taux de reprise végétative et de survie les plus élevés. Nos résultats se rapprochent de ceux de [10] qui a obtenu un taux de bourgeonnement de 100% sur les boutures de tige de *C. nigricans* prélevées dans le mois d'août. La phénologie de l'espèce et les conditions ambiantes pourraient expliquer ces résultats. En effet, les mois d'avril à juillet correspondraient à une période où la plante contient suffisamment de substances nutritives favorisant ainsi une intense activité des méristèmes apicaux et latéraux. Par ailleurs, les boutures prélevées en ces périodes auraient bénéficié d'un taux d'humidité assez élevé (figure 3) favorable à leur survie [8]; [26]. Cependant, nos résultats montrent que le taux de reprise chute d'environ 50% pour les boutures prélevées en octobre et d'environ 90% pour les boutures prélevées en janvier. Cela s'expliquerait par le fait que les mois d'octobre à janvier correspondent généralement à une période de ralentissement ou de fin des activités végétatives et que les boutures prélevées à cette période sont presque sans réserves nutritives [8].

De façon générale, les boutures de tige de grand diamètre (1,5 cm à 3 cm) sont celles qui donnent un fort taux de survie malgré l'absence de racines. Un constat similaire a été fait sur les boutures de racine de *Faidherbia albida* A. Chev. [20] et de *Pseudocedrela kotschy* (Schweinf.) Harms [27]. Le dessèchement des petits segments de tige en grand nombre s'expliquerait probablement par un épuisement plus rapide des réserves nutritives dans ces boutures et qui au contraire, seraient plus disponibles dans les gros segments. Par ailleurs, le non enracinement des boutures serait dû au fait qu'elles contiennent une très faible quantité d'acide indole-acétique (AIA) qui est une auxine endogène responsable de la néoformation des racines chez les boutures. Selon [33], les grandes étapes du bouturage (débourrement et l'enracinement) sont influencées par des facteurs endogènes modulés par les facteurs exogènes. En somme, le choix d'un diamètre de coupe approprié ayant donc plus de réserve nutritives, couplé à l'application d'une dose appropriée d'auxine de synthèse (l'acide indole-butyrique (AIB) ou l'acide naphthalène-acétique (ANA)) permettraient d'améliorer le débourrement et l'enracinement.

4.3 MARCOTTAGE AERIEN

Les résultats ont montré un taux de réussite de 45% au marcottage aérien au bout de 06 mois; ce qui est bien plus intéressant que ceux obtenus par d'autres auteurs, même si les travaux portent sur d'autres espèces. Ainsi, pour l'espèce *Coula edulis* Baill., [22] ont obtenu un taux de réussite de 48% au marcottage aérien au bout de 11 mois d'observation. Les résultats de notre étude seraient alors prometteurs sur une durée plus longue au regard du bon taux de survie (100%) enregistré. Néanmoins, le marcottage aérien de *C. nigricans* permet d'obtenir dans un délai relativement plus court, des plants d'une vigueur bien supérieure à celle des semis en pépinière [10]; [2]. Au vu de nos résultats, la période de l'année semble influencer la capacité des marcottes à émettre des racines, d'où l'absence d'enracinement constatée chez les marcottes posées en pleine saison pluvieuse (mois d'août). De nombreuses études ont également montré que la réussite du marcottage aérien chez certaines espèces est fortement influencée par la période [20]; [21]. Par exemple, le marcottage aérien effectué sur *Balanites aegyptiaca* (L.) Delile en octobre (fin de la saison des pluies et début de la saison sèche au Cameroun) aurait donné de très bons résultats [34]. Par ailleurs, les rameaux de 16 à 18 mm de diamètre ont donné le meilleur taux d'enracinement. Ce constat diffère d'une espèce à une autre. Par exemple, pour le marcottage aérien de *Santiria trimera* (Oliv.) H.J. Lam ex Aubrév., [29] ont obtenu de meilleurs résultats sur des rameaux de diamètres compris entre 20,7 et 25,4 mm. En outre, le type de substrat utilisé dans notre étude aurait également un effet sur la rhizogenèse des tiges marcottées. Les travaux de [35] ont montré que l'utilisation de la sphaigne du Chili était favorable au marcottage aérien de *Prosopis africana* (Guill. & Perr.) Taub., comparativement à la sciure de bois locale. [29] ont obtenu pour le marcottage aérien de *Santiria trimera*, des taux d'enracinement de 5%, 10% et 45% respectivement avec la mousse d'arbre, la sciure de bois et les inflorescences mâles du palmier à huile. Pour le même type de substrat (sciure de bois), les paramètres de densité racinaire (nombre, longueurs moyennes et volume des racines) obtenus dans notre étude sont supérieurs à ceux obtenus par [30] et [29] respectivement sur le marcottage aérien de *Pseudospondias microcarpa* (A.Rich.) Engl. et de *Santiria trimera*. Ces différences seraient dues au type de sciure de bois utilisé car ces auteurs ont utilisé de la sciure de bois rouge dont les propriétés physico-chimiques seraient différentes de la sciure de bois blanc utilisée dans notre étude. Par ailleurs, ces valeurs élevées des paramètres de densité racinaire seraient à l'origine du fort taux de reprise des marcottes transplantées après sevrage.

5 CONCLUSION

Ces résultats préliminaires montrent qu'il est possible de reproduire *C. nigricans* par bouturage de tige et par marcottage aérien. Cependant, une forte probabilité de succès a été observée chez les boutures de grand diamètre (entre 1,5 et 3 cm de diamètre) et ce, pour les périodes d'avril, juillet et octobre. Pour le marcottage aérien, le fort taux d'enracinement est obtenu avec des tiges de diamètre compris entre 16 et 18 mm. La multiplication végétative de *C. nigricans* par boutures de tige et par marcottage aérien peut alors être une alternative avantageuse à la production de semis car, elle est peu onéreuse et relativement simple à mettre en œuvre. Par ailleurs, les taux de réussite obtenus pourraient certainement être améliorés grâce à des études complémentaires incluant divers substrats et diverses doses d'hormones de croissance.

REMERCIEMENTS

Les auteurs remercient le Ministère de l'Enseignement Supérieur, de la Recherche Scientifique et de l'Innovation pour le soutien financier qui a permis la conduite de cette étude.

REFERENCES

- [1] B. Bélem, "Ethnobotanique et conservation de *Bombax Costatum* Pel. & Vuil. (faux Kapokier) dans les systèmes de production agricoles du plateau central, Burkina Faso," Thèse de Doctorat Unique, Université de Ouagadougou, 143p., 2009.
- [2] A. Amani, M. M. Inoussa, I. Dan Guimbo, A. Mahamane, M. Saadou, and A. M. Lykke, "Germination et croissance de quatre espèces de Combretaceae en pépinière," *Tropicultura*, vol. 33, no. 2, pp. 135–145, 2015.
- [3] Y. H. Ouoba, B. Bastide, P. Coulibaly-Lingani, S. A. Kaboré, S. C. Yaméogo-Gaméné, S. Ganaba, P. Ouoba, J. I. Boussim "Régénération assistée du karité (*Vitellaria paradoxa* C. F. Gaertn.) dans les parcs agroforestiers au Burkina Faso," *Eur. Sci. J., ESJ*, vol. 16, no. 40, pp. 23–48, 2020, doi: 10.19044/esj.2020.v16n40p23.
- [4] T. R. Bodjrenou, N. T. Keita, and C. Ouinsavi, "Effets de l'acide aaphtalène acétique, du type de substrat et de la grosseur des boutures sur le bouturage de tige de *Pterocarpus erinaceus* Poir. (Fabaceae)," *Eur. Sci. Journal, ESJ*, vol. 14, no. 27, pp. 297–316, 2018, doi: 10.19044/esj.2018.v14n27p297.
- [5] A. Ouédraogo, A. Thiombiano, K. Hahn-Hadjali, and S. Guinko, "Daignostic de l'état de dégradation des peuplements de quatre espèces ligneuses en zone soudanienne du Burkina Faso," *Sécheresse*, vol. 17, no. 4, pp. 485–491, 2006, doi: 10.1684/sec.2006.0058.
- [6] A. Wezel and A. M. Lykke, "Woody vegetation change in Sahelian West Africa: Evidence from local knowledge," *Environ. Dev. Sustain.*, vol. 8, no. 4, pp. 553–567, 2006, doi: 10.1007/s10668-006-9055-2.
- [7] S. Akpavi et al., "Distribution spatiale des plantes alimentaires mineures ou menacées de disparition au Togo: Un indicateur de l'ampleur de leur menace," *Acta Bot. Gall.*, vol. 159, no. 4, pp. 411–432, 2012, doi: 10.1080/12538078.2012.737145.
- [8] S. Kambou, "Étude de la biologie de reproduction de *Anogeissus leiocarpus* (Oc) Guill. Et Perr. (Combretaceae) au Burkina Faso," Thèse de Doctorat de Troisième Cycle, Université de Ouagadougou. 188 p., 1997.
- [9] A. Thiombiano, R. Wittig, and S. Guinko, "Conditions de la multiplication sexuée chez des Combretaceae du Burkina Faso," *Rev. d'Ecologie (La Terre la Vie)*, vol. 58, no. 4, pp. 361–379, 2003.
- [10] A. Thiombiano, "Les Combretaceae du Burkina Faso : taxonomie, écologie, dynamique et régénération des espèces," Thèse de Doctorat d'Etat ès Sciences Naturelles. Université de Ouagadougou. 291p, 2005.
- [11] F. Bognounou, P. Savadogo, A. Thiombiano, P. C. Oden, I. J. Boussim, and S. Guinko, "Ethnobotany and utility evaluation of five Combretaceae species among four ethnic groups in Western Burkina Faso.," *Tradit. For. Knowl. Sustain. For. Manag. Africa*, vol. 23, pp. 181–189, 2009.
- [12] L. Traoré, I. Ouédraogo, A. Ouédraogo, and A. Thiombiano, "Perceptions, usages et vulnérabilité des ressources végétales ligneuses dans le Sud-Ouest du Burkina Faso," *Int. J. Biol. Chem. Sci.*, vol. 5, no. 1, pp. 258–278, 2011.
- [13] A. Thiombiano, M. Schmidt, S. Da, K. Hahn-Hadjali, G. Zizka, and R. Wittig, "Vascular plants: flowering plants," in *Biodiversity Atlas of West Africa, Volume II: Burkina Faso*, A. Thiombiano and D. Kampmann, Eds. ouagadougou & Frankfurt/main, 2010.
- [14] M. Arbonnier, Arbres, arbustes et lianes des zones sèches d'Afrique de l'ouest. CIRAD-MNHN, 541p., 2009.
- [15] M. Sacande and M. Parfondry, *Les Produits Forestiers Non-Ligneux : De la restauration des terres à la génération de revenus*. FAO. 40 pp, 2018.
- [16] F. Bognounou, A. Thiombiano, P. C. Oden, and S. Guinko, "Seed provenance and latitudinal gradient effects on seed germination capacity and seedling establishment of five indigenous species in Burkina Faso," *Trop. Ecol.*, vol. 51, no. 2, pp. 207–220, 2010.
- [17] Z. Tchoundjeu, M. L. Mpeck, E. Asaah, and A. Amougou, "The role of vegetative propagation in the domestication of *Pausinystalia johimbe* (K. Schum), a highly threatened medicinal species of West and Central Africa," *For. Ecol. Manage.*, vol. 188, no. 1–3, pp. 175–183, 2004, doi: 10.1016/j.foreco.2003.07.010.
- [18] Q. Meunier, "Soutien technique aux tradipraticiens pour la multiplication végétative d'espèces médicinales prioritaires dans le Sud-Ouest de l'Ouganda," *DESS Gestion des systèmes agro-sylvo-pastoraux en zones tropicales*, Université Paris XII, 101p., 2005.
- [19] R. Bellefontaine, "Pour de nombreux ligneux, la reproduction sexuée n'est pas la seule voie : analyse de 875 cas. Texte introductif, tableau et references," *Sécheresse*, vol. 16, no. 4, pp. 315–317, 2005.
- [20] A. Harivel, R. Bellefontaine, and O. Boly, "Aptitude à la multiplication végétative de huit espèces forestières d'intérêt au Burkina Faso," *Bois Forêt des Trop.*, vol. 288, no. 2, pp. 39–50, 2006.
- [21] W. A. Zida, B. A. Bationo, A. N. Somé, and R. Bellefontaine, "Multiplication végétative par bouturage et marcottage aérien de trois espèces agroforestières au Burkina Faso," *VertigO*, vol. 18, no. 2, pp. 1–17, 2018.
- [22] C. Moupela, J. Doucet, K. Daïnou, Q. Meunier, and C. Vermeulen, "Essais de propagation par semis et marcottage aérien de *Coula edulis* Baill. et perspectives pour sa domestication," *Bois Forets Des Trop.*, vol. 318, no. 4, pp. 3–13, 2013, doi: 10.19182/bft2013.318.a20516.

- [23] H. Ouédraogo, "Structure démographique et modes de régénération de *Pterocarpus erinaceus* Poir. et autres espèces prioritaires utilisées dans l'artisanat à l'ouest du Burkina Faso," Mémoire d'Ingénieur du Développement Rural option Eaux et Forêts, Université Polytechnique de Bobo-Dioulasso, 82p., 2007.
- [24] B. Yaméogo, "Détermination de techniques d'amélioration de la production de *Securidaca longepedunculata* Fres. en pépinière," Mémoire d'Ingénieur du Développement Rural option Eaux et Forêts, Université Nazi BONI, 65p., 2018.
- [25] J. Fontès and S. Guinko, Carte de la végétation et de l'occupation du sol du Burkina Faso. Notice explicative. Ministère de la Coopération française, projet Campus, Toulouse, 67p, 1995.
- [26] C. I. Dembélé, "Étude préliminaire du potentiel de multiplication par Bouturage de *l'Anogeissus leiocarpus* (DC) Guil. et PERR. au Mali : Influence de l'état physiologique des boutures et régulateurs de croissance," Mémoire de Maîtrise ès Sciences, Université de Laval, Québec, 54 p., 2012.
- [27] A. G. Deguenonvo, J. Dossou, and R. Idohou, "Aptitude à la multiplication de *Pseudocedrela kotschy* (Schweinf.) Harms par graines et par boutures de tige et de racine au Bénin," Int. J. Biol. Chem. Sci., vol. 14, no. 7, pp. 2506–2516, 2020, doi: 10.4314/ijbcs.v14i7.11.
- [28] Q. Meunier, R. Bellefontaine, and O. Monteuis, "La multiplication végétative d'arbres et arbustes médicinaux au bénéfice des communautés rurales d'Ouganda," Bois Forêts des Trop., vol. 295, no. 2, pp. 71–82, 2008.
- [29] C. Moupela, D. U. Ikabanga, A. Mokea-Niaty, L. C. Moussavou Bikoukou, and A. N. Lepengue, "Essai de multiplication végétative de *Santiria trimera* (Oliv.) H.J.Lamex Aubrév., Burseraceae, par le marcottage aérien, Franceville Franceville (sud-est du Gabon)," J. Interdiscip. la Rech. Sci., vol. 2, no. 1, pp. 1–9, 2021.
- [30] C. Moupela et al., "Évaluation de l'aptitude de *Pseudospondias microcarpa* (A. Rich.) Engl. Var. *Microcarpa* (Anacardiaceae) au marcottage aérien et perspectives de domestication dans le Sud-Est du Gabon," Eur. Sci. J. ESJ, vol. 16, no. 12, pp. 410–430, 2020, doi: 10.19044/esj.2020.v16n12p410.
- [31] A. Agbogan, D. Bammite, K. Tozo, and K. Akpagana, "Contribution à la multiplication par graines et par bouturage de segments de tiges et de racines, de trois fruitiers spontanés de la région des savanes au Togo: *Haematostaphis barteri* Hook. F., *Lannea microcarpa* Engl. & K. Krauss et *Sclerocarya birrea* (A. Rich.) Engl.," Eur. Sci. J., vol. 10, no. 6, pp. 1857–7881, 2014, [Online]. Available: <http://eujournal.org/index.php/esj/article/viewFile/2751/2634>.
- [32] H. Abdoulaye, H. Z. Oumarou, Y. Dangaï, G. Fawa, C. Megueni, and P. M. Mapongmetsem, "Multiplication végétative de *Lophira lanceolata* Van Tiegh. Ex Keay Kew Bull. (Ochnaceae) par bouturage de segments de racine : Effets du substrat et de l'inoculum mycorhizien," Int. Multiling. J. Sci. Technol., vol. 5, no. 9, pp. 1750–1760, 2020.
- [33] A. M. Bah, A. Dembélé, and D. O. Dogbo, "Contribution à la régénération de *Griffonia simplicifolia* (Baill, Fabaceae, 1866) par bouturage caulinare," J. Anim. Plant Sci., vol. 50, no. 1, pp. 8981–8997, 2021.
- [34] J. B. Noubissié Tchiagam, J. P. Ndzé, R. Bellefontaine, and P. M. Mapongmetsem, "Multiplication végétative de *Balanites aegyptiaca* (L.) Del., *Diospyros mespiliformis* Hochst. ex. A. Rich. et *Sclerocarya birrea* (A. Rich.) Hochst. au nord du Cameroun," Fruits, vol. 66, no. 5, pp. 327–341, 2011, doi: 10.1051/fruits/2011047.
- [35] T. Ricez, "Etude des modes de régénération à faible coût de *Prosopis africana* et *Detarium microcarpum* en forêt classée de Dinderesso," Mémoire de Master II « Bioressources en régions tropicales et méditerranéennes », Université Paris XII, 60 p., 2008.

