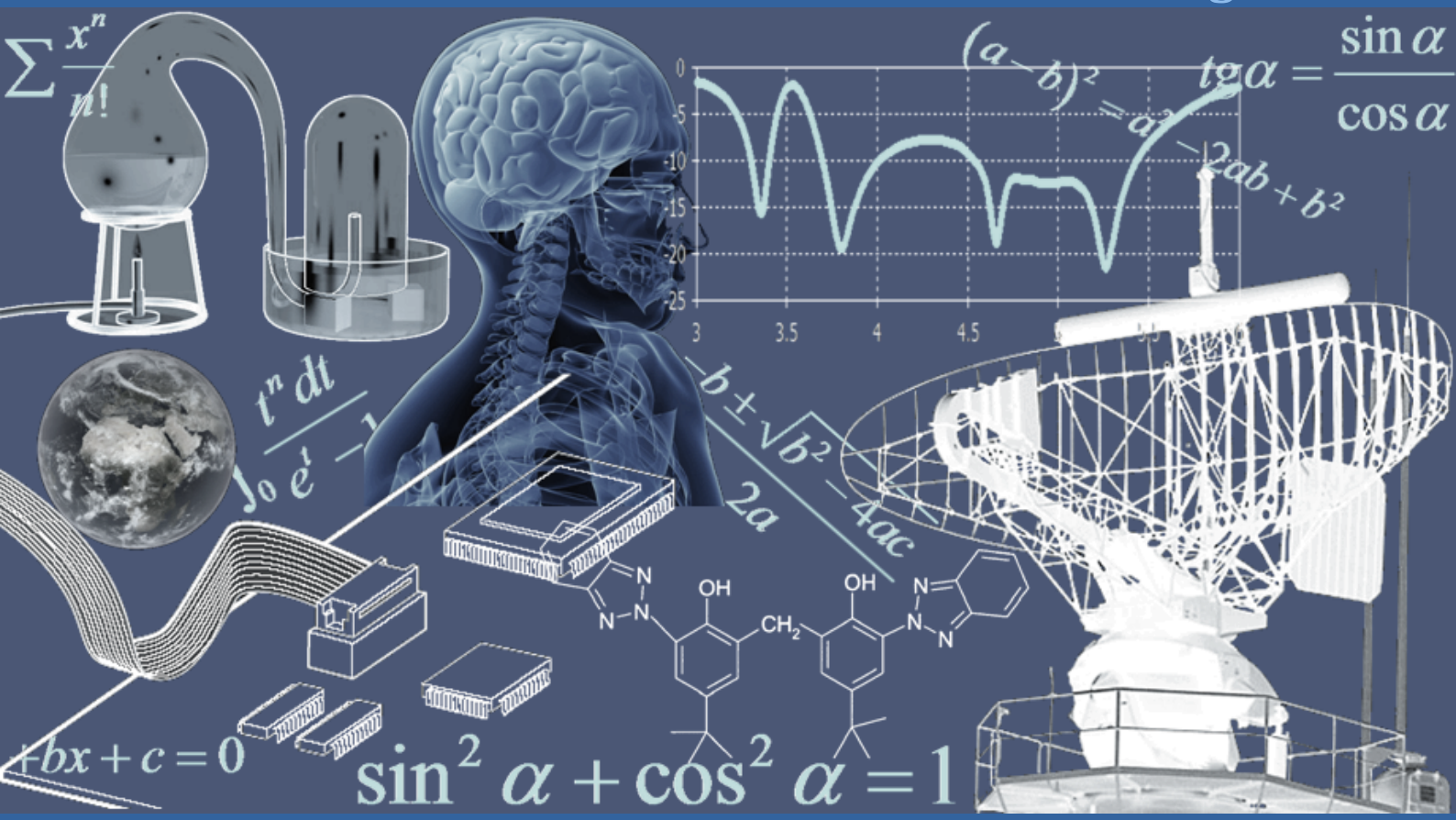
ISSN: 2028-9324
CODEN: IJIABO
Impact Factor: 6.85

INTERNATIONAL JOURNAL OF INNOVATION AND APPLIED STUDIES

Vol. 43 N. 2 August 2024



International Peer Reviewed Monthly Journal

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

International Journal of Innovation and Applied Studies

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

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

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

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

Editorial Advisory Board

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

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

Table of Contents

Benefits of Machine Learning and Artificial Intelligence 222-228

Bharath Reddy and Reginald Decastro

Impacto de las Tecnologías Emergentes en la Competencia Comunicativa de Estudiantes Universitarios de Inglés como Lengua Extranjera 229-239

Jazmín Estela Benites Mero, Mauricio Marcel Muñoz Mejía, Silvana Gabriela Echeverría Luna, and Mabel Elizabeth Barriga Pizarro

DISTRIBUCIÓN POTENCIAL MEDIANTE ESCENARIOS FUTUROS DE CAMBIO CLIMÁTICO PARA LA ARDILLA DE PETERS EN EL EJE NEOVOLCANICO 240-250

Enrique Buendía-Rodríguez, José Gilberto Chávez-León, Tomás Pineda-Ojeda, Adrián Hernández-Ramos, Jonathan Hernández-Ramos, and José Israel Lopéz-Martínez

Showcasing a Village-Level Rubber Pale Crepe Processing System for the Farmers in Kidapawan City, North Cotabato, Philippines 251-260

Gigi B. Calica, Renalyn F. Duca, Roderic O. Vereña, and Raymund Joseph P. Macaranas

Digital Forensic Analysis of Social Media Platforms for Enhanced Investigation and Evidence Collection 261-271

Kausik Maitra

Business Intelligence for Small-Medium Industry 272-284

G.K.S. Nimishi, R.S. Ranwala, R.S.L.B. Ranasinghe, G.S. Malalage, and Suchindra Suchindra

Diversity and Abundance of Marine Mollusca from coast of Damb (Sonmiani) Balochistan, Pakistan 285-292

Shazia Rasheed, Nazeer Ahmed, and Zahid Ali

Tarification d'un contrat de Réassurance: Cas d'un portefeuille d'assurance Habitation 293-303

Youssef Diouri and Zahi Jamal

Predictors of emotional distress among inmates of Agodi correctional centre, Ibadan, Nigeria 304-314

Abimbola Afolabi, Odedokun Solomon Adekunle, and Helen Ajibike Fatoye

Besoins non satisfaits en matière de planification familiale des femmes en union: Tendance et facteurs associés 315-326

Miangotar Yode

Comparaison de l'incorporation alimentaire des farines d'escargots et de poissons sur la croissance des lapereaux 327-333

Mbusa Siviholya Kito, Mumbere Ngendo Prince, and Kavira Mwenge Ghislaine

Evaluation de l'efficacité d'un herbicide de post-levée en culture de maïs (Zea Mays L.) à Bouaflé, centre-ouest de la Côte d'Ivoire 334-343

Kra Frédéric Kouamé, Moussa Sylla, Kouadio Kan Arnaud Parfait Koffi, and Awa Touré

Contraintes et opportunités des systèmes d'élevage des canards en ville de Butembo 344-349

Mbusa Siviholya Kito, Grady Anale Moza, Lwanzo Kisonia Nelly, Kavira Mwenge Ghislaine, and Kakule Muyisa Fabrice

Dynamique temporelle des populations et nuisance culicidienne au cours de la mise en œuvre d'un barrage hydro-agricole Bouaké, Centre de la Côte-d'Ivoire 350-358

Nana Rose Diakité, Mamadou OUATTARA, Bamaro Coulibaly, Agodio LOUKOURI, Bassa Fidèle Kouakou, Adja Akré Maurice, and K. Eliezer N'goran

Teachers' View on Bunia Secondary School 3rd Form Pupils' Poor Performance in English Composition Writing 359-365

Lotsove Makuru Tryphonette

Difficulties Faced by Bunia Secondary School Teachers of English in Applying Bloom's Taxonomy to Classroom Questioning Strategy (DR Congo) 366-373

Lotsove Makuru Tryphonette

Experimental study and simulation of the thermal behavior of recovered Iroko wood flour bricks stabilized with recovered high density polyethylene resin 374-382

Ahmed Doumbia, Traoré Seydou, and Séri Séri Chardin

Rôle des femmes dans l'utilisation des produits issus des agroforêts à cacaoyers du centre de la Côte d'Ivoire 383-395

Kossonou Affia Sonmia Francia, Kanga Justin KOUASSI, Yao Bertin KOUAKOU, Kouadio Venance-Pâques Gniayou, KPANGUI Kouassi Bruno, and Constant Yves ADOU YAO

Investigation hydro géophysique dans les roches sédimentaire du socle cristallophyllien (Lubao, Lomami, RDC) 396-408

Mersa KABANGU, Fiston KALONJI, Tresor MULUMBA, Jerome MALEMBE, Ben NTAMBUE BAMUAKAMA, and Paul ONAWOTSHO OSANGOLENGA

Histoire sédimentaire de la formation de couverture dans les plateaux Batéké (République du Congo) à partir de la morphoscopie et l'exoscopie des grains de quartz: Implications paléoclimatiques 409-422

Otongo Judicaël, Gatsé Ebotehouna Chesther, and Elenga Hilaire

Efficiency of the feed additive ALPHA-BIO+ as an alternative to antibiotics on the eggs production performance of the layer LHOMAN Brown 423-430

Coulibaly Assetou Ya, Ouation Souleymane Soro, Ouattara N'Golo, and Diabaté Nadiara

Exploration des facteurs sous-jacents à la défaillance de la desserte énergétique à Mbanza-Ngungu en République Démocratique du Congo: Une analyse basée sur la méthode de Pareto et la matrice de criticité 431-440

BAZANGIKA MFUMUANENE Victoire, Kinyoka Kabalumuna God'El, and Tangenyi Okito Marcien

Avifaune de l'aéroport Murongo de Bunia (Ituri, République Démocratique Congo) et ses périphéries 441-451

K. François MALEMBA KABASELE, Franck BAPEAMONI ANDEMWANA, and Dieudonné UPOKI AGENONG'A

Journey of the agricultural policies reforms in Benin (West Africa) since 1960: A systematic literature review 452-467

Roméo Sossou, Karl Martial Nassi, Léonard Cossi Hinnou, Ruysdaël Pyrrhos Mètonou Kiki, and Hervé Comlan Sossou

Recueil d'opinions des abonnés sur les origines des interruptions fréquentes d'électricité dans la cité de Mbanza-Ngungu en République Démocratique du Congo (RDC) 468-477

BAZANGIKA MFUMUANENE Victoire, Kinyoka Kabalumuna God'El, and Tangenyi Okito Marcien

Stratégies d'augmentation du taux d'électrification dans les milieux ruraux et renforcement de la capacite en desserte électrique en RD Congo 478-487

Ndumbi Kapuku Charles and Benjamin NDUBU KHONDE

Paragenèses minérales des métamorphites de Nganda-Tsundi et ses environs (Degré Carré de Tshela, Province du Kongo Central, République Démocratique du Congo) 488-502

Hénock Tshombe Mbaya, Minzadi Kinianga Belle, Mawanzo Manzikala Carine, Patrick Mukonkole Mukonkole, and Simbungu Angboko Fleury William

Investigation ethnobotanique et caractéristiques socio-culturelles du mil (Pennisetum glaucum (L.) R. Br.) dans le district des savanes au Nord de la Côte d'Ivoire 503-512

Siéné Laopé Ambroise Casimir, Mariame CONDE, Roger BAYALA, Kouadio Ange Fabrice Béra, and Tâh Valentin Felix NGUETTIA

Impacts environnementaux et socio-économiques des Bassins de Collecte des Eaux de Ruissellement (BCER) Ecologiques, en irrigation d'appoint: Cas de la zone d'intervention du Projet BEOG PUUTO 513-541

I. Georgette Ouedraogo Tientiga, Mahamadi Zoundi, and Joachim Bonkungou

Environnement de dépôt de la formation Oligo-Miocène du Continental terminal 3 (Ct3) de la région de Niamey (Sud-Ouest du sous-bassin de l'Ader Doutchi) 542-553

Habsatou Ousmane, Karimou Laouali Idi, Aminou A. Maâzou, Salissou Abdoul Ganiou, Daouda Illia Allo, Karimou Dia Hantchi, and Moussa Konaté

International Journal of Innovation and Applied Studies
ISSN 2028-9324 Vol. 43 No. 2 Aug. 2024, pp. 222-228
© 2024 Innovative Space of Scientific Research Journals
http://www.ijias.issr-journals.org/

Benefits of Machine Learning and Artificial Intelligence

Bharath Reddy and Reginald Decastro

Process Automation RandD, Schneider-Electric, Foxborough, Massachusetts, USA

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

ABSTRACT: Today, we are at the cusp of transitioning or welcoming a new era of computer science called 'Artificial Intelligence' (AI). A plethora of cutting-edge Artificial Intelligence technologies would now help augment or replace older technologies ranging from customer service, business analytics, gain knowledge, recommend decisions and at times predict the outcome of the strategies being implemented in-house. The prediction is done by Machine learning models which use various modelling techniques unique to Artificial Intelligence to mine vast amount of data. This helps organizations focus on other important tasks like production efficiency, sales growth, customer base retention, seek out new strategies to grow the bottom line and improve their risk and safety protocols.

We are seeing a lot of Artificial Intelligence models today from CHAT-GPT, Co-Pilot, Gemini and others which are integrated into their existing services. With the advent of AI, Microsoft's Co-Pilot is a personal assistant that helps you find right information, faster than ever. So, the opportunities for a company to improve efficiency, make better business decisions to grow and expand are endless. One can see the number of automated bots ranging from car dealerships to telecom business today. These automated bots take the heavy burden of streamlining the customers to different categories and improve customer service. Some machine learning (ML) models can perform data analysis, detect anomaly, forecast cost expenditure, predict competition and dynamic pricing. In this paper, we would look in detail how ML and AI, is both an opportunity as well as a challenge for companies.

KEYWORDS: Artificial Intelligence, Knowledge, Machine Learning, Data Analysis, Dynamic Pricing.

1 INTRODUCTION

New technologies are very receptive in the computer science industry. Every year, a big number of technologies are born and brought to the market. Artificial intelligence is nothing new, it's been since 1960's. What are changed over the last few years is that computers have become smaller, efficient, powerful (able to handle vast data), store vast amount of data and are no longer cost a fortune []. This paradigm change has brought about a sea change in the Information Technology sector. Today these Business Intelligence and Machine Learning are changing the world, and one hopes for the better as there is a thought that machines can not only replace human in the work force but also can take over the world. Perhaps that day is far for now, but IT foundations are shifting already. Today, AI is pervasive, one can see them in Industrial Machines (Tool making, car industry, health and Oil and Gas, etc.). One of the most recognizable AI is the self-driving car. AI and Machine learning is applied to every field like Health (cancer cell therapy), where laser tool are augmented with AI for precision and accuracy in destroying cancerous cell. ERP is other field, where AI is used to better efficient and intelligent ERP. With the advent of powerful AI chips [], AI / ML models would continue to progress, become more stable, efficient and perhaps help humans touch the horizons he is reluctant to touch or did not know at all to begin with.

2 ARTIFICIAL INTELLIGENCE

Before we understand Artificial intelligence, one needs to understand where the AI is driven by usefulness of Business Intelligence (BI). BI collectively is a methodology of gathering huge amount of data, usually business data, analyzing it, to make some insights which then are used to make certain business decisions which are usually strategic in nature [1]. To make such

strategic decisions many technologies are used, to gather data from disparate, filter, which are then transformed into a understand business knowledge, and then this business knowledge is depicted visually in a format which is easily understood by the executives of the business, usually in a form of report [2].

With this understanding of the BI, AI is the capability of the computer to make decisions very similar to humans given a situation, there by imitating human intellect [3]. Today, AI is any software, which is tuned, developed for certain function which imitates the functions of the human brain. For example, Tesla's Car Drive AI, imitates the human driving capabilities under 90% of road conditions, and the program continuously learns from ones driving nature. The AI program can detect, sense, hear various road conditions and makes the decisions. Today, such AI programs are used from marketing, research, financial, health, car industry, manufacturing and various other fields. AI is a general nomenclature, but it encapsulates various other subcategories [4]. These subcategories include, Machine Learning (ML), Robotics / Cognitive, Deep Learning, Neural Networks, Computer Vision and natural language learning [6].

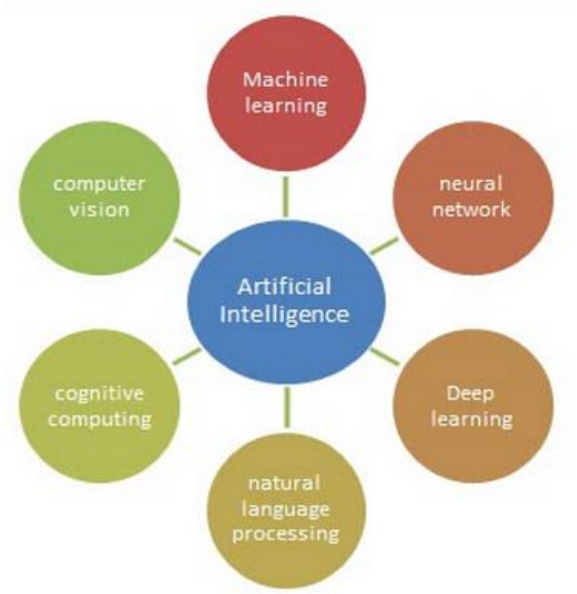


Fig. 1. Subfields of AI [5]

3 ARTIFICIAL INTELLIGENCE LITERATURE

AI has been known to man for a long time than what it is credited for according to [7], it was first conceptualized in Greece, but it made its first modern appearance Alan Turing [8] and made famous by Dartmouth College in 1956 [9], where the 'Artificial Intelligence' are first defined and coined by Jon McCarthy. Later in 2020, Russel and Norvig [10], first gave the credit to this conference as the birth of Artificial Intelligence. At the time of AI birth, its initial capabilities surrounded high-level cognition and the ability of recognizing patterns, vision, and execute complex motor skills which was associated with man at the time. It involved multi step processing of reasoning, understanding natural language and interpreting the natural language to achieve a final goal. For example, lifting a fork based on whether it is upside and normal position [11], [21].

Artificial intelligence then progressed to achieve reason about their own reasoning. This propelled a system to intelligence like humans and was now referred to as strong AI [12]. For strong AI, the primary approach has centered on this reasoning, and not by mere calculations. Newell and Simon 1976 [13], in their hypothesis noted that intelligent behavior appears to require the ability to interpret and manipulate symbolic structures. This approach showed great promised coming into the 21st century, but it has not gathered the momentum due to its difficult approach and its future remain uncertain.

There is a certain attempt made to define 'weak AI' and 'strong AI', the distinction is all about rule adherence, meaning, the way the machines follows the rules and what it makes of those rules. Authors in [14], distinguishes the machines which follow the rules set initially by the programmer, and make certain decisions based of the rules as 'Weak AI'. While a Strong AI, is a rule following decision system in Neural Networks (NN), which allow the program to learn constantly, making new rules to the existing rules and build on them. AI has gone many cycles where it gathered momentum and then fell off a cliff for certain period. 2010's brought a new leash of life to AI, mainly because the computing power, storage capacity of the chips, and the access to huge amount of data [15], Authors in [16], [17] and [15], attest this new resurgence in AI in the main IT domain, to

the following three reasons, 1: The evolution of complex sophisticated algorithms, 2: Access to powerful GPUs, where a dedicated processing unit can do calculations in milliseconds, 3: The availability of cheap storage units coupled with the availability of large databases which can store information to make these sophisticated AI systems.

There has been a lot of effort to officially define the concept of AI, and yet we are as close to it as we were in 1950's as it is mainly because AI never caught the sustained research and its applications coming to the market as it has been lately [18, 19]. With no clear definition of the term, it has become difficult for policymakers to wrap what constitutes an AI system and what it can do soon. With no globally accepted framework to assess what characters are desirable and what are not, it has been a difficult task to gauge what AI stands today. This is again expressed of [20], where they determine that AI has been a bit of confusion and the general public has not quite grasped the idea of machine learning and making decisions yet.

4 USEFULNESS OF BUSINESS INTELLIGENCE

In this paper, we would be looking at AI and ML role in improving the business decision making and how these AI programs lead to better efficiency, capital gain and what are the challenges that AI and Businesses face in implementing them. AI today has enabled organizations see through vast amount of data it generates, translating these insights to valuable knowledge to made accurate predictions for the future. Machine Learning (ML), which is a subset of AI, are designed to use and learn upon these vast data and discover patterns which are otherwise lost when performed manually, which are then translated to knowledge. It is one of the most widely used AI Subsystem today.

AI is also used through natural language processing, sound and computer vision, where information from unstructured sources like text, images, videos are extracted, and AI programs can process this vast amount of data and make decisions [22], [34]. Self-driving car is a perfect example. As the self-driving car learns every day, it gains insights and new information from a wide range of data and sources and further trains itself for efficiency. Merging AI and ML into business intelligence are brought many advantages for the companies across the field. The organizations are now able to automate repetitive and time-consuming tasks like data cleaning, data integration and report generation [6].

It now allows the resources to concentrate of other activities which need more focus and energy [6]. AI and ML can improve data analysis by discovering hidden patterns and translate them to knowledge base (KB). This KB is then used to made future predictions, forecasting, and strategic business decision to improve profits and gain more market share. AI is also used for context-based decision-making tasks like price strategy in many vendors, from garments to tourism [6]. Today AI / ML help organizations with valuable insights from vast data they collect from the consumers, automate some of their processes like shipping, behave their decision making, drive up their innovation and become part of their differentiating factors amongst their competition [6], [23].

5 BENEFITS OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE

5.1 PREDICTIVE ANALYSIS

Artificial Intelligence is used to analyze historical data, detect patterns and trends. This ability would help business be a step ahead of the curve as it would now be able to predict the future based of the historical data [6]. The accuracy of AI would depend on robustness of the AI program; However, the program would enable organization improve efficiency, mitigating risks, optimize the operations by forecasting demand and supply [6], improve warehousing / inventory efficiently and thereby improving the whole supply chain process [24].

AI programs which predict based of the historical data usually analyze vast amount of data, to identify the patterns, which are then converted to business knowledge. The AI programs initially work on data classification, and then would move to complex relationships between the data and their respective correlation to a value / data parameters / situation etc. When the ML / AI program train on various models / techniques, they leverage these correlations to predict accurately about the future outcomes. These predictions would now help businesses improve their operations, learn about demand and supply, and improve resource allocation. At times, the insights bring new information like risk mitigations, dynamic pricing, and supply chain risk mitigation based off an event [25], [6]. For example, a typhoon in a certain area, would help predict demand and supply for hardware, pricing on these and potential supply chain risks for the whole company in that area. So, one can see that predictive analysis is very useful to the organizations, as they help them forecast demand, identify pricing strategies, identify trends, and risk associated with an event. The predictive analyses help other departments like inventory, logistics, supply chain and reduce the costs and damage associated with an event. The predictive analysis can also analyze historical seasonal sales, trends and customer behavior to predict business future sales and revenues. Business can now take appropriate measures to enhance their sale, production, inventory, pricing, logistics, remove risks and gain on the market share over the competition.

Predictive analysis is used is almost all industry ranging from finance, insurance, sales, forecasting cost in operations, detecting anomalies in health, oil and gas, process automation, fraud, cyber security and others [26], [27], [28], [30], [31], [32], [33]. In all the fields mentioned, they are used to improve efficiency, predict trends, mitigate risks and prevent financial lose. Predictive analysis is used to personalize marketplace, offers, recommendations and create a tailor-made portfolio for the customer based of his / her historical data. E-commerce site, Netflix, YouTube and Spotify are all good examples of predictive analysis [6].

5.2 CHATBOTS

Chatbots or virtual assistance use natural language processing techniques or models to understand common user queries and advise on them appropriately. ML plays a key part in their effective responses. by leaning from customer feedback for initial queries over time. Today, we see these Chatbots everywhere from Govt to private enterprises, automating some of the customers frequently asked questions, providing them initial choices, directing them to different customer departments, and at times, even trouble shooting an issue too.

These ML based Chatbots are continuously improved to respond to new information by training them on large datasets initially but then after deployed, the Chatbots get a wealth of information from interaction with the customer, which is then used to improve their efficiency [24]. One of the main advantages of a Chatbots is that they are 24 / 7, regardless of the time zone or business hours, providing round the clock responses to customer queries. This is one step ahead of the customer service which was manually done in the past. Chatbots ability has grown over the past few years, it can now perform tasks like readout account balances, recent transactions, suggest products, recommend movies and some even provide solutions customized to an individual preferences, history and behavior patterns [6]. Today, these Chatbots are integrated across multiple channels from websites, mobile apps, banking systems, social media, health and others, providing customer support in customers preferred media or channels [35].

5.3 EXPLAINABLE AI

With growing AI models each day, there is a need for interpreting these ML based decision-making process or AI. Explainable AI or EAI aims to doing just that, to make these AI based system more transparent, understandable making common user to easily understand why certain decision or solutions were recommended by the AI system [6]. Such transparency in the AI systems would build trust and make such systems pervasive across the globe. Today, such transparent systems are not only necessary from a customer point of view but from regulatory and stakeholder point of view too. Governments and organizations are aiming at fairness, accountability and more transparency to address issues like bias, discrimination, gender preferences, regional preferences and other negative issues [36].

As AI systems become more pervasive and complex, there is a growing demand to understand how they interpret certain data and make decisions or provide solutions in others [37]. Explainable AI is the answer, which aims at developing techniques that provide explanations to AI systems. Such explainable solutions make governing bodies regulators, and auditors, along with the customers to understand the reasoning behind AI inputs / outputs and build trust in this new era of AI technology [6]. Ethical usage and development is another issue. In both the cases, interpretable AI models makes sure that there is fairness, accountability, and transparency in decision-making processes [6]. By using these explainable AI, government, policy makers and organization internally can reduce the risk associated with biases, discrimination, gender preferences, regional preferences and others which produce unwanted consequences to both society as well as organization.

5.4 DATA AUTOMATION

Tasks like data cleansing, feature extraction, file reading and data transformation can be done by ML programs today. ML programs have increasingly become more effective in data analysis task reducing the human burden. Programs can detect anomalies, in data received, stored or perceived quickly uncovering the patterns and producing invaluable insights on the data they work on both in real-time as well as working on stationary data [40].

ML machines or programs can automate data analysis on vast amount of data in a shorter time than what it was initially perceived as. Today, they can handle complex data structures, identify patterns, extract meaningful information saving both time and effort. The organizations and to some extent, governments are slowing moving into ML systems for error checking (courts), fraud (Banks), irregular data in real-time (SCADA systems) enabling organizations to take mitigation steps to avert danger or unforeseen situations. ML programs are deployed in certain areas where they are continuously analyzing data as they come in, alerting for immediate actions when it detects unusual data (Alarm systems).

ML programs or machines makes governments and organizations move their resources and efforts on other fronts which need more time, focus and effort. In mechanical jobs, ML systems can analyze historical data and recommend, potential equipment failure, replacements and maintenance work (Production industry) [38], [39]. Business and governments today are increasingly adopting ML machines to real time data analysis, monitoring and to address issues like security, and effective operational efficiency.

5.5 FORECASTING

Machine Learning can analyze data and forecast sale, market trends and other information accurately. Business would then use this information to optimize their respective operations ranging from, logistic, data warehousing, inventory management, productions plans, resource allocation, budget allocation and others. ML programs can also forecast prices based on real time market conditions, supply and demand fluctuations, and customer behavior based on the seasonal data. Again, business are now able to focus on pricing, strategies, increased revenue, inventory control and make quick changes to customer needs in real-time [6]. In certain cases, it allows organizations to maintain optimal inventory, reducing logistical costs, manpower and overall improved cost savings bringing more efficiency.

Forecasting demand combined with customer preferences, their purchase history and their willingness to pay is another aspect ML programs are affecting the organization. This information provides businesses avenues for pricing, increased revenue, better customer satisfaction and increased profits. ML analyze customer responses from their historical preferences today and determining pricing elasticity. Meaning, businesses can now understand what the price range is the customer perceives to be the right price for him/her to buy it now [36]. ML models are become so complex that they can now other organizations dynamic pricing on their websites, read the information, calculate the right price and recommend the prices to be competitive on the market. Demand forecasting and dynamic pricing models by ML give businesses and edge where the organization as an added advantage of knowing their customer demand and enabling them to optimize their pricing based off this demand. Hence, it has become more important to have a very good predicting model, which can not only predict but can optimize inventory, adjusting pricing on the website, control inventory, logistics, to increase revenue and profitability.

5.6 BETTER DECISION MAKING

AI through Machine Learning (ML) gives the organization immense capabilities to analyze tons of data, deriving insights, thereby enabling the businesses to make timely decisions. These timely alerts to the organizations help them stay alert and respond quickly to any unforeseen circumstances and be alert to any market changes, be it pricing, customer service, inventory control, supply chain or others. It empowers them to innovate, develop new products and services to stay and ward off competition or take overs in an ever-changing landscape [6].

ML systems use historical data and other ML models to forecast future results. These insights are made use of by the organizations to take proactive steps, thereby actively engaging the competition with better services and products to retain and gain more customers. These ML model-based systems today are so sophisticated that they can analyze petabytes of data in a few hours, identify patterns and extract business insights. This quick insights at the hands of the organization is invaluable, making their decision time quicker and more agile to changing data and competition [6]. Today ML programs are used for optimal resource staffing, inventory control, production schedules, deliveries, cybersecurity, and many other fields leading to increased operational efficiency, revenue, cost reductions and more importantly profits keeping the organizational shareholders happy.

6 CONCLUSION

In this paper, we have seen how AI / Ml is changing the way business is run today. It is benefiting the businesses in various ways, ranging from trend detection to decision making. The review was able to touch on range of benefits ML could provide from predictive analysis, Chatbots, explainable AI, forecasting, decision making and data automation. The advancements made in AI through ML was not possible 15 years ago. It is only in the last 15 years; we can see an explosion of AI driven systems assisting businesses in all walks of business departments. It is mainly because of the progress made in the computer chip industry, chip storage capacity and algorithms ability to harness this data to useful solutions. Today, businesses can make use of this ML machines to gather valuable insights, make optimized operations, and make timely decisions. This allows the organization to free up more resources to work on other stuff which perhaps were not in the plan. This improved efficiency coupled with near-ideal resource allocation means that the organizations are streamlined for increased revenue and profits. Importantly, AI-driven solutions help businesses understand customer behaviour, personalize experiences, and create targeted marketing campaigns, leading to higher customer satisfaction, revenue and profits. The usage of better operating systems and

their techniques further in the future [29] can unlock some of the hurdles in the AI we face today and perhaps take us to the frontiers we had only imagined a few years ago.

CONFLICT OF INTEREST

The authors have no conflicts of interest in this research.

ACKNOWLEDGMENTS

The authors would like to thank the company and families for their support.

REFERENCES

[1] Kilanko, V. (2022). Turning Point: Policymaking in the Era of Artificial Intelligence, by Darrell M. West and John R. Allen, Washington, DC: Brookings Institution Press, 2020, 297 pp., hardcover 24.99, paperback 19.99.
[2] Kilanko, V. The Transformative Potential of Artificial Intelligence in Medical Billing: A Global Perspective.
[3] Rui Lin, «Analysis on the Application of Artificial Intelligence in the Global Value Chain Upgrade of Manufacturing Enterprises,» 2021, 3rd International Conference on Artificial Intelligence and Advanced Manufacture, pp. 1400-1404, 2021.
[4] D. Srinivasan, Ruey Long Cheu, and Chuan Wei Tan, «Development of an Improved ERP System using GPS and AI Techniques,» Proceedings of the 2003 IEEE International Conference on Intelligent Transportation Systems, 2004.
[5] Kunduru, A. R. 2023. Effective usage of artificial intelligence in enterprise resource planning applications. International Journal of Computer Trends and Technology, 71 (4), 73-80.
[6] Bharadiya, Jasmin. (2023). Machine Learning and AI in Business Intelligence: Trends and Opportunities. International Journal of Computer (IJC). 123-134.
[7] Dennehy, Denis. (2020). Ireland After the Pandemic: Utilising AI to Kick-Start a Sustainable Economic Recovery. Cutter IT Journal.
[8] Turing, A. M. (2009). *Computing machinery and intelligence* (pp. 23-65). Springer Netherlands.
[9] McCorduck, P., & Cfe, C. (2004). Machines who think: A personal inquiry into the history and prospects of artificial intelligence. AK Peters/CRC Press.
[10] Russel, S., & Norvig, P. (2016). Artificial intelligence: A modern approach, global edition. *Harlow: Pearson*.
[11] Langley, P. (2012). Artificial intelligence and cognitive systems.
[12] Kurzweil, R. (2005). The singularity is near. In *Ethics and emerging technologies* (pp. 393-406). London: Palgrave Macmillan UK.
[13] Newell, A., & Simon, H. A. (2007). Computer science as empirical inquiry: Symbols and search. In *ACM Turing award lectures* (p. 1975).
[14] Wolfe, A. (1991). Mind, self, society, and computer: Artificial intelligence and the sociology of mind. *American Journal of Sociology, 96* (5), 1073-1096.
[15] Anand, S., & Verweij, G. (2019). What's the real value of AI for your business and how can you capitalise.
[16] Jain, A. K., Ross, A., & Prabhakar, S. (2004). An introduction to biometric recognition. *IEEE Transactions on circuits and systems for video technology, 14* (1), 4-20.
[17] Khashman, A. (2009). Application of an emotional neural network to facial recognition. *Neural Computing and Applications, 18,* 309-320.
[18] LeCun, Y., Bengio, Y., & Hinton, G. (2015). Deep learning. *nature, 521* (7553), 436-444.
[19] Silver, D., Huang, A., Maddison, C. J., Guez, A., Sifre, L., Van Den Driessche, G.,... & Hassabis, D. (2016). Mastering the game of Go with deep neural networks and tree search. *nature, 529* (7587), 484-489.
[20] Monett, D., & Lewis, C. W. (2018). Getting clarity by defining artificial intelligence—A survey. In *Philosophy and theory of artificial intelligence 2017* (pp. 212-214). Springer International Publishing.
[21] Collins, Christopher & Dennehy, Denis & Conboy, Kieran & Mikalef, Patrick, 2021. «Artificial intelligence in information systems research: A systematic literature review and research agenda,» International Journal of Information Management, Elsevier, vol. 60 (C).
[22] Mungoli, N. (2023). Adaptive Ensemble Learning: Boosting Model Performance through Intelligent Feature Fusion in Deep Neural Networks. arXiv preprint arXiv: 2304.02653.
[23] Mungoli, N. (2023). Adaptive Feature Fusion: Enhancing Generalization in Deep Learning Models.arXiv preprint arXiv: 2304.03290.

[24] Mungoli, N. (2023). Deciphering the Blockchain: A Comprehensive Analysis of Bitcoin's Evolution, Adoption, and Future Implications. arXiv preprint arXiv: 2304.02655.
[25] Sahija, D. (2021). Critical review of machine learning integration with augmented reality for discrete manufacturing. Independent Researcher and Enterprise Solution Manager in Leading Digital Transformation Agency, Plano, USA.
[26] Waqar Haque, Alex Aravind, and Bharath Reddy. 2009. Pairwise sequence alignment algorithms: a survey. In Proceedings of the 2009 conference on Information Science, Technology and Applications (ISTA '09). Association for Computing Machinery, New York, NY, USA, 96–103. https://doi.org/10.1145/1551950.1551980.
[27] Haque, W., Aravind, A., & Reddy, B. (2008, August). An efficient algorithm for local sequence alignment. In 2008 30th annual international conference of the IEEE engineering in medicine and biology society (pp. 1367-1372). IEEE.
[28] Reddy, B. G. (2009). Multiple Anchor Staged Local Sequence Alignment Algorithm-MASAA. University of Northern British Columbia.
[29] Reddy, B., & Fields, R. (2020). Techniques for Reader-Writer Lock Synchronization. International Journal of Electronics and Electrical Engineering, 8 (4), 63-73.
[30] Reddy, B., & Fields, R. (2020, March). Multiple Anchor Staged Alignment Algorithm–Sensitive (MASAA–S). In 2020 3rd International Conference on Information and Computer Technologies (ICICT) (pp. 361-365). IEEE.
[31] Reddy, B., & Fields, R. (2022). Multiple sequence alignment algorithms in bioinformatics. In Smart Trends in Computing and Communications: Proceedings of SmartCom 2021 (pp. 89-98). Springer Singapore.
[32] Reddy, B., & Fields, R. (2023). Maximum Match Subsequence Alignment Algorithm Finely Grained (MMSAA FG). arXiv preprint arXiv: 2305.00329.
[33] Reddy, B., & Fields, R. (2024, April). Performance Analysis of Multiple Sequence Alignment Tools. In Proceedings of the 2024 ACM Southeast Conference (pp. 167-174).
[34] Reddy, B., & Fields, R. (2022, April). From past to present: a comprehensive technical review of rule-based expert systems from 1980--2021. In Proceedings of the 2022 ACM Southeast Conference (pp. 167-172).
[35] Sahija, D. (2021). User Adoption of Augmented Reality and Mixed Reality Technology in Manufacturing Industry. *Int J Innov Res Multidisciplinary Field Issue, 27,* 128-139.
[36] Mungoli, N. (2020). Exploring the Technological Benefits of VR in Physical Fitness (Doctoral dissertation, The University of North Carolina at Charlotte).
[37] Mahmood, T., Fulmer, W., Mungoli, N., Huang, J., & Lu, A. (2019, October). Improving information sharing and collaborative analysis for remote geospatial visualization using mixed reality. In 2019 IEEE International Symposium on Mixed and Augmented Reality (ISMAR) (pp. 236-247). IEEE.
[38] , [11] Mughal, A. A. (2018). Artificial Intelligence in Information Security: Exploring the Advantages, Challenges, and Future Directions. Journal of Artificial Intelligence and Machine Learning in Management, 2 (1), 22-34.
[39] Mughal, A. A. (2018). The Art of Cybersecurity: Defense in Depth Strategy for Robust Protection. International Journal of Intelligent Automation and Computing, 1 (1), 1-20.
[40] Chen, H., Chiang, R. H., & Storey, V. C. (2012). Business intelligence and analytics: From big data to big impact. *MIS quarterly,* 1165-1188.

International Journal of Innovation and Applied Studies
ISSN 2028-9324 Vol. 43 No. 2 Aug. 2024, pp. 229-239
© 2024 Innovative Space of Scientific Research Journals
http://www.ijias.issr-journals.org/

Impacto de las Tecnologías Emergentes en la Competencia Comunicativa de Estudiantes Universitarios de Inglés como Lengua Extranjera

[Impact of Emerging Technologies on the Communicative Competence of University Students of English as a Foreign Language]

Jazmín Estela Benites Mero[1], Mauricio Marcel Muñoz Mejia[2], Silvana Gabriela Echeverría Luna[3], and Mabel Elizabeth Barriga Pizarro[4]

[1]Gestora del Centro de Idiomas, Relaciones Institucionales, Instituto Superior Tecnológico «Juan Bautista Aguirre», Licenciada en Ciencias de la Educación Mención Lengua Inglesa y Lingüística, Daule, Ecuador

[2]Docente de Ingles, Instituto Superior Tecnológico «Juan Bautista Aguirre», Magister en Pedagogía de los Idiomas Nacionales y Extranjeros Mención Enseñanza de Inglés, Daule, Ecuador

[3]Jefa de la unidad de planificación y gestión de la calidad Instituto Superior Tecnológico «Juan Bautista Aguirre», Lcda. en Legua Inglesa mención en enseñanza y administración de sistemas en TEFL, Daule, Ecuador

[4]Gestora de la Unidad de Relaciones Internacionales, Relaciones Institucionales, Instituto Superior Tecnológico «Juan Bautista Aguirre», Magister en Contaduría Pública, Daule, Ecuador

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

ABSTRACT: La presente investigación constituye una exhaustiva revisión de trabajos que abordan el impacto de las tecnologías emergentes en el proceso de aprendizaje de idiomas extranjeros, con especial énfasis en el inglés. Para ello, se ha llevado a cabo un análisis estadístico utilizando un recolector de datos, el cual se aplicó a una muestra representativa de estudiantes matriculados en una institución de educación superior. Esta muestra abarca estudiantes de todos los niveles de dominio del idioma inglés, con el propósito de determinar el grado de utilización de tecnologías para mejorar su competencia en dicho idioma. Los resultados obtenidos de esta recolección de datos se presentan detalladamente, acompañados de interpretaciones pertinentes que arrojan luz sobre el papel de las tecnologías emergentes en el proceso de aprendizaje de idiomas extranjeros. Sin embargo, se destaca la necesidad de profundizar en el análisis de estos resultados para obtener una comprensión más completa y precisa de su impacto en el contexto educativo actual.

KEYWORDS: Educación, inglés, Tecnologías, Tendencias.

1 INTRODUCCIÓN

La evolución de la lengua extranjera ha trascendido su antigua asociación exclusiva con las élites, convirtiéndose ahora en una herramienta fundamental para la comunicación y la conexión entre diferentes culturas. En el pasado, el viaje y la colaboración internacional no eran necesidades comunes para todos, lo que limitaba la motivación y los recursos para aprender idiomas como el inglés. Sin embargo, la globalización ha cambiado drásticamente este panorama, otorgando al inglés un papel preponderante como el idioma de intercambio entre naciones y culturas diversas.

Este cambio de paradigma ha sido impulsado por una serie de factores sociales, políticos y económicos, que han reforzado la importancia del dominio de lenguas extranjeras, particularmente el inglés, en todos los ámbitos de la vida. En respuesta, los

sistemas educativos han adaptado sus enfoques, fomentando el aprendizaje temprano de idiomas no nativos y ampliando significativamente la oferta de enseñanza de idiomas en las escuelas.

El advenimiento de las nuevas tecnologías ha democratizado el acceso al aprendizaje de idiomas extranjeros, ofreciendo una experiencia más interactiva y dinámica. Sin embargo, esta transformación también plantea desafíos tanto para los profesores como para los estudiantes, quienes deben adaptarse al uso de estas herramientas innovadoras. Este enfoque de enseñanza de idiomas, particularmente del inglés, presenta una serie de ventajas inherentes, pero también algunos inconvenientes.

La integración de nuevas tecnologías en la enseñanza de idiomas ha requerido el desarrollo de estrategias innovadoras para aprovechar al máximo el potencial de los estudiantes y fomentar su motivación. Aunque las tecnologías digitales ofrecen oportunidades únicas de aprendizaje, también es crucial abordar las posibles barreras y limitaciones que puedan surgir en este proceso.

En el contexto actual de la educación superior, la enseñanza del inglés como lengua extranjera se enfrenta a nuevos desafíos y oportunidades derivados del rápido avance de la tecnología. La integración de tecnologías emergentes en el proceso de enseñanza y aprendizaje ofrece un potencial significativo para mejorar la competencia comunicativa de los estudiantes universitarios en inglés como segunda lengua. Este tema de investigación se centra en explorar cómo las tecnologías innovadoras pueden ser utilizadas de manera efectiva para potenciar el desarrollo de habilidades lingüísticas y comunicativas en este contexto educativo.

El dominio del inglés como lengua extranjera es cada vez más crucial en el ámbito universitario, donde el intercambio académico, la colaboración internacional y la movilidad estudiantil son cada vez más comunes. Sin embargo, el enfoque tradicional de enseñanza puede no ser suficiente para satisfacer las demandas de una comunicación efectiva en un entorno globalizado y tecnológico. Por lo tanto, es imperativo explorar enfoques innovadores que puedan proporcionar a los estudiantes las habilidades lingüísticas necesarias para sobresalir en un mundo interconectado.

El propósito fundamental de esta investigación es explorar de manera crítica el potencial de las tecnologías emergentes para fortalecer la competencia comunicativa en estudiantes universitarios de inglés como lengua extranjera. Para alcanzar este objetivo, se llevará a cabo un estudio con las siguientes metas:

Primero, se realizará una evaluación exhaustiva de las tecnologías emergentes más prometedoras para la enseñanza del inglés como segunda lengua en entornos académicos superiores.

Segundo, se analizará a través de una metodología descriptiva el impacto de estas tecnologías en el proceso de aprendizaje y enseñanza del inglés, con un enfoque particular en el desarrollo de habilidades comunicativas esenciales. Tercero, se explorarán las conclusiones del análisis estadístico y se definirán las herramientas más relevantes presentadas en el trabajo. finalmente, se ofrecerán recomendaciones prácticas y estrategias concretas para la implementación efectiva de estas tecnologías, con el objetivo de mejorar de manera significativa la competencia comunicativa de los estudiantes universitarios en el ámbito del inglés como lengua extranjera.

2 MARCO TEÓRICO

La enseñanza del inglés como lengua extranjera ha experimentado un avance significativo gracias a la integración de nuevas tecnologías. Estas herramientas digitales han revolucionado los enfoques pedagógicos tradicionales, proporcionando oportunidades únicas para mejorar la eficacia del proceso de aprendizaje. En este marco teórico, se analizarán las principales contribuciones de las nuevas tecnologías a la enseñanza del inglés, así como sus implicaciones para el desarrollo de habilidades lingüísticas y comunicativas en los estudiantes.

Por definición, una lengua extranjera se distingue como aquella que difiere tanto de la lengua materna como de la lengua oficial del país donde se adquiere. Este tipo de lenguaje se aprende en contextos que carecen de función social e institucional [1].

En el ámbito académico, este idioma foráneo se conoce comúnmente como EFL (English as a foreign language), L2 o simplemente la lengua objetivo del inglés. Esta última designación señala que el inglés, en este caso, representa el idioma que se está estudiando, ya sea de forma estructurada o de manera más orgánica. Esta nomenclatura abarca tanto el concepto de lengua extranjera como el de segunda lengua [2]

A medida que ha evolucionado el concepto de lengua extranjera, también han surgido diversas herramientas para evaluar el nivel de competencia de los estudiantes en un idioma determinado. Específicamente en el caso del inglés, se han

desarrollado una variedad de estándares y exámenes reconocidos internacionalmente, desde los prestigiosos exámenes de Cambridge hasta los ampliamente aceptados exámenes como el TOEFL. En este contexto, se presenta una visión detallada de los diferentes niveles de competencia lingüística según la escala de la Universidad de Cambridge y sus idiomas oficiales.

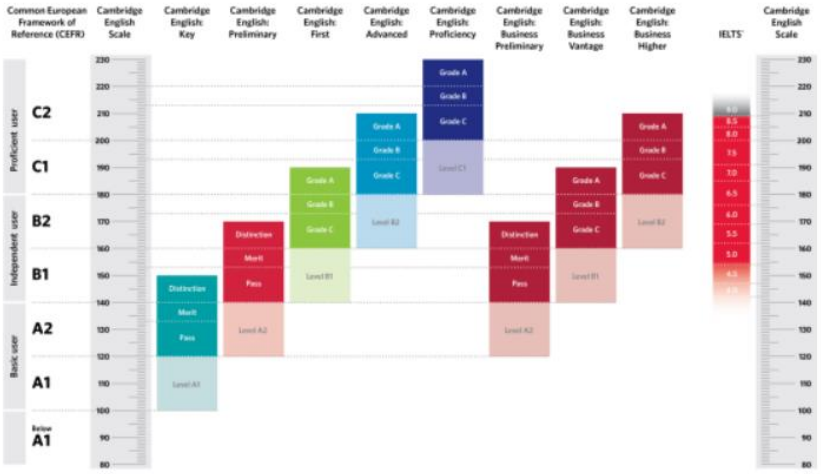


Ilustración N°1.- Escala de exámenes oficiales que certifican nivel de inglés

La ilustración 1 muestra cinco exámenes oficiales que certifican niveles específicos de competencia en inglés, desde niveles básicos hasta niveles avanzados, donde el nivel C2 representa una competencia casi bilingüe. Esta diversidad de exámenes refleja la importancia creciente del inglés como lengua extranjera y la necesidad de certificaciones formales en un entorno laboral y educativo cada vez más globalizado.

La obtención de estas certificaciones de inglés se ha convertido en un requisito esencial para profesionales y estudiantes por igual, independientemente de su edad. La preparación para estos exámenes se enfoca en el desarrollo integral de habilidades lingüísticas, incluyendo expresión oral, comprensión auditiva, escritura y enriquecimiento del vocabulario, lo que prepara a los candidatos para comunicarse efectivamente en diversos contextos profesionales y sociales.

MÉTODOS DE APRENDIZAJE DE LA LENGUA EXTRANJERA

El avance de la enseñanza de idiomas extranjeros, particularmente el inglés, se ha visto influenciado por diversos factores sociales, políticos y económicos. Esta evolución ha generado la necesidad constante de adaptar enfoques teóricos y prácticos, así como de incrementar la investigación sobre métodos efectivos de enseñanza. En este sentido, se describen siete métodos de enseñanza del inglés, destacando la influencia de la psicología en cada uno de ellos. El desarrollo de estudios psicológicos ha propiciado avances significativos en la eficacia de los métodos de enseñanza de idiomas extranjeros, estableciendo una relación estrecha entre el progreso psicológico y las estrategias educativas aplicadas en este ámbito.

EL MÉTODO GRAMÁTICA-TRADUCCIÓN

Este método, que data del siglo XVIII y parte del XIX, es uno de los más antiguos utilizados en la enseñanza del inglés. Surgió de la tradición del estudio del latín y del griego clásico, y tuvo sus raíces en Prusia, influenciado por la academia alemana. Johann Seidenstücker, H. S. Ollendorf, Karl Plötz y Johann Meidinger son algunos de sus representantes [3]. En este enfoque, se enfatiza la asimilación de reglas gramaticales, listas de vocabulario y la práctica de ejercicios de traducción. A pesar de su antigüedad, sigue siendo ampliamente utilizado en la actualidad. Los libros de texto de inglés a menudo contienen ejercicios de vocabulario, gramática y traducción, donde los estudiantes replantean frases de su lengua materna a la lengua meta, basándose en su conocimiento gramatical y léxico. Este método se centra en la memorización y la asociación. Los estudiantes comienzan formulando oraciones en su lengua materna y luego buscan equivalencias en la lengua meta, analizando los componentes gramaticales para avanzar en su aprendizaje del inglés [4].

EL MÉTODO DIRECTO

El desarrollo social y económico impulsó cambios en los métodos de enseñanza de idiomas extranjeros, dando origen al método directo en el siglo XVI. Este enfoque se centró en el desarrollo de las cuatro habilidades lingüísticas, priorizando la expresión oral. Montaigne formalizó este método, que estimulaba la curiosidad de los estudiantes y su deseo de progresar. La motivación del estudiante para aprender es crucial en el proceso de adquisición de un idioma extranjero.

EL MÉTODO AUDIO-LINGUAL

Este método se ve claramente influenciado por el estructuralismo lingüístico y la teoría de la descripción del lenguaje de Bloomfield de 1933 [5]. Durante la Segunda Guerra Mundial, la preferencia de los estudiantes se centraba en desarrollar habilidades orales y conversacionales en un idioma extranjero. Por lo tanto, este método vuelve a priorizar el desarrollo del lenguaje hablado, considerándolo un sistema de sonidos efectivo para la comunicación social.

El método se enfoca en corregir la competencia lingüística del estudiante, fomentando la asociación entre palabras y imágenes mediante la repetición. Ahora es el momento adecuado para considerar los beneficios que las nuevas tecnologías podrían ofrecer a métodos como este, que actualmente son muy demandados y se centran en mejorar las habilidades orales en lugar de las habilidades gramaticales o escritas. Gracias a las nuevas tecnologías, es mucho más fácil acceder a recursos como la asociación de imágenes y la repetición, así como a la escucha de diálogos realistas.

EL ENFOQUE COMUNICATIVO

En línea con la evolución de las sociedades, se ha producido un avance significativo en los enfoques de enseñanza del inglés, similar al de modelos anteriores. Durante la década de 1970, surgió un nuevo paradigma para la enseñanza de lenguas extranjeras, caracterizado por un énfasis en las intenciones comunicativas y sus propiedades en lugar de centrarse exclusivamente en las formas lingüísticas. Este enfoque, concebido por David Hymes bajo el término "enfoque comunicativo", reconoce la importancia de diversas normas que, si no se dominan, limitan el aprendizaje de la gramática. Este método no descarta las ideas previas, sino que integra los aspectos positivos de cada una para conformar un enfoque holístico y eficaz. En esta metodología, los principales materiales utilizados son la organización de las nociones del inglés, orientados a enseñar el vocabulario necesario para comprender y expresar diversas funciones lingüísticas, haciendo hincapié en el uso apropiado y contextualizado del lenguaje [4]

ESTRATEGIAS FUNDAMENTALES DE APRENDIZAJE DE LENGUAS EXTRANJERAS

Las estrategias de aprendizaje constituyen un componente esencial para lograr un aprendizaje efectivo, en conjunto con otros factores fundamentales como la calidad de la instrucción y la motivación de los estudiantes" [6]. En términos simplificados, las estrategias se definen como el conjunto de acciones o conceptos que los estudiantes emplean para facilitar la asimilación de los conocimientos y, por ende, mejorar su aprendizaje.

Según varios expertos en la materia, las estrategias de aprendizaje de una lengua extranjera comparten elementos básicos que engloban diversas actividades, juegos o planes orientados hacia el dominio del inglés. Estas metas son conscientes y están dirigidas hacia objetivos específicos, implicando procesos de toma de decisiones tanto por parte de los estudiantes como de los profesores para alcanzar el resultado deseado del aprendizaje [7].

Existen varios métodos para clasificar las estrategias de estudio de una lengua extranjera. A continuación, se describen las clasificaciones propuestas por [8].

2.1 LOS RECURSOS TECNOLÓGICOS EN EL APRENDIZAJE DE LENGUA EXTRANJERA

ACCESO A RECURSOS EDUCATIVOS AMPLIADOS

El advenimiento de internet y las plataformas de aprendizaje en línea han democratizado el acceso a una amplia gama de recursos educativos para el aprendizaje del inglés. A través de sitios web, aplicaciones móviles y plataformas de enseñanza virtual, los estudiantes tienen la oportunidad de acceder a materiales de estudio interactivos, ejercicios de práctica, videos educativos y tutoriales, lo que les permite personalizar su experiencia de aprendizaje de acuerdo con sus necesidades y preferencias individuales [9]. Aprendizaje Adaptativo y Personalizado

Las nuevas tecnologías también han facilitado la implementación de enfoques de aprendizaje adaptativo y personalizado en la enseñanza del inglés. Mediante el uso de algoritmos de inteligencia artificial y análisis de datos, los sistemas de aprendizaje adaptativo pueden identificar las fortalezas y debilidades de cada estudiante y proporcionar retroalimentación individualizada y actividades específicas para abordar áreas de mejora [10].

MEJORA DE LA PRÁCTICA DE HABILIDADES LINGÜÍSTICAS

Las tecnologías emergentes, como la realidad virtual y la realidad aumentada, ofrecen nuevas oportunidades para mejorar la práctica de habilidades lingüísticas en contextos auténticos y significativos. Mediante simulaciones de situaciones de la vida real, los estudiantes pueden practicar la comprensión auditiva, la expresión oral y la interacción comunicativa en entornos virtuales de inmersión, lo que les permite desarrollar confianza y fluidez en el uso del idioma [11].

COLABORACIÓN Y COMUNICACIÓN GLOBAL

El uso de tecnologías de comunicación en tiempo real, como videoconferencias y herramientas de colaboración en línea, ha abierto nuevas posibilidades para la colaboración y la comunicación global en el aprendizaje del inglés. Los estudiantes pueden participar en proyectos colaborativos con compañeros de todo el mundo, practicar sus habilidades de conversación con hablantes nativos y acceder a experiencias interculturales auténticas sin necesidad de viajar físicamente [12].

En conclusión, la integración de nuevas tecnologías en la enseñanza del inglés ha transformado radicalmente la forma en que los estudiantes aprenden y desarrollan habilidades lingüísticas y comunicativas. Sin embargo, es importante tener en cuenta que el éxito de estas iniciativas depende en gran medida de una implementación efectiva y de un enfoque pedagógico centrado en el estudiante [12] y [13].

2.2 VENTAJAS DE LA TECNOLOGÍA EN LA ENSEÑANZA DEL IDIOMA EXTRANJERO

- Mejora de la motivación: Los estudiantes actuales, que son nativos digitales, incorporan la tecnología en su vida cotidiana. Utilizar nuevas tecnologías en el aula puede ser una forma efectiva de conectar con esta generación y hacer que las materias sean más atractivas, lo que a su vez puede impulsar su rendimiento y aumentar su motivación;
- Fomento de la interacción: La integración de la tecnología en el entorno educativo promueve una mayor interacción entre los estudiantes y los profesores. Esto permite que los estudiantes expresen sus opiniones con mayor facilidad, interactúen entre sí y contribuyan con sus puntos de vista, enriqueciendo así el aprendizaje;
- Estímulo del trabajo en equipo: La incorporación de nuevas tecnologías en la educación facilita la realización de trabajos en equipo, lo que promueve valores como la cooperación, la solidaridad y el respeto entre los estudiantes;
- Potenciación de la creatividad: La integración de nuevas tecnologías en el ámbito educativo proporciona a los estudiantes la oportunidad de poner en práctica su creatividad innata, fomentando la generación de ideas nuevas y sorprendentes;
- Fomento de la comunicación bidireccional: Los medios de comunicación que aprovechan las nuevas tecnologías facilitan una comunicación más fluida y bidireccional entre profesores y estudiantes. Esto implica un enfoque de aprendizaje mutuo, donde tanto el profesor como los estudiantes contribuyen activamente al proceso de enseñanza-aprendizaje [14] y [15].

2.3 TIPOS DE TECNOLOGÍAS PARA NUEVAS ENSEÑANZAS DEL IDIOMA EXTRANJERO

a) Tecnologías de Realidad Aumentada (RA):

- La RA proporciona una experiencia inmersiva que combina el mundo físico con elementos virtuales;
- Puede ser utilizada para crear entornos de aprendizaje contextualizados, donde los estudiantes pueden practicar habilidades comunicativas en situaciones realistas;
- Las aplicaciones de RA pueden permitir a los estudiantes interactuar con objetos virtuales y simular conversaciones en diferentes idiomas o situaciones comunicativas [17].

b) Aplicaciones de Videoconferencia y Tele-presencia:

- Las herramientas de videoconferencia como Zoom, Microsoft Teams o Google Meet permiten la comunicación en tiempo real entre personas ubicadas en diferentes lugares;

- Estas aplicaciones pueden ser utilizadas para practicar habilidades de comunicación oral, como presentaciones, debates o discusiones en grupo;
- La telepresencia, que incluye dispositivos como robots de telepresencia, puede proporcionar una experiencia más inmersiva y colaborativa, permitiendo a los estudiantes participar en actividades comunicativas como si estuvieran físicamente presentes en el lugar [18].

c) Plataformas de Aprendizaje en Línea:

- Plataformas como Moodle, Canvas o Edmodo ofrecen herramientas para crear cursos en línea y actividades interactivas;
- Estas plataformas pueden ser utilizadas para desarrollar habilidades comunicativas a través de actividades como foros de discusión, blogs, wikis y tareas colaborativas;
- Los estudiantes pueden practicar la escritura, recibir retroalimentación de sus compañeros y del instructor, y participar en discusiones que fomenten el intercambio de ideas y la argumentación [16].

d) Herramientas de Inteligencia Artificial (IA) para la Evaluación y Retroalimentación:

- Los sistemas de IA pueden ser utilizados para evaluar y proporcionar retroalimentación sobre habilidades comunicativas, tanto escritas como orales;
- Los programas de procesamiento de lenguaje natural (NLP) pueden analizar la gramática, coherencia y cohesión de textos escritos, proporcionando sugerencias para mejorar la expresión escrita;
- Los sistemas de reconocimiento de voz pueden evaluar la pronunciación y entonación en habilidades de expresión oral, ofreciendo retroalimentación personalizada para mejorar la fluidez y la claridad [19].

e) Tecnologías de Traducción Automática:

- Las herramientas de traducción automática pueden facilitar la comunicación entre personas que hablan diferentes idiomas;
- Estas tecnologías pueden ser utilizadas para traducir textos escritos o proporcionar subtítulos en tiempo real durante conversaciones en videoconferencia;
- Al facilitar la comunicación multilingüe, las tecnologías de traducción automática pueden promover la inclusión y el intercambio intercultural en el aula [19].

3 METODOLOGÍA

El presente estudio adoptó un enfoque de investigación mixta, que combina métodos cuantitativos y cualitativos para obtener una comprensión más completa de un problema de investigación, según señala [20]. La elección de esta metodología se justifica en la necesidad de abordar el problema desde múltiples perspectivas, ya que enfocarse exclusivamente en un enfoque cuantitativo o cualitativo podría limitar la comprensión del objeto de estudio.

El diseño específico utilizado fue el procedimiento secuencial explicativo, donde se lleva a cabo inicialmente una investigación cuantitativa cuyos resultados se analizan e interpretan. Posteriormente, se realiza una fase de investigación cualitativa para profundizar en la comprensión de los hallazgos cuantitativos iniciales. Esta metodología permite una exploración más detallada de los resultados cuantitativos a través de técnicas cualitativas seleccionadas [20].

El estudio se desarrolló en una universidad pública en la región de la costa ecuatoriana, con la participación de 300 estudiantes de pregrado inscritos en la materia de inglés I como lengua extranjera, materia obligatoria para seguir culminando su malla curricular. Según el Marco Común Europeo de Referencia para las Lenguas, el nivel de competencia en inglés de los participantes se sitúa del nivel A1 a C2.

4 ANÁLISIS DE RESULTADOS

Con el propósito de evaluar la receptividad de los estudiantes de inglés como lengua extranjera hacia las teorías y modelos previamente establecidos, se ha llevado a cabo un estudio mediante encuestas dirigidas a una muestra heterogénea en cuanto a edades y niveles de competencia en inglés. El objetivo primordial ha sido recabar sus perspectivas respecto al empleo de las últimas innovaciones tecnológicas en el proceso de aprendizaje del idioma.

Las interrogantes centrales de la indagación científica son las siguientes: ¿Contribuirán las innovaciones tecnológicas al desarrollo de habilidades específicas? ¿Representarán un elemento fundamental para la instauración de un método de estudio exhaustivo en el contexto de un idioma extranjero? La hipótesis principal formulada antes de la encuesta sugiere que la adopción de nuevas tecnologías tendrá un impacto positivo en la comprensión por parte de los estudiantes y disminuirá la aprehensión asociada al hablar en público.

4.1 MUESTRA E INTERPRETACIÓN

Para el presente estudio se ha realizado una encuesta a 300 estudiantes de diferentes carreras y de diferentes niveles de inglés, que cursan la materia de Ingles en una institución de Educación Superior.

Para efectos de esta investigación se ha recogido las preguntas de mayor interés en las que se recogen las siguientes gráficas y análisis.

En lo que respecta al gráfico N°1 con respecto a la edad de la muestra, correspondiente a los encuestados, identificamos que con un 52% la edad predominante son las personas entre 23 y 25 años, seguidos de un 26% con personas de más de 30 años y con un 23% aquellas personas que se encuentran entre los 18 y 22 años.

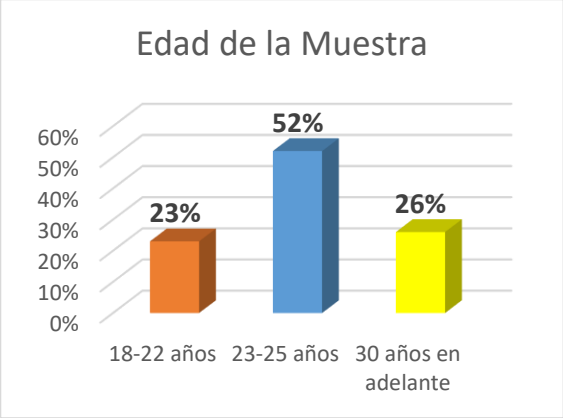


Gráfico N°1.- Correspondiente a la pregunta de la edad de los encuestados

En lo que respecta al Gráfico N°2 con respecta al ciclo universitario de los encuestados, podemos ver que con un 35% lidera los estudiantes de 1er a 3er semestre, seguidos de un 28% los de 4to a 6to semestre, con un 20% los de 7mo a 10mo semestre y con un 17% los estudiantes de Titulación.

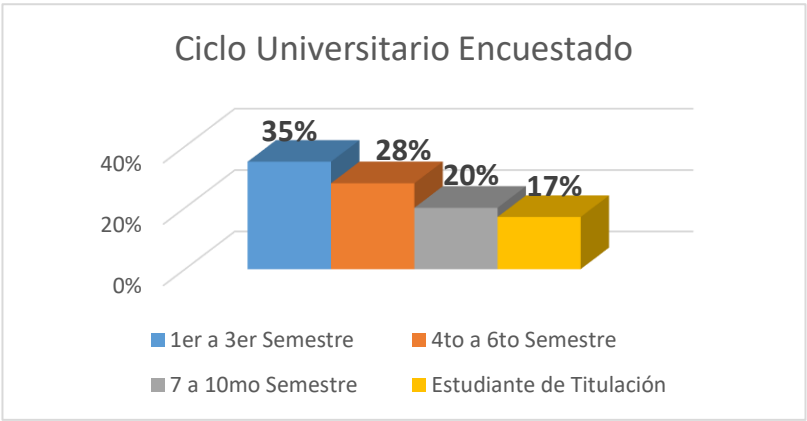


Gráfico N°2.- Correspondiente al Ciclo Universitario que cura el estudiante encuestado

En lo que respecta al Gráfico N°3 con respecta al nivel de inglés de los encuestados, podemos ver que con un 31% cuenta con un nivel A2 seguido de un 23% con nivel B2, seguido de un A1 con un 22%, con un 19% un B1 y con un 1% con el nivel de C1

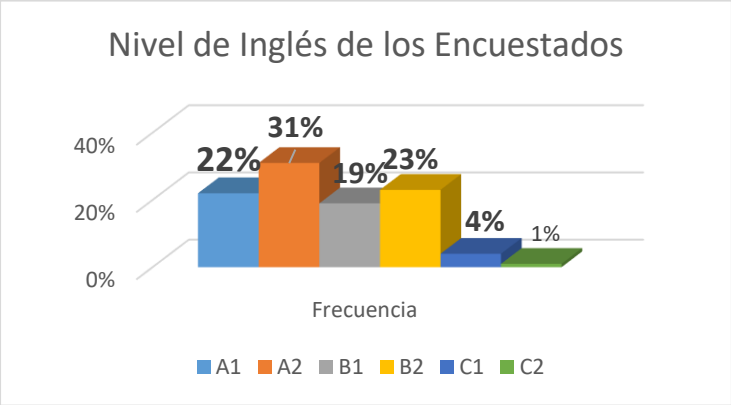


Gráfico N°3.- Correspondiente a la pregunta del nivel de inglés de los Encuestados

En lo que respecta al Gráfico N°4 con respecta al uso del idioma inglés de los encuestados, podemos ver que con un 22% de que nunca lo emplean, seguido de un 30% con una respuesta positiva, seguido de un 48% con a veces.

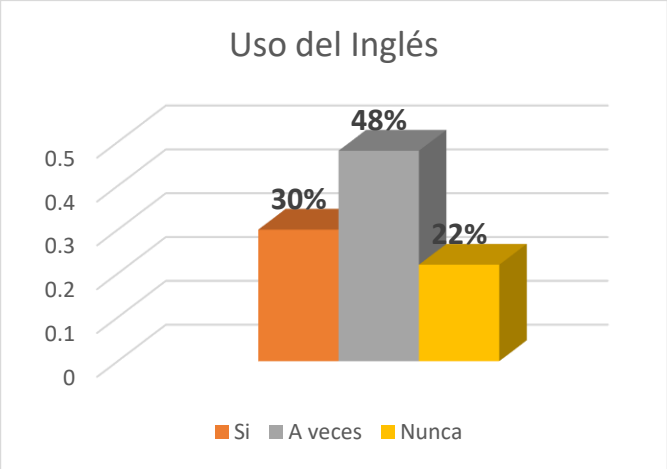


Gráfico N°4.- Correspondiente a la pregunta de la edad de los encuestados

En lo que respecta al Gráfico N°5 con respecta al método de aprendizaje de los encuestados, podemos ver que con un 43% el enfoque comunicativo es el de mejor aprendizaje según los encuestados para el aprendizaje de lengua extranjera, con un 22% el método audio-lingual, con un 18% el método gramática-traducción y finalmente con un 17% el método directo.

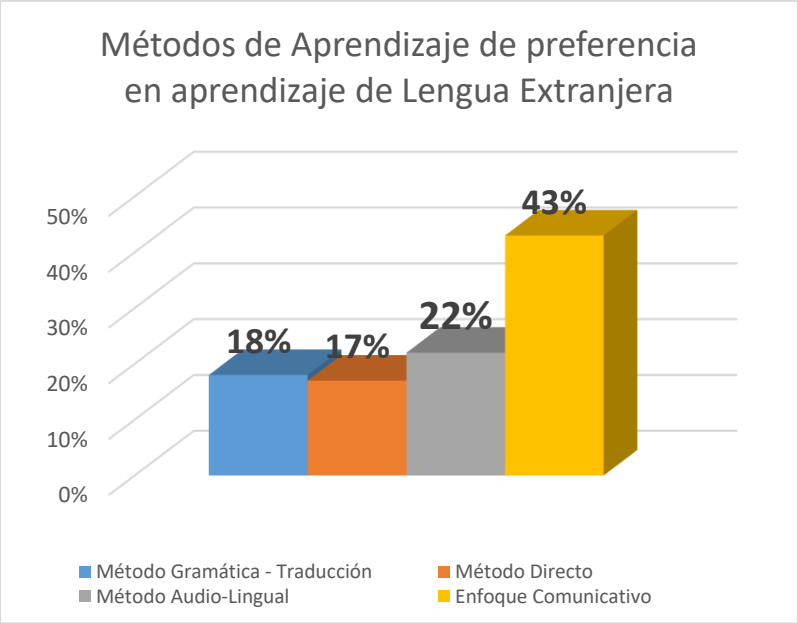


Gráfico N°5.- Correspondiente al método de preferencia en el aprendizaje de lengua extranjera

En lo que respecta al Gráfico N°6 con respecta si ha utilizado tecnologías nuevas para el aprendizaje d la lengua extranjera, la respuesta fue con un si el 85% y con un no l 15%.

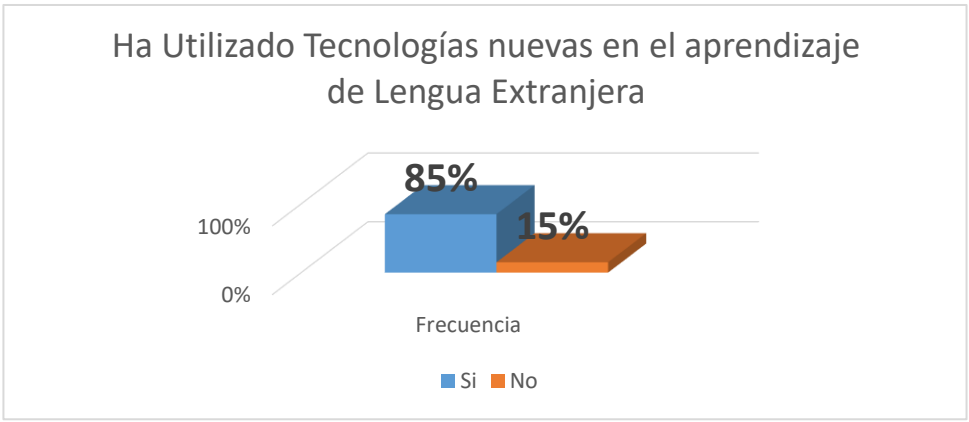


Gráfico N°6.- Correspondiente a la pregunta de si ha utilizado tecnologías nuevas en el aprendizaje de Lengua Extranjera

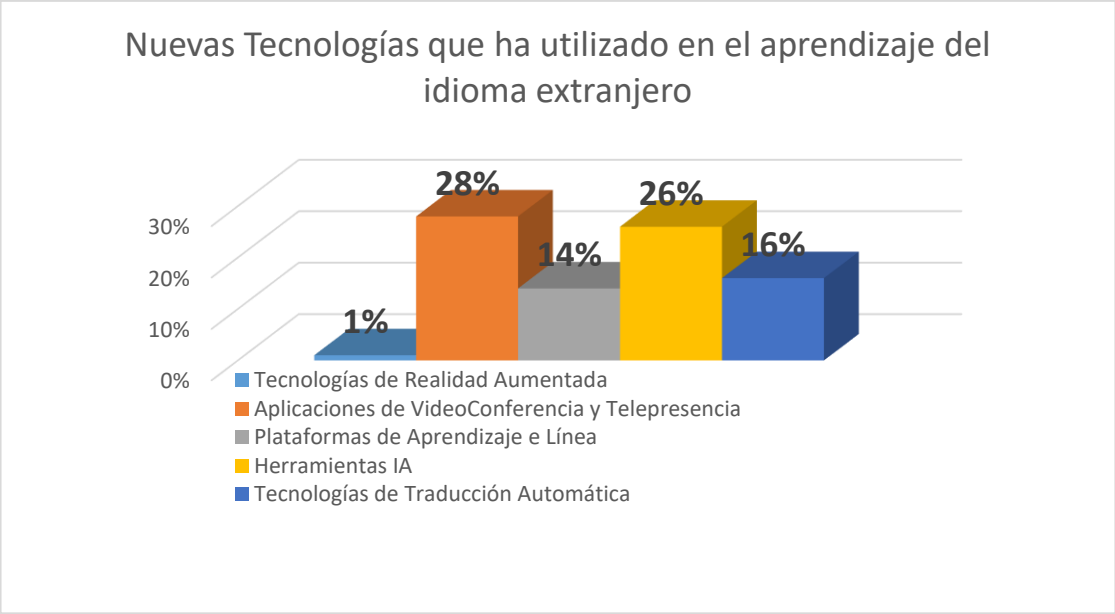


Gráfico N°7.- Correspondiente a la pregunta de seleccione el tipo de nueva tecnología de preferencia, siempre que haya respondido si a la pregunta del gráfico N°6.

En lo que respecta al Gráfico N°7 con respecta a la pregunta de seleccione cual de las siguientes nuevas tecnologías ha utilizado. Con un 28% las aplicaciones de videoconferencia y te presencial lideran. Seguido con un 26% las herramientas IA con un 16% las tecnologías de traducción, con un 14% las tecnologías con plataformas de Aprendizaje en línea y con un 1% tecnologías de realidad aumentada.

5 CONCLUSIONES

El estudio destaca la sinergia entre las nuevas tecnologías y los métodos tradicionales de enseñanza de idiomas, particularmente el inglés, como un enfoque prometedor para mejorar el rendimiento y la motivación de los estudiantes. Aunque aún está en fase experimental, los alumnos reconocen el potencial del aprendizaje combinado para fortalecer habilidades orales y expresan su preferencia por esta metodología. Además, se sugiere que la docencia superior debería considerar el impacto positivo de las nuevas tecnologías en la concentración y la autonomía del estudiante. Una amplia gama de recursos digitales, como podcasts y aplicaciones de vocabulario, enriquecen el proceso de aprendizaje, brindando oportunidades para un desarrollo más completo de las habilidades lingüísticas.

Por consiguiente, los resultados sugieren que las nuevas tecnologías son y seguirán siendo herramientas valiosas para los estudiantes de inglés en diversos niveles, destacando la importancia del entrenamiento para aprovechar al máximo estas herramientas disponibles. Es evidente que los alumnos prefieren las nuevas tecnologías sobre las herramientas tradicionales, y los profesores están adoptando estos nuevos métodos de enseñanza.

A pesar de las posibles desventajas, como la pérdida de información o la percepción de frialdad en la enseñanza del inglés, las ventajas superan claramente estos inconvenientes. En resumen, el uso de nuevas tecnologías en la enseñanza del inglés beneficia tanto a alumnos como a profesores, especialmente en el desarrollo de habilidades de expresión oral en entornos reales de práctica. Sin embargo, es fundamental proporcionar orientación a los alumnos sobre el uso adecuado de estas herramientas para adquirir todas las destrezas necesarias.

En un futuro cercano, se espera una mayor integración de nuevas tecnologías en las metodologías de enseñanza de idiomas. La investigación futura debería centrarse en evaluar la eficacia de estas herramientas y en su capacidad para potenciar todas las habilidades lingüísticas, como expresión oral, vocabulario, comprensión y escritura. Además, es crucial explorar cómo diferentes grupos, como género y edad, pueden verse afectados por estas tecnologías para orientar mejor la enseñanza en el futuro. Aunque este estudio ha sido limitado, deja numerosas áreas de investigación abiertas para futuros estudios que puedan arrojar luz sobre estas cuestiones.

REFERENCIAS

[1] Manga, A.-M. (2008). Revista Electrónica de Estudios Filológicos. Obtenido de Lengua.

[2] Segunda (L2) Lengua Extranjera (LE): Factores e Incidencias de Enseñanza/Aprendizaje: https://www.um.es/tonosdigital/znum16/secciones/estudios--10-Ensenanza.html.

[3] INPAHU Fundación Universitaria. (2008). Política de idiomas. *INPAHU Fundación Universitaria, 1* (SGE-P00-008), 1.

[4] Lois Lugilde, S. (2012). El método gramática-traducción en la enseñanza de las lenguas. Paiderex.

[5] Hernández Reinoso, F. L. (1999-2000). Los métodos de enseñanza de lenguas y las teorías del aprendizaje. *Encuentro. Revista de investigación e innovación en la clase de idiomas, 11,* 141-153.

[6] Alcalde Mato, N. (2011). Principales métodos de enseñanza de lenguas extranjeras en Alemania. *Revista de Lingüística y Lenguas Aplicadas, 6,* 9-23.

[7] García-Ríos, R., Pérez-González, F., Martínez, T., & Alfonso, V. (1988). Estrategias de aprendizaje y enseñanza del inglés como segunda lengua en contextos formales. *Revista de Educación, 316,* 257-269.

[8] Rodrigues Ruíz, M., & García-Merás García, E. (s.f.). Las estrategias de aprendizaje y sus particularidades en lenguas extranjeras. *Revista Iberoamericana de Educación, 965*.

[9] O'Malley, J. M., & Chamot, A. U. (1990). *Learning Strategies in Second Language Azquisitions.* Melbourne: Cambridge University Press.

[10] Warschauer, M. (2011). Learning in the Cloud: How (and Why) to Transform Schools with Digital Media. Teachers College Press.

[11] Reinders, H., & White, C. (2016). Innovations in Learning Technologies for English Language Teaching. Palgrave Macmillan.

[12] Chang, C., & Lee, J. (2020). Enhancing English Listening Comprehension Ability through Virtual Reality Technology. Journal of Educational Technology & Society, 23 (3), 95-107.

[13] Stockwell, G. (2012). Computer-assisted Language Learning: Diversity in Research and Practice. Cambridge University Press.

[14] Levy, M., & Stockwell, G. (2006). CALL Dimensions: Options and Issues in Computer-Assisted Language Learning. Lawrence Erlbaum Associates.

[15] ARIAS, Elsa Amália Basantes, et al. El impacto de la virtualidad en el aprendizaje del idioma inglés en educación superior. *Polo del Conocimiento: Revista científico-profesional,* 2021, vol. 6, no 5, p. 46-56.

[16] PIÑA, Jennyfer Melania Tutillo, et al. Genially como herramienta interactiva para el aprendizaje de verbos en Inglés. *Revista arbitrada interdisciplinaria Koinonía,* 2020, vol. 5, no 5, p. 250-266.

[17] MORENO MARTÍNEZ, Noelia Margarita; GALVÁN MALAGÓN, María Carmen. Realidad aumentada y realidad virtual para la creación de escenarios de aprendizaje de la lengua inglesa desde un enfoque comunicativo. *Didáctica, innovación y multimedia,* 2020, no 38.

[18] RAMIREZ CAUTI, Sandra Fiorella. Uso de la videoconferencia y el aprendizaje del inglés en estudiantes de una universidad privada, Lima Norte 2020. 2020.

[19] CHICAIZA, Rosa M., et al. Aplicaciones de Chat GPT como inteligencia artificial para el aprendizaje de idioma inglés: Avances, desafíos y perspectivas futuras: Applications of Chat GPT as Artificial Intelligence for English Language Learning: Advances, Challenges, and Future Perspectives. LATAM Revista Latinoamericana de Ciencias Sociales y Humanidades, 2023, vol. 4, no 2, p. 2610–2628-2610–2628.

[20] CRESWELL, John W.; POTH, Cheryl N. Qualitative inquiry and research design: Choosing among five approaches. Sage publications, 2016.

International Journal of Innovation and Applied Studies
ISSN 2028-9324 Vol. 43 No. 2 Aug. 2024, pp. 240-250
© 2024 Innovative Space of Scientific Research Journals
http://www.ijias.issr-journals.org/

DISTRIBUCIÓN POTENCIAL MEDIANTE ESCENARIOS FUTUROS DE CAMBIO CLIMÁTICO PARA LA ARDILLA DE PETERS EN EL EJE NEOVOLCANICO

[POTENTIAL DISTRIBUTION THROUGH FUTURE CLIMATE CHANGE SCENARIOS FOR PETERS SQUIRRELS IN THE TRANS-MEXICAN VOLCANIC BELT]

Enrique Buendía-Rodríguez[1], José Gilberto Chávez-León[2], Tomás Pineda-Ojeda[1], Adrián Hernández-Ramos[3], Jonathan Hernández-Ramos[4], and José Israel Lopéz-Martínez[5]

[1]Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP) - Campo Experimental Valle de México, Coatlinchán, Texcoco, Estado de México, Mexico

[2]INIFAP- CENID-COMEF, Coyoacán, Mexico

[3]INIFAP-Campo Experimental Saltillo, Saltillo, Coahuila, Mexico

[4]INIFAP-Campo Experimental Bajío, Celaya, Guanajuato, Mexico

[5]TecNM-Instituto Tecnológico de Roque, Celaya, Guanajuato, Mexico

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

ABSTRACT: The high risk of extinction of fauna species has generated great interest in studies of current and potential distribution under different future scenarios of climate change in order to implement conservation policies and carry out the preservation of ecosystems that can serve as reservoirs of biodiversity. The objective was to generate maps of potential distribution in two climate change scenarios of the Mexican Squirrel (*Sciurus oculatus* Peters, 1863) to serve as a basis for determining protection, conservation and management zones for this species in the Trans-mexican volcanic belt by means of ecological niche simulation models. We used 105 pairs of *S. oculatus* occurrence data from the GBIF-Mexico database, 19 climatic and environmental variables (BioClim) for two scenarios 2041-2060 and 2061-2080, from the GCM model CNRM-CM6-1 with RCP4.5 and RCP8.5, in addition to the current potential distribution. The Maximum Entropy Algorithm was used to generate the suitability maps using suitability values of 0.4-0.6 low, 0.61-0.8 medium and 0.81-1.0 high. The largest area with high suitability was the northwestern region of the State of Mexico; the areas with high suitability comprised 6359 ha (4 %), medium of 23,510 ha (14.7 %) and low of 26750 ha (16.7 %), for a present potential distribution. It is concluded that the modeling with Maxent's algorithm allowed generating potential distribution maps in two future scenarios for the Mexican Squirrel (*Sciurus oculatus* Peters, 1863) with values of AUC > 0.959 and kappa > 0.8923.

KEYWORDS: Biogeographic patterns, climate change, drastic future scenario, maxent, spatial modeling, wildlife.

RESUMEN: El elevado riesgo de extinción de las especies de fauna ha generado un gran interés en estudios de distribución actual y potencial bajo diferentes escenarios futuros de cambio climático con la finalidad de aplicar políticas de conservación y llevar a cabo la preservación de los ecosistemas que puedan servir como reservorios de biodiversidad. El objetivo fue generar mapas de distribución potencial en dos escenarios de cambio climático de la Ardilla de peter (*Sciurus oculatus* Peters, 1863) que sirva como base para determinar zonas de protección, conservación y manejo de esta especie en el Eje Neovolcánico mediante modelos de simulación de nicho ecológico. Se emplearon 105 pares de datos de presencia de *S. oculatus* de la base de datos de GBIF- México, 19 variables climáticas y ambientales (BioClim) para dos escenarios 2041-2060 y 2061-2080, del

modelo MCG CNRM-CM6-1 con RCP4.5 y RCP 8.5, además de la distribución potencial actual. Se utilizó el Algoritmo de Máxima Entropía para generar los mapas de aptitud utilizando valores de idoneidad de 0.4-0.6 baja, 0.61-0.8 media y 0.81-1.0 alta. La mayor superficie con aptitud alta fue la región noroeste del Estado de México; las zonas con aptitud alta comprenden 6359 ha (4 %), media de 23510 ha (14.7 %) y baja de 26750 ha (16.7 %), para una distribución potencial presente. Se concluye que el modelado con algoritmo de Maxent, permitió generar mapas de distribución potencial en dos escenarios futuros para la Ardilla de peter (*Sciurus oculatus* Peters, 1863) con valores de AUC > 0.959 y kappa > 0.8923.

PALABRAS-CLAVES: Cambio climático, escenario futuro drástico, fauna, Maxent, modelado espacial, patrones biogeográficos.

1 INTRODUCCIÓN

El cambio climático, resultado principalmente por el calentamiento global, así como la sobreexplotación de los recursos naturales y el cambio acelerado de uso de suelo, han ocasionado la disminución de los ecosistemas donde se desarrollan las especies vegetales y animales, disminuyendo sus poblaciones y que en varios casos han llevado a su extinción [1].

El elevado riesgo de extinción de las especies de fauna ha generado un gran interés en estudios de distribución actual y potencial, así como de escenarios futuros con la finalidad de aplicar políticas de conservación y llevar a cabo la preservación de los ecosistemas de los que forman parte, con el propósito de servir como reservorios de biodiversidad [2], [3].

Actualmente, los estudiantes de la ecología y ciencias a fin se enfrentan a un número creciente de técnicas de modelado de distribución de especies [4], estas se están convirtiendo en una herramienta crucial para la planificación de la conservación, la gestión de los recursos naturales, además de la comprensión de los efectos de las cambiantes condiciones ambientales en los patrones biogeográficos, entre otros [5]. También, con estas herramientas se pueden diseñar de espacios para la protección y conservación de especies amenazadas [6].

Por lo anterior, es necesario realizar estudios de distribución potencial bajo diferentes escenarios de cambio climático para diseñar e implementar acciones que conlleven a la restauración, conservación y manejo de especies (de interés) nativas en su ecosistema natural. Para ello, se han realizado trabajos de modelación de nichos ecológicos para predecir la distribución potencial utilizando técnicas de Sistemas de Información Geográfica (SIG) para diferentes especies y con diversos enfoques. El modelado de nicho ecológico es una técnica para predecir la distribución potencial de especies con un enfoque teórico-metodológico que permite determinar el impacto de la pérdida o modificación de ecosistema a distintas escalas de análisis y esto ha contribuido al conocimiento de las especies y su interacción con el ecosistema [7]. Para realizar estos procesos de clasificación (regionalización climática) es necesario seleccionar variables climáticas que tienen importancia funcional con relación a algunos procesos biológicos básicos [8] debido a que diferentes autores han reportado una alta correlación con los patrones biogeográficos de distribución de especies silvestres [9].

Debido al alto grado de perturbación de los diferentes ecosistemas ocasionados por el cambio climático, a la caza ilegal, etc., existe una gran cantidad de especies que se encuentran en riesgo de desaparecer. Uno de esos casos es la Ardilla de Peters o Ardilla de peter (*Sciurus oculatus* PETERS, 1893), que es endémica del centro de México y se encuentra en la categoría Pr "sujeta a protección especial", de la lista de especies en riesgo de acuerdo al Anexo Normativo III, actualizado en 2019, de la NOM-059-SEMARNAT-2010 [10]. Aunque existe trabajos aislados que han estudiado esta especie con datos de presencia/avistamientos [11], [12], se requieren ajustar diferentes modelos que generen mapas de distribución más específicos en diferentes escenarios de cambio climático tomando en cuenta características de ecología y conducta de la especie. Por lo que, se planteó como objetivo generar mapas de distribución potencial en dos escenarios de cambio climático de la Ardilla de peter (*Sciurus oculatus* Peters, 1863) que sirva como base para determinar zonas de protección, conservación y manejo de esta especie en el Eje Neovolcánico mediante modelos de simulación de nicho ecológico.

2 MATERIALES Y MÉTODOS

2.1 ÁREA DE ESTUDIO

Se ubica en el Eje Neovolcánico o Eje Volcánico Transversal (EVT) (Figura 1a) que contienes 15 subprovincias fisiográficas (Figura 1b), abarca estados como Guanajuato, Querétaro, Hidalgo, Tlaxcala, Puebla, Oaxaca, Guerrero, Morelos, Estado de México y la Ciudad de México, exceptuando las llanuras costeras (Figura 1). El EVT es una provincia caracterizada por rasgos geomórficos, geológicos y bióticos muy particulares estos factores determinan los diferentes tipos de clima (templado

subhúmedo, cálido subhúmedo y seco, principalmente), que a su vez se ve reflejado en la diversidad biológica debido a la heterogeneidad ambiental que corresponde a bosques templados de pino, oyamel y encino, bosque mesófilo de montaña y en menor medida selva mediana, selva baja caducifolia, matorral xerófilo, pastizal y pastizal alpino, vegetación acuática y malpaís [13].

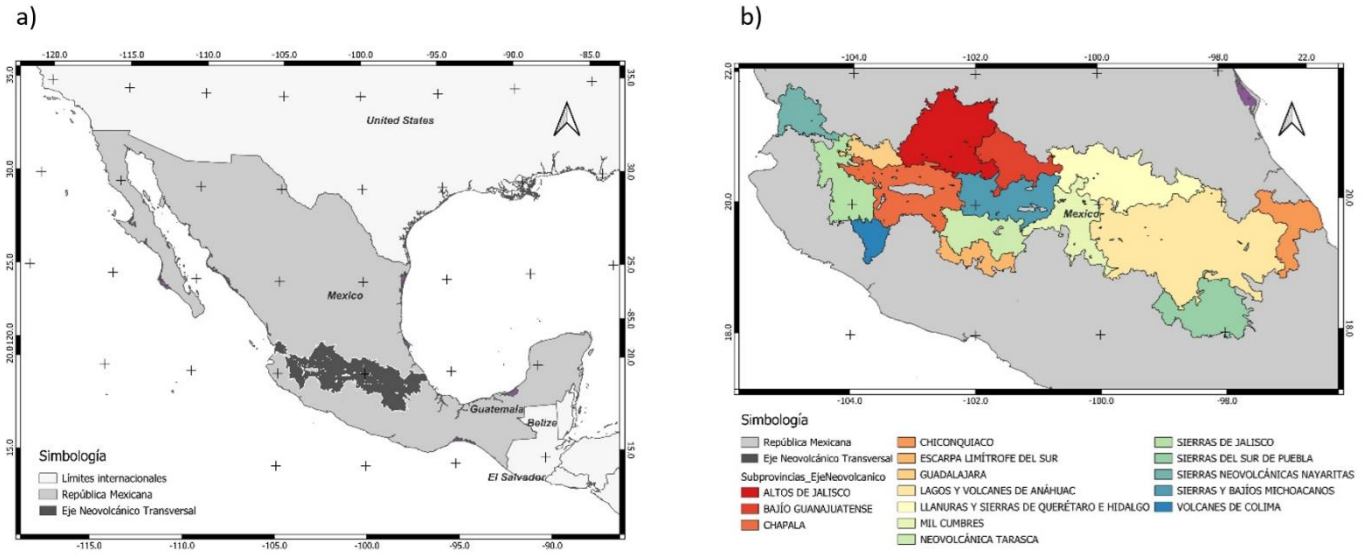


Fig. 1. Localización geográfica del Eje Neovolcánico (a) y subprovincias fisiográficas (b)

2.2 DATOS DE PRESENCIA

Para el análisis se empleó datos espaciales (longitud, latitud) de ocurrencia de *S. oculatus* procedentes de la Red Mundial de Información sobre Biodiversidad (REMIB) elaborada por la Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad y de la base de datos de GBIF- México (*https://doi.org/10.15468/dl.3bqsmw*). La base de datos fue depurada, eliminando información duplicada, referencias ubicadas en poblados, y lugares en los que las condiciones altitudinales o climáticas hicieran imposible su presencia quedando solamente para la zona de estudio 105 pares de datos [14].

2.3 VARIABLES CLIMÁTICAS

Los insumos para realizar la modelación de la distribución actual de la *S. oculatus* fueron 19 variables climáticas y ambientales (BioClim) en formato raster del periodo 1950 a 2000 (https://www.worldclim.org/data/worldclim21.html), seleccionadas de Worldclim 2.1 con una resolución de 1 km^2 por pixel (Tabla 1) [15]. Para eliminar la inestabilidad del rendimiento del modelo se eliminaron las variables con problemas de colinealidad, para lo cual se utilizó el método de factor de inflación de la varianza (VIF por sus siglas en inglés, *variance inflation factor*) para eliminar la colinealidad. El VIF refleja en qué medida los errores son inflados como resultado de la multicolinealidad de las variables incluidas en el modelo. Se utilizó la función *"vifstep"* del paquete *usdm* [16] del programa R versión 4.3.0 [17], esta función detecta la colinealidad entre las variables y excluye las que tienen un VIF alto [18], [19].

Tabla 1. Variables climáticas utilizadas en el estudio

Código	Descripción de las variables	Unidades	VIF inicial
Bio1	Temperatura media anual	°C	296.31
Bio2	Rango de temperaturas diurnas	°C	80.09
Bio3	Isotermalidad (BIO2/BIO7) (*100)	s/d	42.91
Bio4	Estacionalidad en la temperatura (desviación estándar * 100)	CV	3499.78
Bio5	Temperatura máxima del mes más cálido	°C	7.13*e12
Bio6	Temperatura mínima del mes más frío	°C	2.18*e13
Bio7	Rango anual de temperatura (BIO5-BIO6)	°C	2.79*e13
Bio8	Temperatura media del trimestre más lluvioso	°C	3.69
Bio9	Temperatura media del trimestre más seco	°C	3.58
Bio10	Temperatura media del trimestre más cálido	°C	1399.82
Bio11	Temperatura media del trimestre más frío	°C	3817.75
Bio12	Precipitación anual	mm	122.48
Bio13	Precipitación del mes más lluvioso	mm	87.52
Bio14	Precipitación del mes más seco	mm	76.97
Bio15	Estacionalidad en la precipitación (coeficiente de variación)	CV	11.88
Bio16	Precipitación del trimestre más lluvioso	mm	113.06
Bio17	Precipitación del trimestre más seco	mm	115.06
Bio18	Precipitación del trimestre más cálido	mm	7.72
Bio19	Precipitación del trimestre más frío	mm	29.44

Donde: °C = grados centígrados, CV = coeficiente de variación, m = metros, mm = milímetros, VIF = factor de inflación de la varianza.

2.4 MODELOS DE CIRCULACIÓN GLOBAL

La información bajo escenarios cambio climáticos futuros, se obtuvieron de proyecciones del modelo de circulación global (MCG) CNRM-CM6-1 [20], con una resolución espacial de 2.5 arc-min (4.5 km^2), los escenarios de emisión de gases de efecto invernadero (GEI) y trayectorias de concentración representativas (RCP) RCP4.5 y RCP8.5 para los horizontes promedio 50 (2041-2060) y 70 (2061-2080) del proyecto de intercomparación de modelos de clima acoplados fase 6 (CMIP6 por sus siglas en inglés, *coupled model intercomparison project phase 6*) disponibles en el portal electrónico de WorldClim (*http://www.worldclim.org*). Los RCP se refieren al forzamiento radiativo (FR) expresado en W m^{-2} (vatios por metro cuadrado) y se asume que varía al incrementarse los GEI. La dirección RCP4.5 y RCP8.5 representan escenarios en los que el FR total en el año 2100 habrá alcanzado 4.5 W m^{-2} y 8.5 W m^{-2}. Los escenarios con FR RCP4.5 se clasifican como escenarios "conservadores", y los escenarios con FR RCP 8.5 como "extremos" [21].

2.5 MODELADO DE LA INFORMACIÓN

Para la modelación de distribución actual y futuro bajo dos escenarios de cambio climático se utilizó el algoritmo de Máxima Entropía mediante el programa Maxent® versión 3.4.3 que se encuentra en el entorno R® versión 4.3.0 [17] y el paquete *dismo* versión 1.3-9 [22]. Se realizó una selección aleatoria de 80 % (84 ocurrencias) de las localidades de ocurrencia para el entrenamiento del modelo Raw y el 20 % (21 ocurrencias) restantes como datos de prueba para la validación.

2.6 EVALUACIÓN DE LOS MODELOS

El rendimiento del modelo fue analizado mediante las características operativas del receptor (ROC por sus siglas en inglés, *Receiver Operating Characteristic*), el área bajo la curva (AUC por sus siglas en ingles) y el efecto de cada variable dentro del modelo [23]. La selección del mejor modelo se realizó de acuerdo con [24], donde los modelos con valores AUC cercanos a 1 y probabilidad 0 fueron los más consistentes. Los valores del AUC se categorizan como Excelente (1 - 0.9), Buena (0.8 - 0.9), Aceptable (0.7 - 0.8), Mala (0.6 - 0.7) y No Válida (0.5 - 0.6) [7].

2.7 GENERACIÓN DE MAPAS

Una vez que se determinó el mejor modelo de distribución actual y en escenarios futuros de cambio climático se generó los mapas mediante la función "ggplot2" [16] del programa R versión 4.3.0 [17], utilizando los umbrales de corte para establecer las categorías corresponden a los siguientes rangos, menor 0.40 como nula, de 0.41 a 0.60 baja, 0.61 - 0.80 media y mayor 0.81 alta.

3 RESULTADOS

3.1 VARIABLES CLIMÁTICAS

Como resultado del análisis de VIF entre las 19 variables climáticas utilizadas para el estudio solo nueve quedaron elegibles para la modelación (Bio1, Bio2, Bio3, Bio8, Bio9. Bio13, Bio15, Bio18 y Bio19), las restantes 10 tuvieron problemas de colinealidad con un umbral th=10. Las variables que se incluyeron en el estudio tienen relación principalmente con la temperatura (6 variables) y solo tres variables están relacionadas con la precipitación (Bio13, Bio18 y Bio19).

De estas variables, las que más contribuyeron para la distribución potencial en el presente fueron la Bio3 (Isotermalidad) y Bio9 (Temperatura media del trimestre más seco) con un 49.8 % y 28.2 % respectivamente, pero no fue así para las proyecciones a escenarios futuros, ya que las que mayor contribuyeron fueron Bio8 (Temperatura media del trimestre más lluvioso) con valores de 25.9 a 34.6 %, y la Bio2 (Rango de temperaturas diurnas) con valores que van de 15.5 a 16.6, muy similares para cada uno de los escenarios futuros (Tabla 2). Del modo contrario, las variables que menos contribuyeron en todos los casos fueron la Bio19 (Precipitación del trimestre más frío) y Bio1 (Temperatura media anual) con una contribución menor al 5 % (Tabla 2).

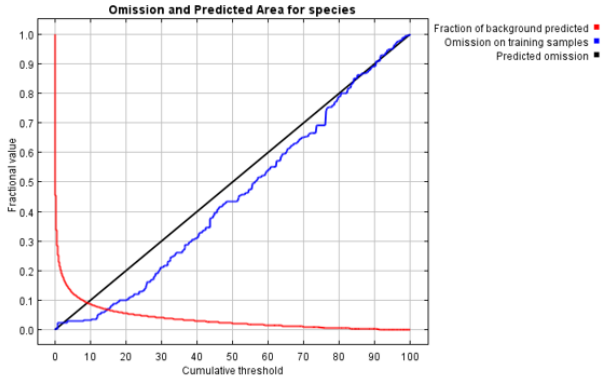
Tabla 2. Contribuciones porcentuales de las variables bioclimáticas en los modelos de predicción

Variable	Presente	Futuro moderado (2041-2060)	Futuro moderado (2061-2080)	Futuro drástico (2041-2060)	Futuro drástico (2061-2080)
Bio1	0.8	1.2	0.7	2.1	1.5
Bio2	8.0	16.6	15.5	15.9	15.9
Bio3	49.8	15.3	11.1	9.9	9.7
Bio8	1.6	25.9	34.0	33.0	34.6
Bio9	28.2	12.9	8.5	7.9	6.7
Bio13	2.7	3.5	3.6	1.6	1.1
Bio15	4.4	10.9	14.6	14.1	15.1
Bio18	3.3	11.0	7.1	12.6	12.7
Bio19	1.1	2.6	4.9	2.9	2.6

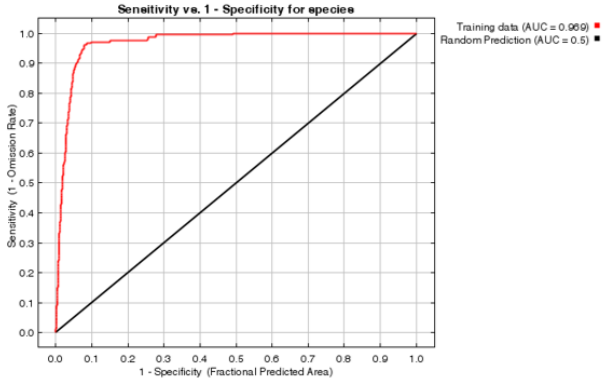
3.2 EVALUACIÓN DE LOS MODELOS

Los valores de AUC obtenidos para la modelación de los escenarios futuros fueron superiores a 0.95, lo cual, estadísticamente, se interpretó como un buen ajuste del modelo, y presentaron los valores más altos para los datos de entrenamiento y de prueba 0.959 y 0.958, respectivamente (Figura 2). Donde se obtuvieron los valores más bajos (AUC=0.959) en la distribución drástica (RCP8.5) para el periodo (2061-2080) (Figura 2j y 2k) y el más alto (AUC=0.969) fue para la distribución presente (Figura 2a y 2b) y la distribución moderada (RCP4.5) para el periodo (2041-2060) (Figura 2c y 2d). Estos valores contribuyen de manera espacial a una mejor distribución del nicho potencial de la especie en los diferentes escenarios estudiados.

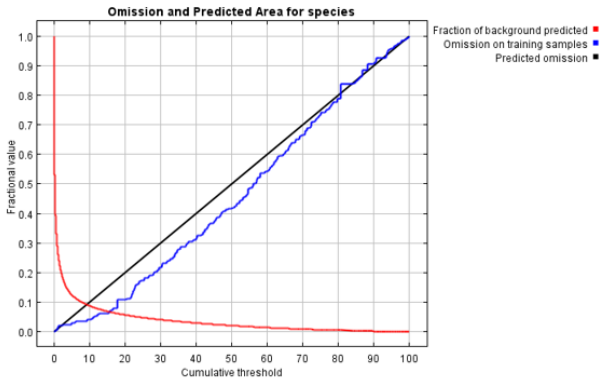
a)


Omission and Predicted Area for species
Fraction of background predicted
Omission on training samples
Predicted omission
Fractional value
Cumulative threshold

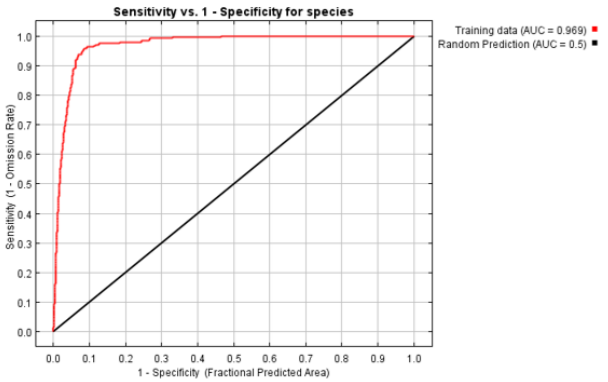
b)


Sensitivity vs. 1 - Specificity for species
Training data (AUC = 0.969)
Random Prediction (AUC = 0.5)
Sensitivity (1 - Omission Rate)
1 - Specificity (Fractional Predicted Area)

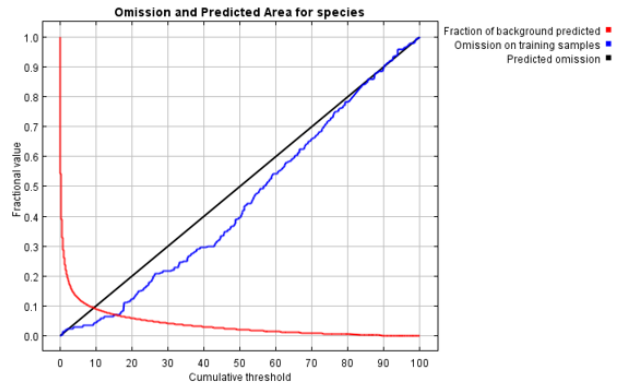
c)


Omission and Predicted Area for species
Fraction of background predicted
Omission on training samples
Predicted omission
Fractional value
Cumulative threshold

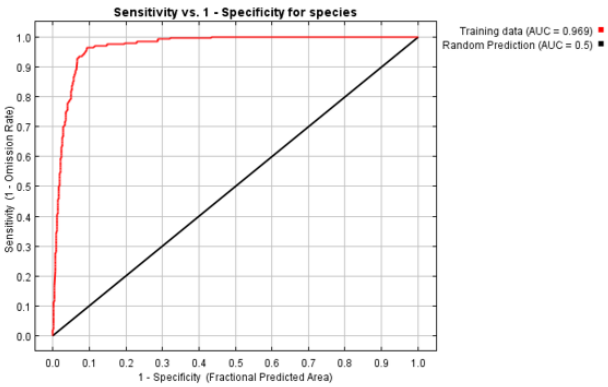
d)


Sensitivity vs. 1 - Specificity for species
Training data (AUC = 0.969)
Random Prediction (AUC = 0.5)
Sensitivity (1 - Omission Rate)
1 - Specificity (Fractional Predicted Area)

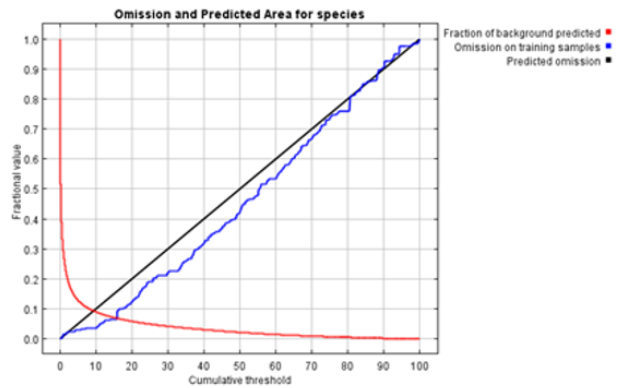
e)


Omission and Predicted Area for species
Fraction of background predicted
Omission on training samples
Predicted omission
Fractional value
Cumulative threshold

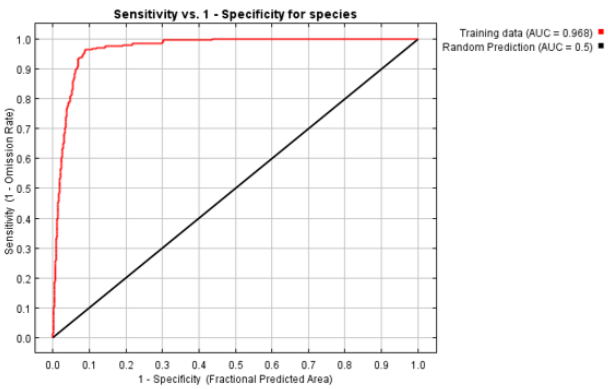
f)


Sensitivity vs. 1 - Specificity for species
Training data (AUC = 0.969)
Random Prediction (AUC = 0.5)
Sensitivity (1 - Omission Rate)
1 - Specificity (Fractional Predicted Area)

g)


Omission and Predicted Area for species
Fraction of background predicted
Omission on training samples
Predicted omission
Fractional value
Cumulative threshold

i)


Sensitivity vs. 1 - Specificity for species
Training data (AUC = 0.968)
Random Prediction (AUC = 0.5)
Sensitivity (1 - Omission Rate)
1 - Specificity (Fractional Predicted Area)

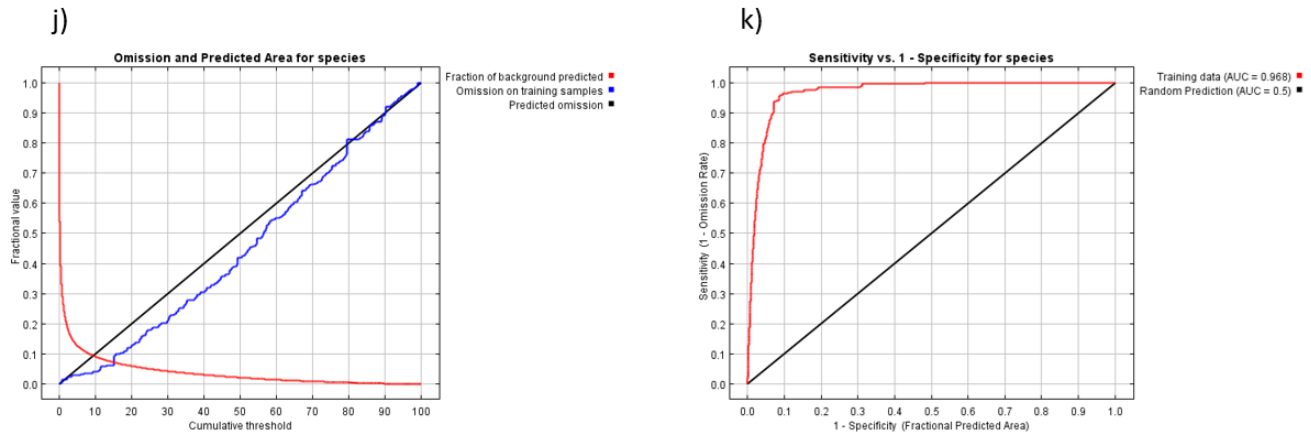
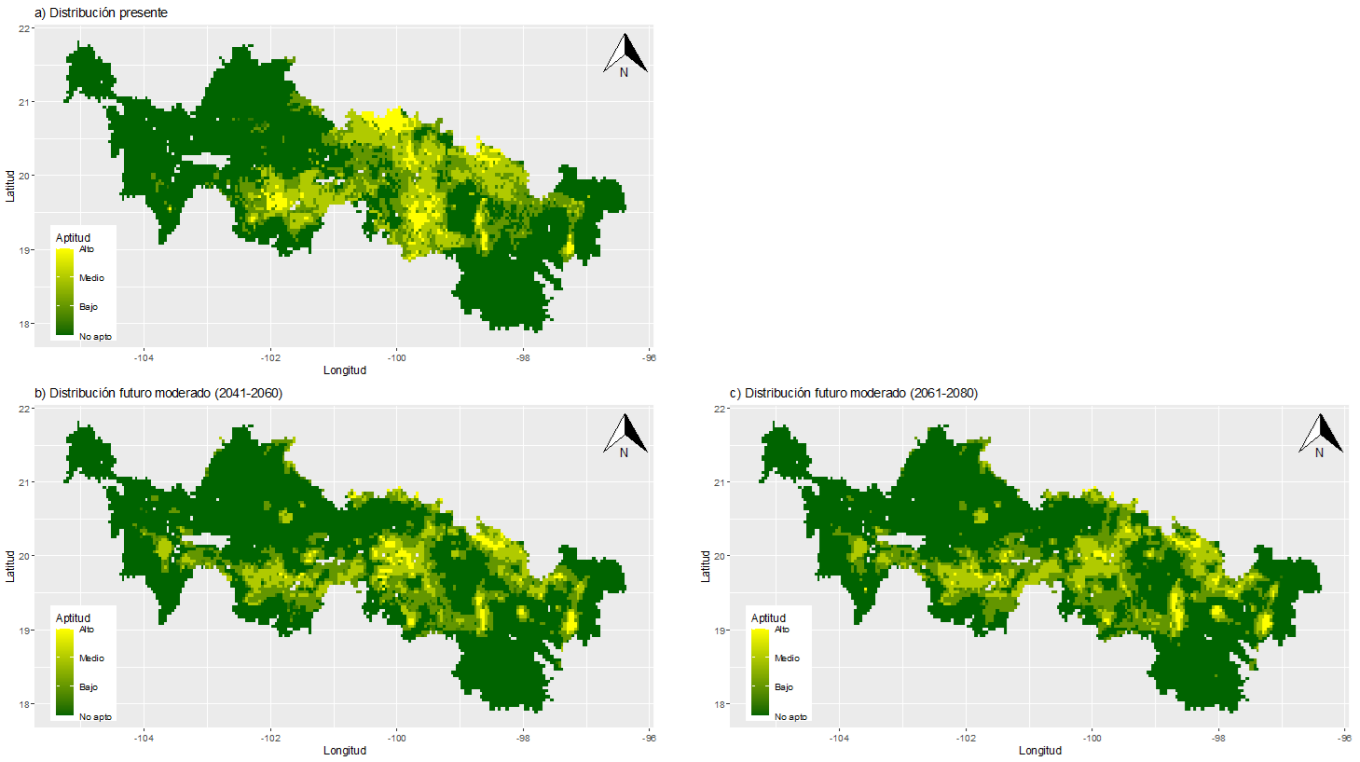


Fig. 2. Graficas de AUC obtenidos para la modelación de distribución bajo diferentes escenarios

3.3 GENERACIÓN DE MAPAS

El modelado de la información permitió la generación de mapas de distribución potencial de la Ardilla de peter con valores de kappa que van desde 0.8923 para la distribución actual hasta un 0.94 para la distribución moderada (RCP4.5) para el periodo (2041-2060). Lo que refuerza los valores del AUC > 0.9, y así poder realizar los mapas con un alto grado de confiabilidad.

Las zonas donde se presenta la distribución de la ardilla está ubicada en los bosques templados (bosques de pino-encino) de la parte central de eje Neovolcánico, en las subprovincias fisiográficas de Llanuras y sierra de Querétaro e Hidalgo, Lagos y volcanes del Anáhuac, principalmente Neovolcánica tarasca y Mil cumbres (Figura 3). En general, las zonas ubicadas en la subprovincia Mil cumbres presentan una aptitud alta de distribución de la ardilla, pero se van perdiendo en los dos escenarios futuros y en dos periodos analizados (Figura 3), por ejemplo, se pierde zonas de aptitud alta en la zona corresponde al norte de la subprovincia llanuras y sierra de Querétaro e Hidalgo (Figura 3a), que ya no se observa en los mapas restantes.



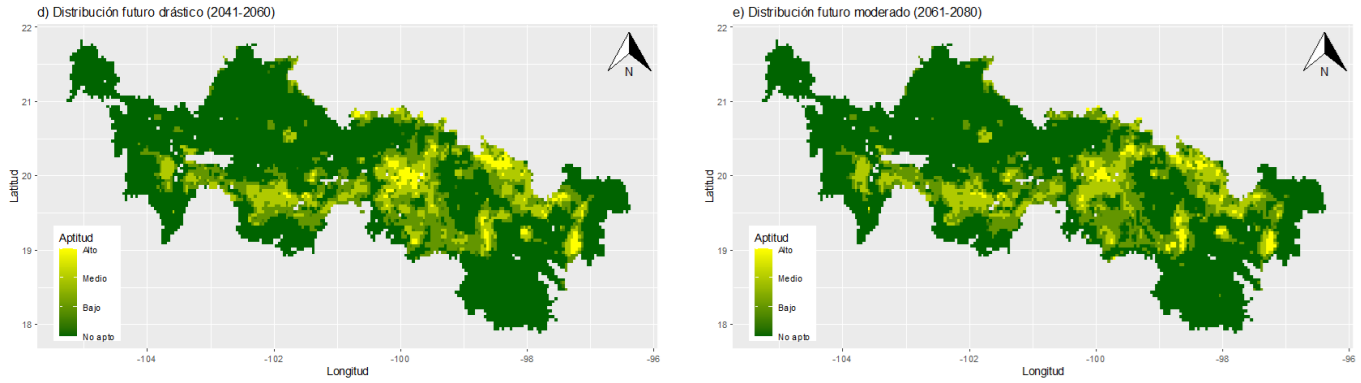


Fig. 3. Mapas de distribución potencial actual y bajo dos escenarios de cambio climático de la Ardilla de Peters (Sciurus oculatus) en el Eje Neovolcánico

La zona con mayor superficie con aptitud alta es la región noroeste del Estado de México, en los límites con Querétaro y Guanajuato, seguido de la zona del Parque Nacional Iztaccíhuatl-Popocatépetl (Figura 3). En términos generales, las zonas con aptitud alta para la distribución potencial de la Ardilla de peter en el Eje Neovolcánico comprenden una superficie de 6 359 ha (4 %), para la aptitud media de 23 510 ha (14.7 %) y para aptitud baja de 26 750 ha (16.7 %), para una distribución potencial presente (Figura 4a). Los resultados en escenarios futuros presentan una disminución de la distribución de zonas con aptitud alta que van de un 4 % de la distribución presente a un 1.6 % en un escenario moderado (RCP4.5) en el periodo 2061-2080. También disminuyó la aptitud media de 14.7 % a 11 y 11.1 % en el periodo 2061-2080 para ambos escenarios. Pero en el caso de la aptitud baja se incorporaron nuevas zonas aumentando de 16.7 % en la distribución presente hasta 19.2 % en el escenario 2061-2080 con un RCP4.5 (Figura 4a).

Una manera clara de identificar las tasas de conversión de cambio entre clases de aptitud es un gráfico de tasa de cambio, donde las categorías que se encuentren por debajo de cero están perdiendo superficie y las que se dispone por arriba de este valor están ganado superficie. Por lo que, en este caso, se puede observar que tanto con el modelo RCP4.5 y RCP8.5 en el periodo 2041-2060, tiene una pérdida de superficie un 4.8 y 3.8 % para una aptitud Media, respectivamente, con respecto a la distribución actual, además la aptitud Alta también tiene una tasa negativa de alrededor de 2 % para ambos casos (Figura 4b). Sin embargo, en el periodo 2061-2080, presenta una ganancia de alrededor de 1 %, en ambos casos.

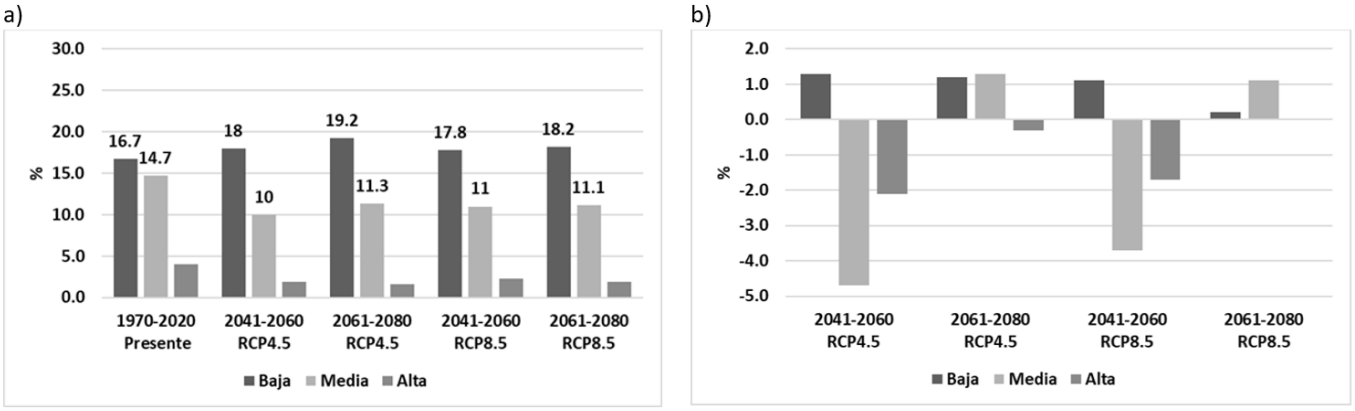


Fig. 4. Superficie de categorías de aptitud por modelo de escenario futuro (a) y Tasa de cambio entre las diferentes aptitudes por modelo de distribución en diferentes escenarios (b)

Con esta información se podría plantear dos zonas para la conservación del hábitat de la ardilla de peter que sirva como un santuario para esta especie en peligro de extinción, una de ellas es la sierra nevada (Parque Nacional Izta-Popo) el cual ha mantenido en los diferentes escenarios una aptitud alta para el desarrollo de la especie, y una segunda área, sería donde colindan los estados de Querétaro, Estado de México, Hidalgo y Michoacán.

4 DISCUSIÓN

En cuanto al clima [25] señala que la variables que más contribuyeron a la modelación de distribución de la ardilla de Albert fueron Bio1 (Temperatura media anual = 37.1 %), Bio17 (Precipitación del trimestre más seco = 21.2 %), que en este estudio la Bio1 fue de las variables de menor contribución (<2.1) y la Bio17, no fue considerada en los modelos, la tercer variable consideradas por dichos autores fue Bio15 (Estacionalidad en la precipitación = 12.4), que a diferencia de las variables anteriores tiene una contribución del 10.9-15.1 % en los escenarios futuros. Un estudio realizado en Europa del este, para predecir la distribución potencial actual de *S. citellus,* las variables que más contribuyeron fueron Bio2 y Bio11 (28.4 y 13.6) [26] que a diferencia de este estudio la variable Bio2 obtuvo valores superiores (alrededor de 13 %), y la variable Bio11 no fue considerada como inicio. Lo que indica que existen condiciones ecológicas diferentes de desarrollo entre especies de ardillas.

Autores como [27] encontraron valores similares de AUC (0.918) donde determinaron la distribución actual de Ardilla zorra oriental (*Sciurus niger rufiventer*) en el sureste de California, Estados Unidos, o valores de AUC=0.828 obtenidos por [28] donde utilizaron un modelo de nicho ecológico para predecir la expansión del área de distribución del Ardilla gris oriental en California. [26] obtuvo AUC>0.934 para determinar la distribución de dos linages de *S. citellus* en nueva países europeos (Austria, Bulgaria, Czech Republic, Hungary, Macedonia, Moldova, Romania, Serbia and Slovakia). En estudios similares en estudios de vegetación han registrado valores de entre 0.7 y 0.9 [29] o los obtenidos por [25], para la ardilla Abert en a la Sierra Madre Occidental, México (AUC > 0.77), por lo que con esta metodología se alcanzaron resultados precisos con el uso de MaxEnt, y se interpretan como un buen ajuste de los modelos utilizados [30].

En estudios como [31] en el este de Europa, determina que los hábitats de las ardillas son preferentemente en las zonas montañosas, coincidiendo con lo encontrado en este estudio. Además, en México, estudios como [32] generaron una distribución potencial actual similar a la encontrada, ubicada principalmente hacia el norte, con tendencia hacia el estado de San Luis Potosí, pero con áreas muy restringidas de zonas aptas; mientras que, el mapa de distribución generada por [33], muestra zonas más extensas en la región del Valle de México, como también lo señala también [34].

Aunque existen pocos estudios de análisis de distribución potencial de especies de pequeños mamíferos, los valores encontrados en este trabajo fueron mayores a los obtenidos por [35], para determinar la distribución de *Leopardus pardalis* (ocelote) en la Sierra Madre Oriental y a los resultados obtenidos por [8], donde hacen una evaluación de la distribución del *Panthera onca* (jaguar) en el estado de Guerrero.

Una variable que se debería de contemplar en la modelación de distribución en el caso de las ardillas es la capa de vegetación, debido a que esta especie prefiere los ecosistemas forestales de clima templado-frío, como queda comprobado en este estudio y lo sustenta [25] donde reporta que el modelado para la ardilla Abert (*Sciurus aberti*) se distribuye principalmente en bosques de coníferas (Bosque de pino, de pino-encino), en Sierra Madre Occidental (SMO), México.

Aunque esta metodología está más ampliamente utilizada en distribución de especies vegetales, se ha confirmado que la metodología utilizada funciona con especies de fauna, que podría considerarse un poco más difícil de modelar debido a que se tiene el factor de movilidad de las especies, pero se ha determinado que las condiciones climáticas en que se desarrollan tienen un patrón biogeográfico determinado.

5 CONCLUSIÓN

Con el modelo de nicho ecológico mediante la utilización del algoritmo de Maxent® se puede generar mapas de distribución potencial actual y de escenarios futuros bajo diferentes escenarios de cambio climático del ecosistema de la Ardilla de peter (*Sciurus oculatus*) con valores de AUC > 0.959 y kappa > 0.8923. Con este tipo de metodologías se aporta información para determinar cuáles son las zonas más propicias para realizar mejores prácticas de manejo forestal sustentable en toda el área de distribución de esta especie para su conservación, debido a que se encuentra Sujeta a Protección Especial.

AGRADECIMIENTO

Los autores agradecemos al INIFAP por financiar este trabajo a través del proyecto fiscal 12385834746 – *"Efecto de las practicas silvícolas en la diversidad de la fauna silvestre en predios sujetos a manejo forestal en el Eje Neovolcánico".*

REFERENCIAS

[1] E. Uribe B., *El cambio climático y sus efectos en la biodiversidad en América Latina*. Santiago: Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL), Naciones Unidas, 2015. [En línea]. Disponible en: https://www.cepal.org/sites/default/files/news/files/sintesis_pp_cc_cc_y_sus_efectos_en_la_biodiversidad.pdf

[2] E. Jardel Peláez, Criterios para la conservación de la biodiversidad en los programas de manejo forestal. 2015.

[3] L. Vargas-Larreta B., Manual de mejores prácticas de manejo forestal para la conservación de la biodiversidad en ecosistemas templados de la región norte de México. Zapopan, Jalisco: Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo, Comisión Nacional Forestal. CONAFOR, 2013.

[4] S. Vaz *et al.,* «Modelling species distributions using regression quantiles», *Journal of Applied Ecology,* vol. 45, n.º 1, pp. 204-217, feb. 2008, doi: 10.1111/j.1365-2664.2007.01392.x.

[5] R. J. Whittaker, M. B. Araújo, P. Jepson, R. J. Ladle, J. E. M. Watson, y K. J. Willis, «Conservation Biogeography: assessment and prospect», *Diversity and Distributions,* vol. 11, n.º 1, pp. 3-23, ene. 2005, doi: 10.1111/j.1366-9516.2005.00143.x.

[6] B. Benito y J. Peñas, «Aplicación de modelos de distribución de especies a la conservación de la biodiversidad en el sureste de la Península Ibérica», *Geofocus: Revista Internacional de Ciencia y Tecnología de la Información Geográfica, ISSN 1578-5157, Nº. 7, 2007,* vol. 7, ene. 2007.

[7] J. Elith y J. R. Leathwick, «Species Distribution Models: Ecological Explanation and Prediction Across Space and Time», *Annu. Rev. Ecol. Evol. Syst.,* vol. 40, n.º 1, pp. 677-697, dic. 2009, doi: 10.1146/annurev.ecolsys.110308.120159.

[8] A. P. Cuervo-Robayo y O. Monroy-Vilchis, «Distribución potencial del jaguar Panthera onca (Carnivora: Felidae) en Guerrero, México: persistencia de zonas para su conservación», *RBT,* vol. 60, n.º 3, nov. 2012. doi: 10.15517/rbt.v60i3.1813.

[9] J. L. Villaseñor, y O. Téllez-Valdés, «Distribución potencial de las especies del género Jefea (Asteraceae) en México», *Anales del Instituto de Biología. Serie Botánica,* 2004. [En línea]. Disponible en: https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=40075203.

[10] Secretaria de Medio Ambiente y Recursos Naturales [SEMARNAT], Modificación del Anexo Normativo III, Lista de especies en riesgo de la Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010, Protección ambiental-Especies nativas de México de flora y fauna silvestres-Categorías de riesgo y especificaciones para su inclusión, exclusión o cambio-Lista de especies en riesgo, publicada el 30 de diciembre de 2010. Estados Unidos Mexicanos, 2019. [En línea]. Disponible en: http://sidof.segob.gob.mx/notas/imagenes/5578808.

[11] C. Ballesteros-Barrera, «Distribución potencial de las especies de mamíferos con distribución restringida presentes en México». Comisión nacional para el conocimiento y uso de la biodiversidad, 2024. doi: 10.15468/JKME78.

[12] G. Ceballos González, J. Arroyo Cabrales, R. Medellín Legorreta, y Y. Domínguez-Castellanos, «Lista actualizada de los mamíferos de México», *RMM,* vol. 9, n.º 1, pp. 21-71, ene. 2005, doi: 10.22201/ie.20074484e.2005.9.1.153.

[13] M. Suárez-Mota y O. Téllez-Valdés, «Red de áreas prioritarias para la conservación de la biodiversidad del Eje Volcánico Transmexicano analizando su riqueza florística y variabilidad climática», *Polibotánica,* vol. 38, pp. 67-93, dic. 2013.

[14] T. C. Monterrubio-Rico *et al.,* «Distribución potencial histórica y contemporánea de la familia Psittacidae en México», *Revista Mexicana de Biodiversidad,* vol. 87, n.º 3, pp. 1103-1117, sep. 2016, doi: 10.1016/j.rmb.2016.06.004.

[15] S. E. Fick y R. J. Hijmans, «WorldClim 2: new 1-km spatial resolution climate surfaces for global land areas», *Intl Journal of Climatology,* vol. 37, n.º 12, pp. 4302-4315, oct. 2017, doi: 10.1002/joc.5086.

[16] B. Naimi, N. A. S. Hamm, T. A. Groen, A. K. Skidmore, y A. G. Toxopeus, «Where is positional uncertainty a problem for species distribution modelling?», *Ecography,* vol. 37, n.º 2, pp. 191-203, feb. 2014. doi: 10.1111/j.1600-0587.2013.00205.x.

[17] R Core Team, *R: A Language and Environment for Statistical Computing.* (2023). R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. [En línea]. Disponible en: https://www.R-project.org/.

[18] A. G. Azrag, S. A. Mohamed, S. Ndlela, y S. Ekesi, «Predicting the habitat suitability of the invasive white mango scale, *Aulacaspis tubercularis* ; Newstead, 1906 (*Hemiptera: Diaspididae*) using bioclimatic variables», *Pest Management Science,* vol. 78, n.º 10, pp. 4114-4126, oct. 2022, doi: 10.1002/ps.7030.

[19] C. F. Dormann *et al.,* «Collinearity: a review of methods to deal with it and a simulation study evaluating their performance», *Ecography,* vol. 36, n.º 1, pp. 27-46, ene. 2013, doi: 10.1111/j.1600-0587.2012.07348.x.

[20] A. Voldoire, «CNRM-CERFACS CNRM-CM6-1 model output prepared for CMIP6 HighResMIP». Earth System Grid Federation, 2019. doi: 10.22033/ESGF/CMIP6.1925.

[21] U. Manzanilla Quiñonez, O. A. Aguirre Calderón, J. Jiménez-Pérez, E. J. Treviño-Garza, y J. I. Yerena-Yamallel, «Escenarios de cambio climático (CMIP-5) para tres áreas naturales protegidas en el Eje Neovolcánico Transversal», *RMCF,* vol. 9, n.º 50, nov. 2018, doi: 10.29298/rmcf.v9i50.255.

[22] R. J. Hijmans, S. J. Phillips, J. R. Leathwick, y J. Elith, *dismo: Species Distribution Modeling. R package*. (2022). [En línea]. Disponible en: https://CRAN.R-project.org/package=dismo.

[23] S. J. Phillips, R. P. Anderson, y R. E. Schapire, «Maximum entropy modeling of species geographic distributions», *Ecological Modelling,* vol. 190, n.º 3-4, pp. 231-259, ene. 2006, doi: 10.1016/j.ecolmodel.2005.03.026.

[24] A. T. Peterson, M. Papeş, y J. Soberón, «Rethinking receiver operating characteristic analysis applications in ecological niche modeling», *Ecological Modelling,* vol. 213, n.º 1, pp. 63-72, abr. 2008, doi: 10.1016/j.ecolmodel.2007.11.008.

[25] S. Sandoval, C. López-González, J. G. Escobar-Flores, y R. O. Martínez-Rincón, «Effect of spatial resolution, algorithm and variable set on the estimated distribution of a mammal of concern: the squirrel *Sciurus aberti*», *Écoscience,* vol. 27, n.º 3, pp. 195-207, jul. 2020, doi: 10.1080/11956860.2020.1772609.

[26] S. Demi.

[27] R. B. Garcia y A. E. Muchlinski, «Range Expansion of the Eastern Fox Squirrel within the Greater Los Angeles Metropolitan Area (2005 – 2014) and Projections for Continued Range Expansion», *Bulletin, Southern California Academy of Sciences,* vol. 116, n.º 1, pp. 33-45, abr. 2017, doi: 10.3160/soca-116-01-33-45.1.

[28] C. M. Creley, F. M. Shilling, y A. E. Muchlinski, «An Ecological Niche Model to Predict Range Expansion of the Eastern Gray Squirrel in California», *Bulletin, Southern California Academy of Sciences,* vol. 118, n.º 1, p. 58, abr. 2019. doi: 10.3160/0038-3872-118.1.58.

[29] R. Reynoso Santos *et al.,* «El nicho ecológico como herramienta para predecir áreas potenciales de dos especies de pino», *RMCF,* vol. 9, n.º 48, jul. 2018, doi: 10.29298/rmcf.v8i48.114.

[30] R. Ávila Coriaz, R. Villavicencio García, y J. A. Ruiz Corral, «Distribución potencial de *Pinus herrerae* Martínez en el occidente del estado de Jalisco», *RMCF,* vol. 5, n.º 24, pp. 92-109, may 2018, doi: 10.29298/rmcf.v5i24.322.

[31] G. Kolomytsev y V. Prydatko-Dolin, «Red squirrel (*Sciurus vulgaris*) habitats change modelling in Eastern Europe in the scope of climate change according to new generation scenarios (SSPs) by 2100», *Theriol. Ukr.,* vol. 2020, n.º 20, pp. 105-126, feb. 2021, doi: 10.15407/TU2013.

[32] V. Sánchez-Cordero, P. Rodríguez, N. Moreno-Almeraya, y M. Jiménez-Cruz, «*Sciurus oculatus* (ardilla de Peter). Distribución Potencial en México», Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO), Instituto de Biología, UNAM. México., 2020.
[En línea]. Disponible en: http://geoportal.conabio.gob.mx/descargas/mapas/imagen/96/soc040dpgw.

[33] C. Ballesteros-Barrera, O. Aguilar-Romero, O. Téllez-Valdés, y J. López-Jardines, «*Sciurus oculatus* (ardilla de Peter). Distribución potencial.», Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO), Unidad Iztapalapa, Universidad Autónoma Metropolitana, México, 2016.
[En línea]. Disponible en: http://geoportal.conabio.gob.mx/descargas/mapas/imagen/96/soc053dpgw.

[34] E. Buendía-Rodríguez, T. Pineda-Ojeda, E. Flores-Ayala, J. G. Chávez-León, J. Hernández-Ramos, y V. Guerra-de la Cruz., «Distribución potencial de la ardilla mexicana (*Sciurus oculatus* PETERS 1863), en el eje Neovolcánico», en *Temas actuales en investigación en ciencias agrícolas, forestales y agronegocios,* 1.ª ed., Delicias, Chihuahua, México: Universidad Autónoma de Chihuahua, 2022, pp. 176-183.

[35] L. A. Cacelin-Castillo, O. C. Rosas-Rosas, E. Martínez-Meyer, J. H. García-Chávez, y E. J. Torres-Romero, «Potential distribution of the Ocelot (*Leopardus pardalis*) in southern Sierra Madre Oriental and Sierra Negra, México», *Therya,* vol. 11, n.º 2, pp. 232-238, may 2020, doi: 10.12933/therya-20-641.

International Journal of Innovation and Applied Studies
ISSN 2028-9324 Vol. 43 No. 2 Aug. 2024, pp. 251-260
© 2024 Innovative Space of Scientific Research Journals
http://www.ijias.issr-journals.org/

Showcasing a Village-Level Rubber Pale Crepe Processing System for the Farmers in Kidapawan City, North Cotabato, Philippines

Gigi B. Calica[1], Renalyn F. Duca[2], Roderic O. Vereña[3], and Raymund Joseph P. Macaranas[1]

[1]Senior Science Research Specialist, Philippine Center for Postharvest Development and Mechanization (PHilMech), CLSU Compound, Science City of Muñoz, Nueva Ecija, 3120, Philippines

[2]Science Research Analyst, Philippine Center for Postharvest Development and Mechanization (PHilMech), CLSU Compound, Science City of Muñoz, Nueva Ecija, 3120, Philippines

[3]Chief Science Research Specialist, Philippine Center for Postharvest Development and Mechanization (PHilMech), CLSU Compound, Science City of Muñoz, Nueva Ecija, 3120, Philippines

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

ABSTRACT: The study aimed to showcase the village-level rubber pale crepe processing system in Kidapawan City, North Cotabato, Philippines by establishing a processing system, actual operation and marketing of product, test the quality of the product, willingness-to-pay by the farmers and the feasibility of the project. Results showed that the farmers had to produce rubber latex as raw materials to process the rubber pale crepe. Though the nine-month actual operations were limited due to COVID pandemic time, the association processed an average of 387 kg/month dried rubber pale crepe and received an average income of P25,387.50/month. The product produced was with good quality as it passed the Philippine and ISO standards and the farmers' WTP was higher than the actual rate. Based on the feasibility study, the two scenarios of the project showed a promising financial indicator. Scenario 1 offers to buy rubber latex from the farmers, mill and dry the pale crepe for 4 days/week and custom milling only with a charge of P5/kg of crepe. This operation gave the association a positive NPV, BCR of P3.01, Payback period of 1.68 years and IRR of 54.18%. Scenario 2 extends custom rubber milling only at P5/kg of crepe rate which had a positive NPV, P3.15 BCR, within 1.61years the investments would be recouped and IRR of 56.79%.

KEYWORDS: Pale crepe, cup lump, rubber latex, rubber milling, custom rubber milling, willingness-to-pay, quality product.

1 INTRODUCTION

Rubber or *Hevea brasiliensis* has the largest plantation area in Kidapawan City with an approximate planting area of 4,000 hectares. It is the next important crop in Kidapawan next to coconut production. Farmers in the area commonly marketed rubber in the form of cup lump. Seventy percent (70%) or more of natural rubber processed and manufactured into tires (mostly for truck tires), off-road giant vehicles and aircraft tires [1]. However, there are vast products made of rubber in almost all types of industry, from transportation, food, medicine and even entertainment that can be explored by the local rubber industry [2].

At present, 80% of rubber trees planted on roughly 4,000 hectares are tappable [3]. Because of the very low buying price of rubber, many young and still unproductive rubber trees were top pruned to accommodate other crops such as banana lakatan, cacao, and other crops for added income. Rubber tappers stopped tapping due to the very low income they derived from cup lump that they could hardly support their families.

In developing further their rubber industry in spite of the unfavorable experience the city of Kidapawan had during the lowering of the price of rubber that started in 2014, the Kidapawan City Local Government Unit (LGU), emphasized that producing high quality natural rubber product in crepe or sheet form can increase the income from rubber production aside

from marketing in cup lump. Hence, a village type rubber latex processing plant is proposed by the LGU to showcase such rubber technology to the rubber farmers in the area.

2 MATERIALS AND METHODS

The study site was North Cotabato wherein the identified rubber plantations were located at Kidapawan City. The farmers' association *Kahugpungan sa mga Mag-uugma sa Singao* (KaMaSi) was pre-identified by the LGU of Kidapawan City to give a source of livelihood to the members.

For the financial profitability and acceptability of the rubber pale crepe processing system, a six-month operation led by the project team was conducted to showcase the technology with the potential operators of the cooperative as understudy. The team also assisted the officers of the cooperative in identifying target markets for the final product. This included gathering information on the requirements of the target markets and its prices offered.

Technical feasibility of the technology was based on its conversion rate, quality of raw materials, time and labor requirements, other inputs such as water, electricity, fuel, etc., the color, length and strength of the final product. Also, considered were the products' competitiveness in terms of price and quality as well as its marketing costs incurred.

As per its financial feasibility or viability, parameters used were the investment cost as against the processing costs and its best level of scale of operation that income would be realized by the cooperative. Feasibility studies with different scenarios were prepared for the reference of the potential users.

Technology acceptability was determined by the feedbacks gathered on the willingness to pay (WTP) for the technology by the members of the organization as well as other prospective users of the technology. This is the farmer's option price for the policy but for an individual who is risk averse and whose utility function depends only in income, expected surplus will underestimate option price for policies that reduce income risk and overestimate option price for policies that increase income risk [4]. A total of 79 respondents were interviewed; 39 members and 40 non-members.

In order for the members of the association to be more aware, knowledgeable and skilled about the technology, trainings were conducted.

3 RESULTS AND DISCUSSION

3.1 RUBBER CREPE PROCESSING MATERIALS AND SYSTEM

REQUIRED MACHINES AND EQUIPMENT

A processing system of producing rubber pale crepe was set up in KAMASI Association located in Singao, Kidapawan City. The rubber crepe machine was designed and developed by PHilMech while the other equipment such as the tubs and drying facilities were the existing facilities used in the area and the rest were readily available in the market (Table 1).

RAW MATERIALS

The most important raw material in the rubber pale crepe processing was the supply of rubber latex produced by the association and other farmers in the area. Sodium was the best anticoagulant for rubber crepe production. Clean water is required and formic acid as coagulant.

However, benchmark data showed that farmers in the area produced rubber cup lump, so a series of information dissemination on latex production to the farmers in the area was conducted to produce a first-class rubber crepe. There would be a change in the farm activities of the farmers because instead of harvesting cup lump twice a month, latex production required to harvest thrice a week. This posed a problem on performing their usual non-farm and other livelihood activities.

Table 1. List of rubber crepe processing facilities and equipment specifications, KaMaSi Association, Kidapawan City, Philippines, 2020

Facilities and equipment	No. of units	Specifications	Remarks
Rubber crepe machine	1	Power supply: 8 HP single Cylinder Diesel Engine, Dimension: L=1778mm W=1511.3mm H = 1325.86mm Weight = 467kg	
Building	1	6m x 15m	A complete set up is located in KAMASI Association
Tubs	4	1m x 2.5m	
Drying facility	1	3m x 6m	
Water system	1		
Mechanical weighing scale	1	100kg capacity	
Plastic pallet	6	1m x 1m	

POSTHARVEST PROCESSING SYSTEM

Rubber pale crepe processing comprises 6 steps. Figure 1 showed the different steps in the processing system. This was also in accordance with the Philippine National Standards on natural rubber code of practice (COP) – Good Agricultural Practice (GAP) or PNS/BAFS 286: 2023 [5] which supersedes the PNS/BAFPS 286: 2019.

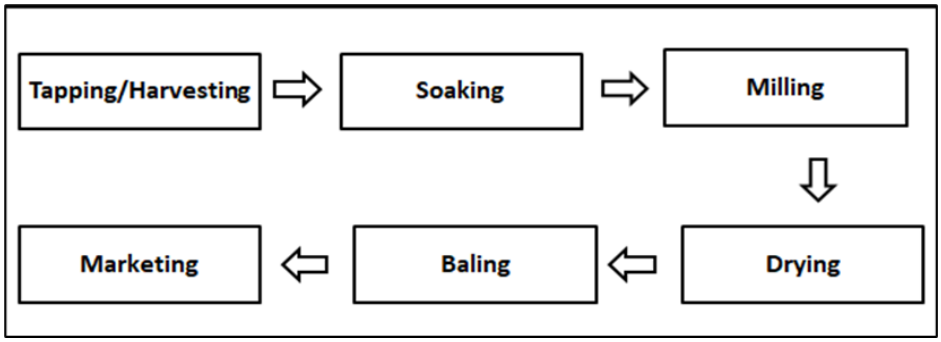


Fig. 1. Process flow of rubber crepe production, Kidapawan City, North Cotabato, Philippines, 2020

TAPPING

Tapping is usually done at dawn or early in the morning. Density and consistency of latex varies according to climatic conditions and time of tapping. Early morning tapping is said to have an increased productivity and a premium quality latex harvest with substantial reduction in the percentage of coagulum. Collected latex was stored in a plastic drum and transported to the processing site by means of a tricycle. Initially, farmers added sodium to the liquid latex to avoid improper coagulation.



Fig. 2. Rubber tapping, KaMaSi Association, Kidapawan City, North Cotabato,

Philippines, 2020

SOAKING

In the preparation of coagulum, formic acid is the most preferred and commonly used coagulant to manufacture rubber crepe. This method was adapted from the practice of the past rubber crepe processing center operating in Kidapawan City (Figure 3).

Sodium and formic acid were needed for proper coagulation of the latex. Initially, sodium was added to the liquid latex to avoid improper coagulation. For sodium, the ratio used on the solution was 2 tablespoon of powder sodium to 4 liters of water. While for formic acid, 75 ml of formic acid to 3 liters of water were mixed for the solution.

At the processing center, treatment was done on the concrete tub containing more or less 70 liters of water prior to the pouring of latex amounting to 70-100kg. An additional of 2 liters of sodium/water solution were mixed per tub. Formic acid/water solution of about 4 liters were added and mixed thoroughly to the same tub of latex to be processed. The average time of coagulation of rubber latex was 2 hours after thorough mixing based on the testing period. Coagulation was considered done if the bottom part of the coagulated block of latex was already firm and the water should be clear as much as possible.

After removing the coagulated latex for milling, the formic acid/water solution in the tub was discharged to the ground.



Fig. 3. Adding formic acid, soaking and mixing, collecting coagulated block of latex, KaMaSi Association, Kidapawan City, North Cotabato, Philippines, 2020

MILLING

Coagulated latex was shredded by hand into smaller pieces to easily process by the rubber crepe machine. Based on the testing period, the appropriate speed of operation was 15 rpm. This setting of spindle speed operation maximized the use of fuel. Engine rpm should be 1,680 rpm to obtain 15 rpm spindle speed. For the duration of consecutive testing, the average machine actual field capacity was 153.04 kg/hr. Rubber crepe processing requires at least one machine operator and one laborer (Figure 4a).

During milling, running water was supplied simultaneously with the milling of the coagulated latex to wash out the formic acid while the water flowed down to the soil.

DRYING

Right after milling, air drying of rubber crepes were done by hanging them in the drying area. Drying was usually done for two to three days. If drying was not done properly, rubber sheets would be of lower grade (Figure 4b).

BALING

After drying, collection of dried rubber crepe from the drying facility was done. The baling process is folding and weighing the rubber crepes and tying it with a plastic twine. Ready for marketing baled rubber crepe weighed around 20kg (Figure 4c).



Fig. 4. Milling (a), drying (b) and baling rubber crepe (c), KaMaSi Association, Kidapawan City, North Cotabato, Philippines, 2020

3.2 Rubber Crepe Processing Operations

Results of the rubber crepe processing pilot testing conducted showed that the average machine actual field capacity was 150 kg/hr latex. The total capacity of the machine was 1,200kg latex per day for 8 hours. For the soaking procedure, average time of coagulation of rubber latex was 2 hours after thorough mixing. Furthermore, the average wet weight basis recovery of the rubber crepe machine was 38.89% of the total latex weight. On the other hand, dry weight basis was 21.59% of the total latex weight. Drying process lasts for 2-3 days depending on the weather.

Table 2 shows the actual rubber crepe machine operations of the KaMaSi Association from October 2020 to August 2021. An average of 1,409.16 kg of latex per month were processed and produced a total of 3,482.09 kg of dried crepe with a 27.93% monthly average rate recovery from latex. No operations done in the months of April and May because of wintering period or the lean months for rubber production.

Table 2. Actual rubber crepe processing, KaMaSi Association, Kidapawan City, North Cotabato, Philippines, October 2020 to August 2021

Month	No. of Processing Operations	Volume of Latex (kg)	Produced Dried Rubber Crepe (kg)	Average Percentage Recovery
2020				
October	6	300.25	78.02	25.99
November	17	1,476.85	396.93	26.88
December	29	3,114.00	685.76	22.02
2021				
January	18	1,589.80	381.10	23.97
February	13	1,028.80	272.25	26.46
March	18	748.25	188.50	25.19
June	20	988.90	329.41	33.31
July	29	1,496.80	509.22	34.02
August	28	1,938.81	640.90	33.56
Total	178	12,682.46	3,482.09	27.46
Monthly Average	20	1,409.16	386.90	27.46

In spite of the series of information dissemination and training on the collection of latex, it was noted that the association was not able to accumulate enough supply of latex needed so as to achieve the machine's maximum actual field capacity. This was because the farmers were used to produce cup lump so that producing and collecting rubber latex every other day instead of twice a month was quite laborious for them. More so, farmers had assured market for cup lumps with the presence of the organized and administered several *bagsakan* or consolidation areas of the provincial government of North Cotabato in the province.

3.3 Quality Of The Rubber Crepe Produced

The Philippine National Standards (PNS) 203: 2013 [6] had set the guidelines for the grading and specifications of rubber. This was in reference to the ISO 2000: 2014 [7].

The KaMaSi submitted 12 samples to the Philippine Rubber Testing Center in the University of Southern Mindanao Institute to test the quality of the rubber crepe produced by the village-processing center. Parameters tested were dirt, initial wallace plasticity, plasticity retention index, nitrogen, volatile matter, ash and mooney viscosity. Results showed that the crepe produced by the association passed the ISO standards parameters meaning the product was with good quality (Table 3). More so, this showed that the product of the KaMaSi falls under the pale crepe category used as raw materials for the pharmaceutical materials and equipment and warrant to demand a higher price than the rubber crumb product.

Moreover, the differences in the international price of the pale crepe used for pharmaceutical materials and the rubber crumb used as raw material for tire manufacturing and other products was around $1.36/kg (Google.com).

Table 3. Rubber crepe quality test results compared to the ISO grade standard, KaMaSi Association, Kidapawan City, North Cotabato, Philippines, 2022

Parameters of Analysis	Test Results* (12 samples from KaMaSi)	Grade Standard (ISO 2000:2014)
Dirt retained on the sieve maximum % (mass fraction)	0.031 *(0.012 – 0.062)*	0.05 – 0.20
Initial Wallace plasticity (P_0) minimum	39.22 *(34.2 – 46.10)*	30
Plasticity Retention Index (PRI) minimum	78.27 *(68.9 – 81.80)*	50
Nitrogen content maximum % (mass fraction)	0.21 *(0.17 – 0.30)*	0.60
Volatile matter content maximum % (mass fraction)	0.72 *(0.62 – 0.97)*	0.80
Ash maximum % (mass fraction)	0.20 *(0.19 – 0.22)*	0.75
Mooney Viscosity ML (1+4) at 100^0C	60.17 *(54.0 – 63.00)*	65.00

** Philippine Rubber Testing Center, University of Southern Mindanao*

3.4 MARKETING OF RUBBER CREPE

During the piloting of the rubber crepe processing system, no other processor was producing rubber crepe in the area. With no information gathered on the market outlets from the identified processor before, the project staff scouted for potential markets for the rubber pale crepe produced. Identified markets were the existing buyers of rubber crumb in the area who showed interest on the product after showing a sample of the pale crepe product of the processing plant and offered a price a little bit higher than the rubber crumb.

The association decided to store the accumulated crepe and wait for a good price, thus in the nine-month pilot operations they only marketed twice. So far, they got a price at P75 and P78 per kg of crepe with total sales of P228,487.50. The first disposal was after six months of operation accumulating around 1,985.70 kg of crepe and after 3 months with around 1,020 kg. Considering the total 3,005.70 kg of crepe in the 9 months, the association was able to process an average of 333.97 kg of crepe per month and monthly average income of around P25,387.50 (Table 4).

Table 4. Total sales of KaMaSi Association, Kidapawan City, North Cotabato, Philippines, October 2020 – August 11, 2021 Output

Date	Market outlets	Volume (kg)	Price/kg	Sales (P)
May 28, 2021	Davao City Market outlet 1	1,985.70	75	148,927.50
August 18, 2021	Davao City Market outlet 2	1,020	78	79,560
	TOTAL	**3,005.70**		**228,487.50**
	Monthly Average	**333.97**		**25,387.50**

3.5 Willingness To Pay Of Farmers For The Rubber Crepe Custom Milling

Since this processing center was a showcase for the rubber farmers in the area, interviews were conducted on their willingness to pay (WTP) for the rubber crepe technology. They were asked if how much they were willing to pay for a kilogram of milled wet rubber crepe. There were 79 respondents. Out of 79 respondents, 39 farmers are members of KaMaSi Association while the other 40 farmers are non-members. Results showed that the average amount of rubber farmers' WTP per kilogram of wet rubber crepe was P5 (Table 5).

Comparing the above WTP to the actual expenses of milling per kilogram of wet rubber crepe shows that the association needs to collect more or less P5/kg of wet rubber crepe in order to gain profit in their milling services that was lower than the result of the farmer survey (Table 6).

Table 5. Rubber farmers' willingness to pay for rubber crepe custom milling, KaMaSi, Kidapawan City, North Cotabato, Philippines, 2021

Custom Milling Fee (Wet Crepe)	Member	Non-Member	Total	Percentage (%)
P4/kg	12	7	19	24.05
P5/kg	20	31	51	64.56
P6/kg	2	1	3	3.80
P7/kg	5	1	6	7.59
Total	**39**	**40**	**79**	**100**

Source: Survey Note: 1USD=P55.00

Table 6. Rubber crepe machine's milling expense, KaMaSi, Kidapawan City, North Cotabato, Philippines, 2021 P/kg

Milling Expenses	₱/kg
Fuel	0.05
Formic Acid	0.5
Labor	1.5
Water	1.17
Machine Maintenance	0.06
Miscellaneous Fee (2%)	0.07
TOTAL	**3.36**
plus 40% mark-up price	1.34
Milling Fee/kg	**4.70**

Note: 1USD=P55.00

3.6 Feasibility Study Of A Village Level Rubber Crepe Primary Processing System

Feasibility study was conducted to determine the viability of the study. Data used in the feasibility study were all assumptions based from the actual processing during the nine-month operations. During the processing, the project team gathered the data needed used as basis for the feasibility study such as the labor, transport, packaging costs, formic acid and water usages, and other necessary data.

Two set ups were considered for the feasibility study; 1) rubber crepe machine and land costs were disregard from the investment costs because the machine was granted by DA-PhilMech and the land area for the processing site was donated by one of the members of KaMaSi Association and 2) the association purchased the rubber crepe machine.

Two feasibility study scenarios of rubber crepe processing were presented below that can be used as a guide of KaMaSi Association in order to gain the maximum profit that can generate from the rubber crepe machine.

Scenario 1

The association's rubber crepe processing will operate six times a week at 1,200kg latex per processing according to the rubber crepe machine's full processing capacity. The association would buy farmers' rubber latex at P17/kg and process it into rubber crepe for the first four days. While the next two days, the association would be extending milling services that offers

P5/kg of wet crepe as milling fee only while drying and marketing of the produced rubber crepe will be the farmers' responsibility because the drying area could only accommodate the first 4-day production.

Table 7 shows that the investment was around P301,000 which comprises the building, water system, mechanical weighing scale and the pallet. The operating costs worth P827,239.81 comprised 2.81 percent of fixed costs and 97.19 percent of variable costs. The expected gross income in the first year registered at P991, 872 and a net income of P164,632.19. The total investment would be recouped within 1.68 years, the project would have a BCR of P3.01 which was economically attractive, while it could manage to operate up to an interest rate of 54.19 percent and a positive NPV means that the project is expected to add value to the enterprise. Moreover, operating the plant four times a week, breakeven point volume and price for the rubber crepe was around 7,421.37kg and P75.38 at 1kg rubber crepe, respectively. Meanwhile, for the service milling two times a week, breakeven point volume and price for the wet rubber crepe were at 5,851.46kg and P4.83 at 1kg wet rubber crepe, respectively.

Based on the rubber crepe quality test results done by the Philippine rubber testing center in University of Southern Mindanao, product of the association is with high-quality that they could demand for a higher price.

SCENARIO 2

Unlike in Scenario 1 that income came from trading and services activities, the association's profit in this scenario would come from custom milling services alone. The operation would be six times a week milling services at 1,200kg latex per processing. Farmers would supply rubber latex to be processed by the association and pay P5/kg of wet crepe as milling fee to the association. The rubber farmers would be responsible for the drying and marketing of their rubber crepe.

Since the operation offers only custom rubber milling, the total operating costs is around P535,592.29. Out of this operating cost, fixed cost and variable cost is around 4.35% and 95.65%, respectively. The income from the custom milling fee at P5 per kg is expected to have a gross income in the first year of P708,480 and a net income of P172,887.71. The total investment (rubber milling machine as grant) would be recouped within 1.61 years, the project would have a BCR of P3.15 which was economically attractive, while it could manage to operate up to an interest rate of 56.79 percent and a positive NPV means that the project is viable. Furthermore, milling services breakeven point volume for milling crepe is at 16,815.63 and breakeven price for the milling is at P3.78 per kg.

SENSITIVITY ANALYSIS

Sensitivity analysis was done to determine how changes in price and volume variables affect the operation and business profitability of the village level rubber crepe processing center. All scenarios were very sensitive in the changes in price wherein at 10% decrease in price for the rubber crepe the association would experience losses in their operations.

Table 7. Investment analysis of Village-Level Rubber crepe processing system, KaMaSi Association, Singao, Kidapawan City, North Cotabato, 2021

Item	Scenario 1 Latex + Milling	Scenario 2 Milling
Investment Cost, P	301,000.00	301,000.00
Fixed Cost, P	23,280.00	23,280.00
Depreciation	12,790.00	12,790.00
Repair & Maintenance	4,470.00	4,470.00
Registration & Licenses	6,020.00	6,020.00
Variable Cost, P	803,959.81	512,312.29
Salaries and Wages	324,000.00	222,000.00
Labor Handling	311,780.00	205,920.00
Fuel and Oil	88,103.81	8,183.61
Packaging materials	3,900.00	-
Formic Acid	69,020.00	69,020.00
Water Bill	7,176.00	7,188.48
Total Operating Cost, P	827,239.81	535,592.29
Latex buying price, P/kg	17.00	-
Crepe Selling price, P/kg	78.00	-
Rubber Milling fee, P/kg	5.00	5.00
Gross Income, P	991,872.00	708,480.00
Net Income, first year, P	164,632.19	172,887.71
Payback period, year	1.68	1.61
Internal Rate of Return, %	54.18	56.79
Benefit Cost Ratio, P	3.01	3.15
Net Present Value, P	603,558.98	647,928.16
Breakeven point volume		
Dried crepe, kg	7,421.37	-
Milling, kg	5,851.48	16,815.63
Breakeven point price		
Dried crepe, P	75.38	-
Milling fee, P	4.83	3.78

Note: 1USD=P55.00

4 CONCLUSION

A village-level rubber pale crepe processing system for the farmers in Kidapawan City is feasible if the association would process around 1,200kg of rubber latex per month and received the right price for the product. The LGU and association should conduct more awareness and trainings on the production of rubber latex and the profitability of rubber crepe production to farmers so that they have an option what to produce between cup lump or latex. More so, encourage traders to open a market for rubber pale crepe in the area so that the product would receive its right price to compensate the farmers for producing rubber latex instead of cup lump.

ACKNOWLEDGMENT

The authors would like to thank Ms. Joannalie De Guzman and Mr. Sergie Trinidad who helped us gather data, the LGU of Kidapawan City for initiating the project and PHilMech for funding the study.

REFERENCES

[1] Philippine Council for Industry, Energy, and Emerging Technology Research and Development (DOST-PCIEERD). 2020. Policy Brief, Strengthening the Philippine Rubber Industry Towards a Sustainable Economy.
[2] Philippine Rubber Industry Roadmap 2017-2022. PHLRUBBER Technical Working Group.
[3] Philippine Statistics Authority (PSA). 2020 Selected Statistics on Agriculture, Quezon City, Philippines.
[4] Boardman, A., Greenberg, D., vining, A and Weimer, D. 2006. Cost-Benefit Analysis: Concepts and Practice, Third Edition, Pearson Prentice Hall, New Jersey.
[5] Bureau of Agriculture and Fisheries Standards (BAFS). 2023. Philippine National Standards on Natural Rubber – Code of Practice (COP) - Good Agricultural Practices (GAP) PNS/BAFS 286: 2023.
[6] Bureau of Agriculture and Fisheries Standards (BAFS). 2013. Philippine National Standards on the Classification and Grading of natural rubber sheets PNS/BAFPS 203: 2013.
[7] ISO 2000: 2014 Rubber, raw natural – guidelines on the specification of technically specified rubber (TSR).

International Journal of Innovation and Applied Studies
ISSN 2028-9324 Vol. 43 No. 2 Aug. 2024, pp. 261-271
© 2024 Innovative Space of Scientific Research Journals
http://www.ijias.issr-journals.org/

Digital Forensic Analysis of Social Media Platforms for Enhanced Investigation and Evidence Collection

***Kausik Maitra*[1-2]**

[1]Assistant Professor, Department of Cyber Science and Technology, Brainware University, Kolkata, 700125, India

[2]Ex-Technical Forensic Consultant in Central Bureau of Investigation Govt, India

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

ABSTRACT: Cybercrime in social media by definition is any harmful act committed from or against a computer or Network, is a crime committed in a virtual space and a virtual space is fashioned in a way that information about persons, objects, facts, events, phenomena or processes are represented in mathematical, symbol or any other way and transferred through local and global Networks. Digital forensic analysis of social media platforms has emerged as a vital tool for enhancing criminal investigations and evidence collection. With the increasing popularity of social media, criminals often use these platforms to plan, commit, and boast about their crimes. However, identifying and retrieving digital traces from social media can be challenging due to the complex nature of these platforms and the dynamic nature of the content.
This project aims to explore digital forensic techniques and methodologies for effectively analysing social media data, including user profiles, posts, messages, and metadata. And it can aid in determining cyber threats and fraud by examining evidence present in emails, social media, and other forms of digital communication that are part of cyber-attacks and financial crimes.

KEYWORDS: Cyber Investigation, IT ACT 2000, Web Scrapping, Cyberbullying, NLP, Privacy, Online Fraud, Digital Evidence.

1 INTRODUCTION

Social media crime has become a growing global issue due to the vast reach and accessibility of social media platforms in various forms.

- Fraud and Scams: Criminals have devised various schemes through fake messages from hijacked profiles. Offers for financial relief, "friend request" or message out of the blue, Completing quizzes and playing games, and online shopping fraud;
- Cyberbullying: Cyberbullying [11] is a serious and growing problem affecting many children and adults worldwide in social media, chat services, gaming platforms, and mobile devices. Cyberbullies revel in the “sense of anonymity” that the digital world offers them, while the majority of the bullied children and women are too traumatised to seek help and prefer to stay hidden. Like Spreading lies, sending hurtful messages, impersonating someone, sharing personal information, exclusion from online groups, and making fun of someone’s appearance, identity, abilities, beliefs, or interests on social media, causing humiliation;
- Cyberstalking: This is the act of persistent and unwanted contact from someone online. It may involve any number of incidents including threats, libel, defamation, sexual harassment, or other actions in which to control, influence, or intimidate their target. Stalking a person online may also involve stalking the person in real life. As per NCRB India, 1,823 cases of cybercrimes against children in 2022;
- Hate Speech & Extremism: Violence attributed to online hate speech has increased worldwide. Societies confronting the trend must deal with questions of free speech and censorship on widely used tech platforms. This trends in hate crimes around the world echo changes in the political climate, and that social media can magnify discord. Some key aspects include:

- Radicalization: Social media platforms are increasingly used by extremist groups to spread their message, recruit new members, and promote their ideology, often targeting vulnerable and impressionable individuals;
- Incitement to Violence: Hate speech on social media can lead to physical violence, as seen in cases of racially motivated attacks, anti-religious violence, and political extremism.

- Deepfakes for Social Engineering [13]: This is a threat to business as a vector for social engineering attacks. Criminals can use deepfakes to create realistic videos or audio recordings of public figures, CEOs, or even friends and family through Sharing sensitive information, Sending money, and Clicking on malicious links.

In a dynamic society that we live in technology and interpersonal connections are two things that keep on evolving. Digital forensics has had a significant impact on social media in India:

- Cyber Crime Detection: Indian law [10] enforcement agencies have benefited from the use of digital forensics in detecting and solving cybercrimes committed through social media platforms;
- Criminal Prosecution: Digital evidence retrieved from social media has been used in criminal prosecution and has helped secure convictions in several high-profile cases in India;
- Prevention of Fake News: The analysis of digital traces in social media has helped identify sources of fake news and misinformation, which have been a significant issue in India's political climate.

2 SCOPE

The research explores the intricate relationship between digitalization and white-collar crime in the context of India's evolving technological landscape. It examines the impact of digitalization on the dynamics of white-collar crime, investigating its purpose, methods, key findings, and implications. As people in India turned to the Internet after covid pandemic for their needs, it became more urgent to address cross-border data concerns to assist law enforcement investigations into criminal activity and to identify common cybersecurity attributes such as:

- User Perspective
  - Data Privacy [15]: Social media platforms collect and store vast amounts of personal information, which can be vulnerable to data breaches and hacking;
  - Account Security: Social media accounts are often targets for hacking and phishing attacks, with hackers trying to gain access to sensitive information or take over accounts for fraudulent purposes;
  - Discernment with Links & Attachments: Being cautious about clicking on links or opening attachments, especially from unknown senders, is vital to avoid malware and phishing scams;
  - Malware Distribution: Social media platforms can be used by hackers to distribute malicious software, such as viruses, worms, and ransomware, through fake profiles, links, or messages.
- Platform Security Measures
  - Security Protocols: Social media platforms use various security protocols, such as SSL (Secure Sockets Layer), [3] to encrypt user data and communications to prevent unauthorized access and eavesdropping;
  - Authentication and Authorization: Social media platforms implement authentication and authorization measures, such as passwords, two-factor authentication, and IP restrictions, to ensure that only authorized users can access accounts and data;
  - Regular Security Updates: Platforms should promptly address security vulnerabilities through regular updates to their systems;
  - Content Moderation: Having measures in place to identify and remove harmful content like hate speech or misinformation promotes a safer online environment;
  - User Reporting Mechanisms: Easy-to-use reporting tools allow users to flag suspicious activity or content for platform review and action.

3 OBJECTIVE

In the context of social media cyber space and digital environment has become one inextricable factor Social media can be defined as interactive computer-mediated technologies via virtual communities and social networking websites that simplify the creation and sharing of ideas, information, opinions, career interests, and other types of expression. With the increase in technology, there has been an inclination in crime rates and the crimes committed through this technology. The legal

framework is constantly evolving, and the impact of social media on the law of evidence cannot be ignored. The Indian Evidence Act stands amended now, especially to provide for the admissibility of electronic evidence (record) supplemented with paper-based documents as evidence in Indian Courts. Significant amendments grant the status of documents for adducing evidence to electronic records. The amendment to the Evidence Act is the introduction of Section 65A and 65B under the second schedule of the Information Technology Act. This provides for a procedure, that is different and special in nature for adducing evidence in relation to electronic records.

3.1 WHAT IS SOCIAL MEDIA EVIDENCE?

In the context of India, the term "social evidence" doesn't have a legal definition specifically related to social media. However, social media content can be considered electronic evidence under the Indian legal system. It also sets out conditions for the admissibility of evidence and all are to be satisfied. They are:

- At the time of creation of the electronic record, the computer output containing the relevant information was produced from a computer that was used there regularly to store and/or process information for any activities that are regularly carried on over that period by that person lawfully controlling the use of the computer;
- The type of information that is contained in the electronic record was regularly fed into the computer in the regular course of activities;
- The information that is contained by the electronic records is the reproduction of the original electronic record;
- During the material part of the period, the computer was operating properly or, if not, the the computer was out of operation for some period but did not have much to affect the electronic record.

3.2 TYPES OF SOCIAL MEDIA DIGITAL EVIDENCE

Social media digital evidence can be broadly classified into four types:

- Direct Evidence: This includes explicit content such as posts, comments, messages, and images that provide direct proof of a crime, civil dispute, or other incident;
- Indirect Evidence: This includes information that can be inferred from social media data, such as patterns of behaviour, associations with other people, or location data that can suggest someone's involvement in an event;
- Inferential Evidence: This includes data from social media platforms that can be used to build a case or support other evidence, such as login times, IP addresses, and user activity logs that can indicate someone's use of a particular account;
- Expert Witness Evidence: This includes expert opinions from social media or digital forensics experts who can provide insights on the authenticity, interpretation, or technical aspects of social media evidence.

3.3 WHAT CAN BE COLLECTED FROM SOCIAL MEDIA

- Text Content
  - Posts, comments, and messages on platforms like Facebook, Twitter, Instagram, and LinkedIn;
  - Private messages or direct messages.
- Multimedia Content
  - Photos, videos, and audio files shared publicly or privately;
  - Live streams and stories that are often time-limited.
- Metadata
  - Information such as timestamps, geolocation data, and user account details;
  - Data showing interactions, like who viewed or liked a post.
- Activity Logs
  - Records of account activity, including login times and IP addresses;
  - History of posts, edits, and deletions.

4 SCOPE OF PROJECT WORK

4.1 COLLECTION METHODS

Data from social media accounts can be collected via the following methods

- Cloud collections by using the application
  - Connect to social media accounts through provider API;
  - User credentials are needed for private accounts.
- Collection of mobile devices that have the social media account application installed
  - Apps like Snapchat can only be collected using this method;
  - Limited Datasets since most data is saved in the cloud rather than on the device itself;
  - User credentials can be obtained from a mobile device collection and used to log in to the accounts for a cloud collection.
- Collection of computers
  - Limited data sets since the majority of data is saved in the cloud rather than on the device itself;
  - Internet history, log files, and computer cache can provide insight and possibly relevant information;
  - User credentials can possibly be obtained from a mobile device collection and can be used to log in to the accounts for a cloud collection.
- Download of data from social media site
  - Sites like Facebook and Instagram provide a method of downloading all or selective data from a user's account;
  - Utilizing the self service 'download your data' option available on some cloud services will output the selected data in a format that is not easily readable or presentable but can be processed and decoded within application;
  - User credentials are needed to log into the account and access the selling to obtain the download of data.

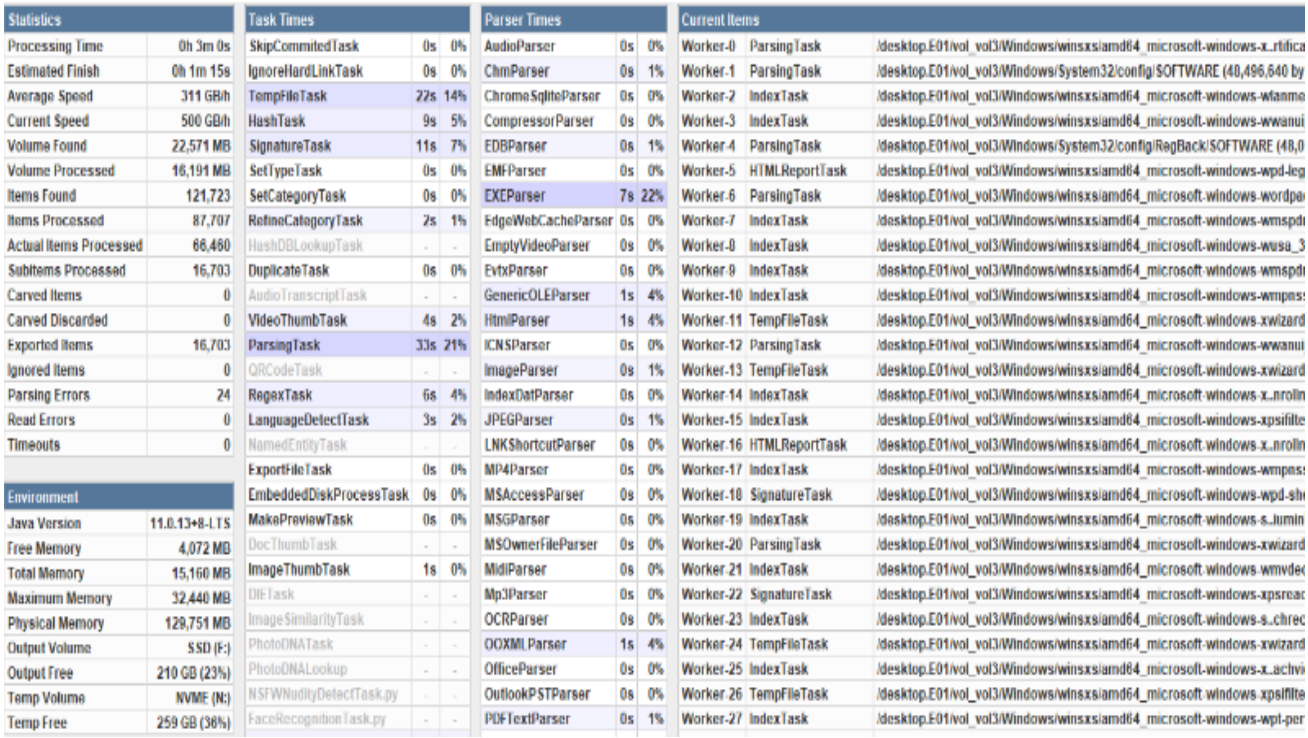
4.2 THE PROJECT WILL FOCUS ON THE FOLLOWING

- Criminal Investigations: Social media activity can be used to establish alibis, track down suspects, identify witnesses, and gather details about criminal activities;
- Civil Disputes: Social media posts can be evidence of contract breaches, defamation cases, intellectual property disputes, and even child custody battles;
- Impeaching Credibility: Inconsistent statements or contradictory posts can be used to challenge the credibility of witnesses or parties involved in a case.

4.3 FEATURES

- Supported hashes: md5, sha-1, sha-256, sha-512 and edonkey
- Supported hash sets: NIST NSRL, NIST CAID, standard CSV format
- Fast hash deduplication
- Signature analysis
- Categorization by file type and properties
- Recursive container expansion of dozens of file formats
- Embedded forensic/virtual disks expansion: supports splitted or single segment DD, E01, EX01, VHD, VHDX, VMDK (differential VMDKs are also supported)
- Image and video gallery for hundreds of formats
- Georeferencing of GPS data, using Google Maps, Bing or OpenStreetMaps
- Regex searches with optional script validation for credit cards, emails, urls, ip & mac addresses, money values, bitcoin, etc
- Embedded hex, Unicode text, metadata and native viewers
- File content and metadata indexing and fast searching, including unknown files and unallocated space
- Optical Character Recognition powered by tesseract 5
- Encryption detection for known formats and using entropy test
- Processing profiles: forensic, pedo (csam), triage, fastmode (preview) and blind (for automatic data extraction)
- Customizable filters based on any file metadata

- Similar document search with configurable threshold
- Similar image search, using internal or external image
- Similar face recognition, optimized to run without GPU, with configurable threshold
- Unified table timeline view and event filtering for timeline analysis
- Powerful file grouping (clustering) based on ANY metadata
- Extensible with javascript and python (including cpython extensions) scripts
- External command line tools integration for file decoding
- Browser history for IE, Edge, Firefox, Chrome and Safari
- Graph analysis for communications (calls, emails, instant messages...)
- Stable processing with out-of-process file system decoding and file parsing
- Web API for searching remote cases, get file metadata, raw content, decoded text, thumbnails and posting bookmarks
- Creation of bookmarks/tags for interesting data
- HTML, CSV reports and portable cases with tagged data



Statistics	
Processing Time	0h 3m 0s
Estimated Finish	0h 1m 15s
Average Speed	311 GB/h
Current Speed	500 GB/h
Volume Found	22,571 MB
Volume Processed	16,191 MB
Items Found	121,723
Items Processed	87,707
Actual Items Processed	66,460
Subitems Processed	16,703
Carved Items	0
Carved Discarded	0
Exported Items	16,703
Ignored Items	0
Parsing Errors	24
Read Errors	0
Timeouts	0

Environment	
Java Version	11.0.13+8-LTS
Free Memory	4,072 MB
Total Memory	15,160 MB
Maximum Memory	32,440 MB
Physical Memory	129,751 MB
Output Volume	SSD (F:)
Output Free	210 GB (23%)
Temp Volume	NVME (N:)
Temp Free	259 GB (36%)

Task Times		
SkipCommitedTask	0s	0%
IgnoreHardLinkTask	0s	0%
TempFileTask	22s	14%
HashTask	9s	5%
SignatureTask	11s	7%
SetTypeTask	0s	0%
SetCategoryTask	0s	0%
RefineCategoryTask	2s	1%
HashDBLookupTask	-	-
DuplicateTask	0s	0%
AudioTranscriptTask	-	-
VideoThumbTask	4s	2%
ParsingTask	33s	21%
QRCodeTask	-	-
RegexTask	6s	4%
LanguageDetectTask	3s	2%
NamedEntityTask	-	-
ExportFileTask	0s	0%
EmbeddedDiskProcessTask	0s	0%
MakePreviewTask	0s	0%
DocThumbTask	-	-
ImageThumbTask	1s	0%
DIETask	-	-
ImageSimilarityTask	-	-
PhotoDNATask	-	-
PhotoDNALookup	-	-
NSFWNudityDetectTask.py	-	-
FaceRecognitionTask.py	-	-

Parser Times		
AudioParser	0s	0%
ChmParser	0s	1%
ChromeSqliteParser	0s	0%
CompressorParser	0s	0%
EDBParser	0s	1%
EMFParser	0s	0%
EXEParser	7s	22%
EdgeWebCacheParser	0s	0%
EmptyVideoParser	0s	0%
EvtxParser	0s	0%
GenericOLEParser	1s	4%
HtmlParser	1s	4%
ICNSParser	0s	0%
ImageParser	0s	1%
IndexDatParser	0s	0%
JPEGParser	0s	1%
LNKShortcutParser	0s	0%
MP4Parser	0s	0%
MSAccessParser	0s	0%
MSGParser	0s	0%
MSOwnerFileParser	0s	0%
MidiParser	0s	0%
Mp3Parser	0s	0%
OCRParser	0s	0%
OOXMLParser	1s	4%
OfficeParser	0s	0%
OutlookPSTParser	0s	0%
PDFTextParser	0s	1%

Current Items		
Worker-0	ParsingTask	/desktop.E01/vol_vol3/Windows/winsxs/amd64_microsoft-windows-x..rtifica
Worker-1	ParsingTask	/desktop.E01/vol_vol3/Windows/System32/config/SOFTWARE (48,496,640 by
Worker-2	IndexTask	/desktop.E01/vol_vol3/Windows/winsxs/amd64_microsoft-windows-wlanme
Worker-3	IndexTask	/desktop.E01/vol_vol3/Windows/winsxs/amd64_microsoft-windows-wwanui
Worker-4	ParsingTask	/desktop.E01/vol_vol3/Windows/System32/config/RegBack/SOFTWARE (48,0
Worker-5	HTMLReportTask	/desktop.E01/vol_vol3/Windows/winsxs/amd64_microsoft-windows-wpd-leg
Worker-6	ParsingTask	/desktop.E01/vol_vol3/Windows/winsxs/amd64_microsoft-windows-wordpa
Worker-7	IndexTask	/desktop.E01/vol_vol3/Windows/winsxs/amd64_microsoft-windows-wmspdi
Worker-8	IndexTask	/desktop.E01/vol_vol3/Windows/winsxs/amd64_microsoft-windows-wusa_3
Worker-9	IndexTask	/desktop.E01/vol_vol3/Windows/winsxs/amd64_microsoft-windows-wmspdi
Worker-10	IndexTask	/desktop.E01/vol_vol3/Windows/winsxs/amd64_microsoft-windows-wmpnss
Worker-11	TempFileTask	/desktop.E01/vol_vol3/Windows/winsxs/amd64_microsoft-windows-xwizard
Worker-12	ParsingTask	/desktop.E01/vol_vol3/Windows/winsxs/amd64_microsoft-windows-wwanui
Worker-13	TempFileTask	/desktop.E01/vol_vol3/Windows/winsxs/amd64_microsoft-windows-xwizard
Worker-14	IndexTask	/desktop.E01/vol_vol3/Windows/winsxs/amd64_microsoft-windows-x..nrolin
Worker-15	IndexTask	/desktop.E01/vol_vol3/Windows/winsxs/amd64_microsoft-windows-xpsfilte
Worker-16	HTMLReportTask	/desktop.E01/vol_vol3/Windows/winsxs/amd64_microsoft-windows-x..nrolin
Worker-17	IndexTask	/desktop.E01/vol_vol3/Windows/winsxs/amd64_microsoft-windows-wmpnss
Worker-18	SignatureTask	/desktop.E01/vol_vol3/Windows/winsxs/amd64_microsoft-windows-wpd-sh
Worker-19	IndexTask	/desktop.E01/vol_vol3/Windows/winsxs/amd64_microsoft-windows-s..lumin
Worker-20	ParsingTask	/desktop.E01/vol_vol3/Windows/winsxs/amd64_microsoft-windows-xwizard
Worker-21	IndexTask	/desktop.E01/vol_vol3/Windows/winsxs/amd64_microsoft-windows-wmvdec
Worker-22	SignatureTask	/desktop.E01/vol_vol3/Windows/winsxs/amd64_microsoft-windows-xpsreac
Worker-23	IndexTask	/desktop.E01/vol_vol3/Windows/winsxs/amd64_microsoft-windows-s..chrec
Worker-24	TempFileTask	/desktop.E01/vol_vol3/Windows/winsxs/amd64_microsoft-windows-xwizard
Worker-25	IndexTask	/desktop.E01/vol_vol3/Windows/winsxs/amd64_microsoft-windows-x..aclvi
Worker-26	TempFileTask	/desktop.E01/vol_vol3/Windows/winsxs/amd64_microsoft-windows-xpsfilte
Worker-27	IndexTask	/desktop.E01/vol_vol3/Windows/winsxs/amd64_microsoft-windows-wpf-per

Fig. 1. Processing

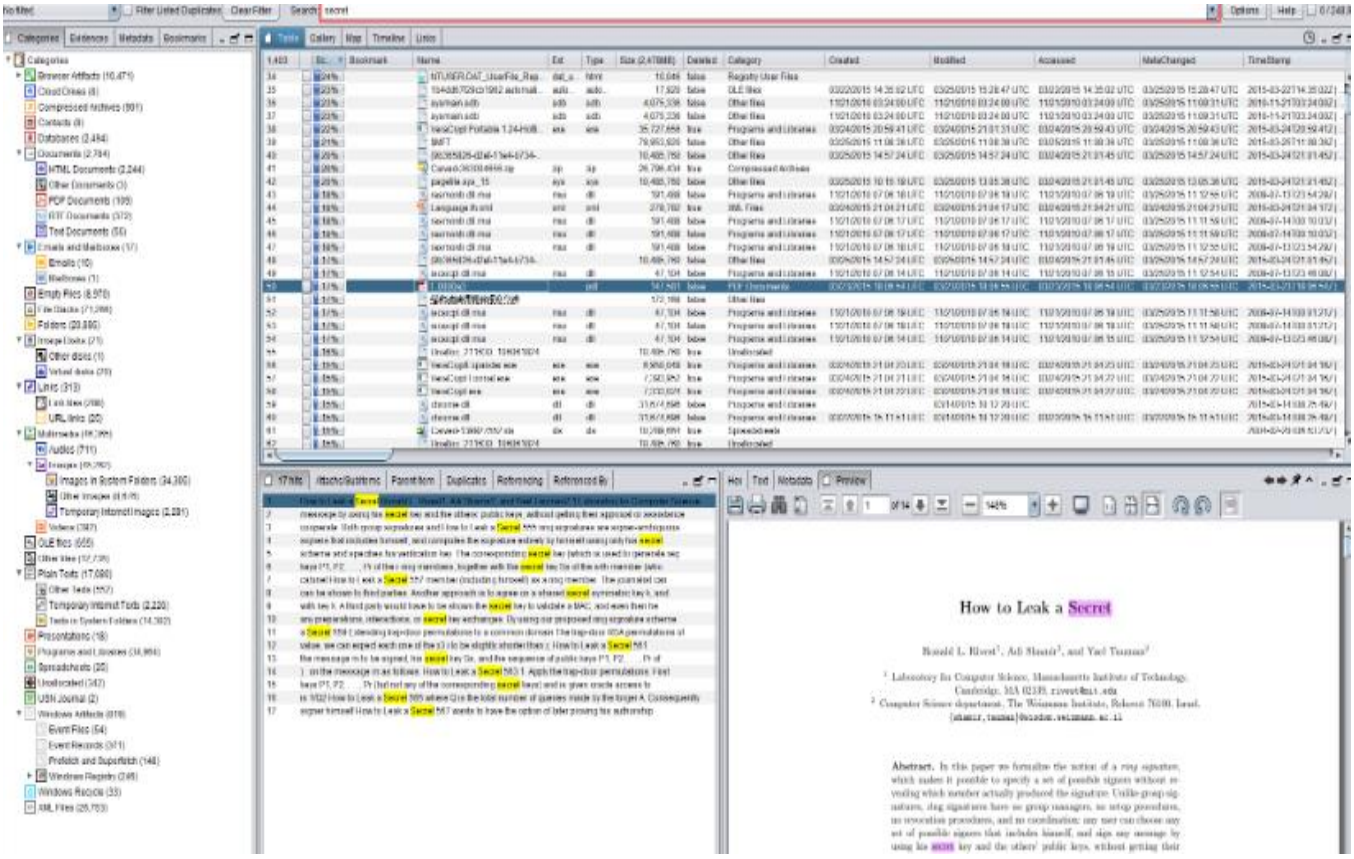


Fig. 2. Analysis

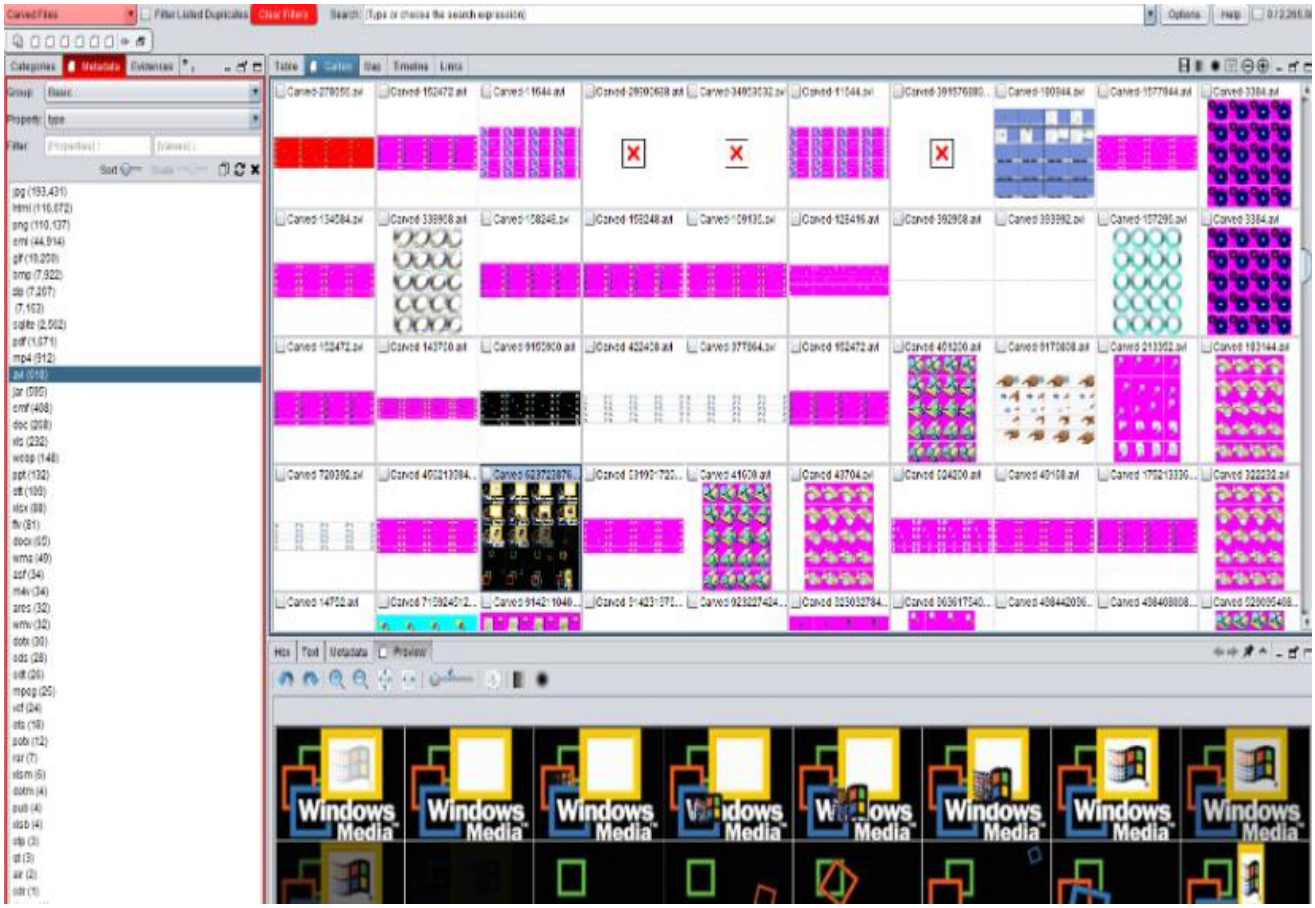


Fig. 3. Data Carving & Video Thumbnails

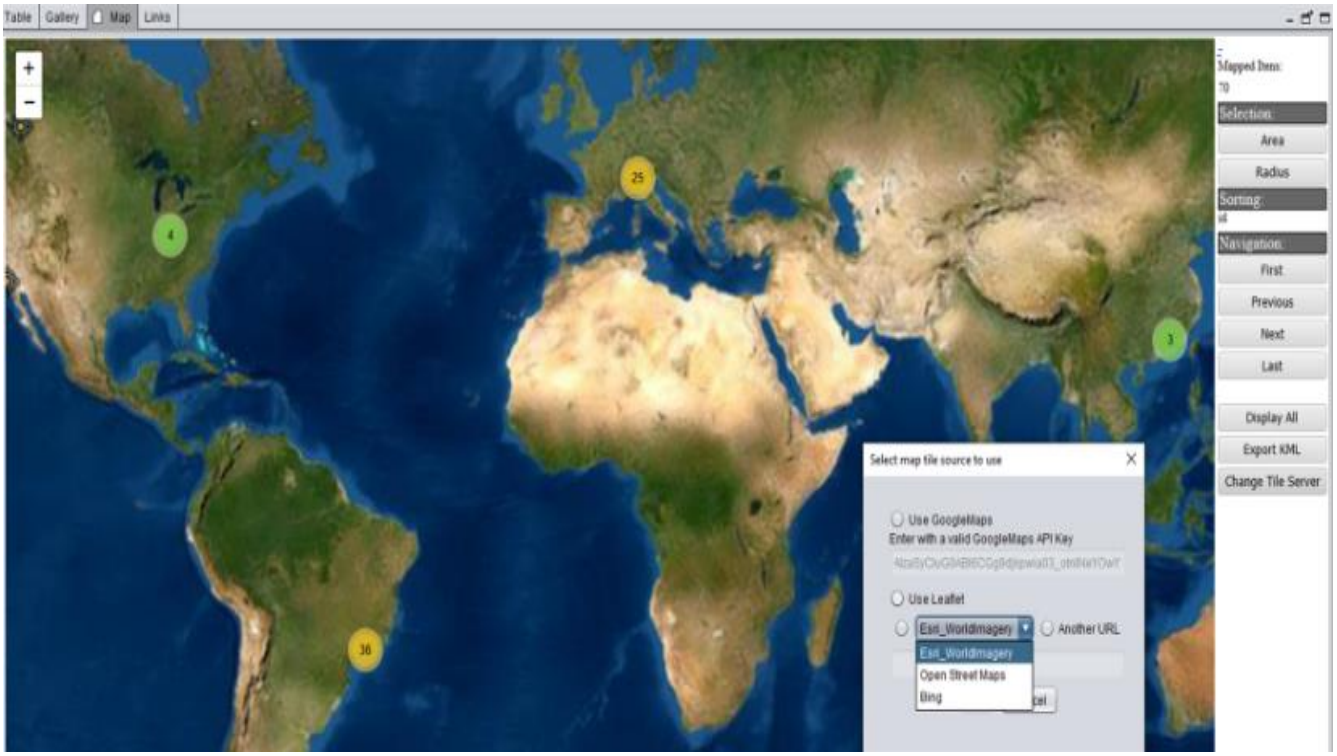


Fig. 4. Location

5 METHODOLOGY

- Literature review: Conduct a comprehensive review of existing research on social media-based expertise evidence, including current methodologies and best practices.
- Data collection and preprocessing: Gather relevant user-generated content from various social media platforms, including Twitter, LinkedIn, Facebook and Reddit, and preprocess the data for further analysis.
- NLP and sentiment analysis: Apply NLP [1] techniques to extract relevant information from user-generated content and use sentiment analysis [7] to assess the credibility of expertise claims and user endorsements.
- Network analysis: Analyze the relationships between users and their connections within professional networks to evaluate the influence and trustworthiness of expertise claims.
- Model development: Integrate the insights gained from social media analysis into a predictive model for assessing expertise levels in professional networking platforms.

This project will aim to propose a GUI for the argumentation analytics of social media content, taking advantage of the Large Language Models for argument relations prediction.

Social Media Case Investigation on:

- Analysis
- Information Bases
- Online Preservation and Collection
- Admissibility

The project will follow a multi-pronged approach:

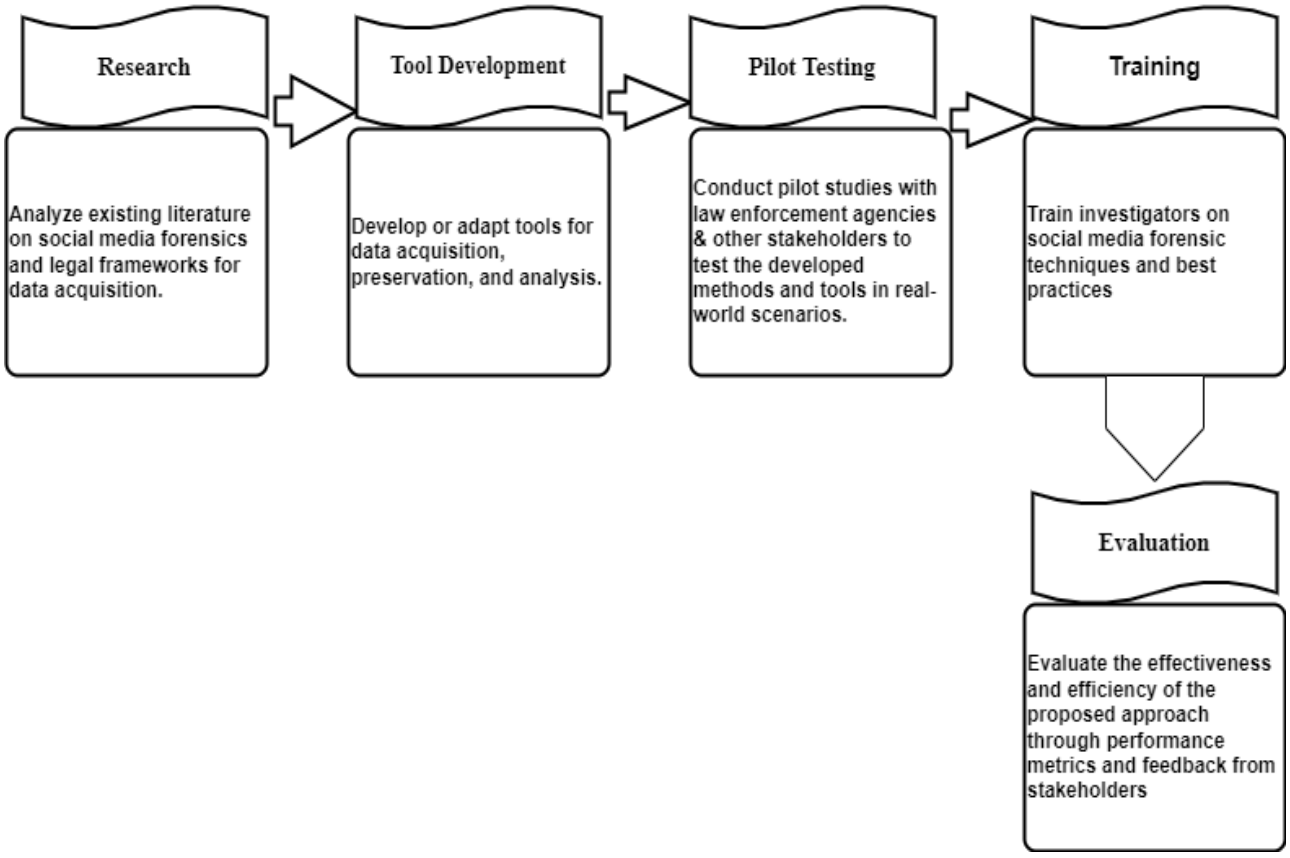


Fig. 5. Flow Chart of Methodology

6 EXPERIMENTAL SETUP

Social Media Harvesting Tools [12]: This tool is used to allow users to collect and analyze data from social media platforms through Hootsuite Insights, NetBase, and Social Bearing. The main objective of Social media harvesting tools to collect and store data from social media platforms for retrieve copies of public web pages removed in the past.

Online Preservation & Collection: Capture of dynamic content like video, audio, text, and animation. Capture of large size content and scrolling content, application & application data. To maintain the accuracy of the collection and proper documentation on consistent and repeatable methods used for capturing and securing content. Missing Metadata or references to authenticate.

7 LIMITATIONS AND CONSIDERATIONS

The IT Act [9] can have implications for collecting and handling electronically stored information (ESI) during legal proceedings or investigations involving electronic evidence.

- SECTION 43A & SECTION72A: This provision deals with data protection and privacy which govern the handling of personal and sensitive information and prescribe penalties for unauthorized access, disclosure, or misuse of such data. These provisions can be relevant when collecting, procession, and producing ESI during e-discovery, as privacy considerations and data protection obligations must be upheld.
- Cybercrimes and digital evidence: The IT Act addresses various cyber offenses, including hacking, identity theft, data theft, and unauthorized access to computer systems. When such offenses are committed, electronic evidence collected during e-discovery may be crucial in identifying and prosecuting the offenders. The IT Act provides a legal framework for investigating and prosecuting cybercrimes, and the electronic evidence collected can be presented in court to support the charges.
- Admissibility of electronic evidence: Section 65B of the Indian Evidence Act, which is often considered in conjunction with the IT Act, addresses the admissibility of electronic records as evidence. It sets certain requirements for the certification and production of electronic evidence in court. Compliance with the provisions of Section 65B is crucial to ensure the admissibility of electronic evidence during legal proceedings.

8 EXPECTED OUTCOMES

- An efficient methodology for extracting relevant information from user-generated content on social media platforms.
- A sentiment analysis framework for assessing the credibility of expertise claims and user endorsements on social media.
- Insights into the relationships between users and their connections within professional networks.
- A robust predictive model for assessing expertise levels in professional networking platforms based on social media data.

9 TECHNOLOGY STACK

Programming Languages: Python, JavaScript, PHP

Frameworks: PHP/HTML/CSS

Libraries: TensorFlow/PyTorch (machine learning), SpaCy (NLP), Scrapy (web scraping), panda

Databases: My SQL, Mongo

APIs: Different API for Social Media sites Twitter API, LinkedIn API, Facebook API etc.

Table 1. Phase of Implementation

Activity / Task	Description
Literature review	Conduct a comprehensive review of existing research on social media-based expertise evidence, including current methodologies and best practices.
Project plan development	Create a detailed project plan outlining the research objectives, methodology, and expected outcomes.
Data collection and Preprocessing	Gather relevant user-generated content from various social media platforms, including Twitter, LinkedIn, GitHub, and Reddit, and preprocess the data for further analysis.
Implementation of NLP	Apply advanced NLP techniques to extract relevant information from user-generated content on social media platforms.
Sentiment Analysis	Develop a sentiment analysis framework to assess the credibility of expertise claims and user endorsements on social media.
Network analysis	Analyze the relationships between users and their connections within professional networks to evaluate the influence and trustworthiness of expertise claims.
Development	Integrate the insights gained from social media analysis into a predictive model for assessing expertise levels in professional networking platforms.
Testing and Refinement	Evaluate the performance of the predictive model using relevant metrics and refine the model as needed.
Dissemination	Present the project results at conferences, workshops, or other relevant forums, and submit the final report to the institution or other interested stakeholders.
Documentation and archival	Properly document and archive all project materials, data, and outcomes for future reference and use.

Table 2. Risks and Mitigations

Risk	Likelihood	Impact	Mitigation Strategy
Data Privacy Concerns	High	High	Implement strict data anonymization and compliance with GDPR
API Access Restrictions	Medium	Medium	Develop backup web scraping methods, negotiate with platforms
Model Accuracy	Medium	High	Continuous model training and validation, incorporate feedback
User Adoption	Medium	Medium	Comprehensive user training and support, intuitive UI design
Technical Challenges	Medium	High	Regular technical reviews, employ experienced developers

10 CONCLUSION

Social media platforms serve as rich sources of evidence and intelligence, and investigators and analysts can effectively harness the power of social media for informed decision-making and investigative purposes. Digital forensic analysis of social media platforms is critical for investigating crimes in the digital age. This project offers a comprehensive approach to address current challenges and empower law enforcement with advanced investigative tools. By enhancing evidence collection and analysis, this project will contribute to a safer and more secure online environment.

REFERENCES

[1] Shahbazi Z, Byun Y-C, «NLP-based digital forensic analysis for online social network based on system security» Int J Environ Res Public Health 19: 7027. (2022) https://doi.org/10.3390/ijerph19127027.

[2] Khan AA, Zhang X, Hajjej F, Yang J, Ku CS, Por LY ASMF, Ambient social media forensics chain of custody with an intelligent digital investigation process using federated learning. Heliyon. 10 (1): e23254. https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2023.e23254. (ISSN 2405-8440), (2024).

[3] Pour MS, Nader C, Friday K, Bou-Harb E, «A comprehensive survey of recent internet measurement techniques for cyber security», Comput Secur. 128: 103123. (2023) https://doi.org/10.1016/j.cose.2023.103123. (ISSN 0167–4048).

[4] Bandr F, « Digital forensics: crimes and challenges in online social networks forensics», J Arab American Univ. 6 (1): 2., (2020), https://digitalcommons.aaru.edu.jo/aaup/vol6/iss1/2.

[5] Horan C, Saiedian H, « Cyber crime investigation: landscape, challenges, and future research directions», J Cybersecur Priv 1: 580–596., (2021) https://doi.org/10.3390/jcp1040029.

[6] Arshad H, Jantan and A, Omolara E, « Evidence collection and forensics on social networks: Research challenges and directions.», Digit Invest. 28: 126–138. (2019) https://doi.org/10.1016/j.diin.2019.02.001. (ISSN 1742–2876).

[7] Dang NC, Moreno-García MN, De la Prieta F, «Sentiment analysis based on deep learning: a comparative study». Electronics 9: 483. https://doi.org/10.3390/electronics9030483.

[8] Nihal Shaikh and Dhaval M Chudasama, «Research on Cyber Offenses under Information Technology Act, 2000», May 2021 May 20218 (1): 2021 DOI: 10.37591/RTPC.

[9] Shikha Panwar, Dr. Mona Purohit Information Technology Act 2000: Overview, IJCRT | Volume 6, Issue 1 January 2018 | ISSN: 2320-2882, https://ijcrt.org/download.php?file=IJCRT1705227.pdf

[10] Dr. Swapnil Sudhir, Dr. Harita Swapnil, «IN-BUILT CHALLENGES FOR INFORMATION TECHNOLOGY LAW IN INDIA», International Journal of Advanced Research (2016), Volume 4, Issue 6, 652-657, https://www.journalijar.com/uploads/973_IJAR-10800.pdfw.

[11] Robert Slonje, Peter K. Smith, Ann Frisén «The nature of cyberbullying, and strategies for prevention», Computers in Human Behavior Volume 29, Issue 1, January 2013, Pages 26-32, https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0747563212002154.

[12] Man-pui Sally Chan, Alex Morales, Mohsen Farhadloo, Ryan Joseph Palmer, Dolores Albarraci.

[13] Murtaza Ahmed Siddiqi, Wooguil, Moquddam A. Siddiqi, «A Study on the Psychology of Social Engineering-Based Cyberattacks and Existing Countermeasures», Appl. Sci. 2022, 12 (12), 6042; https://doi.org/10.3390/app12126042.

[14] Justin P. Murphy and Adrian Fontecilla,« Social Media Evidence in Government Investigations and Criminal Proceedings: A Frontier of New Legal Issues», Journal of Law and Technology, ISSN: 1091-7322, Volume 19, Issue 3 (2013), https://scholarship.richmond.edu/jolt/vol19/iss3/4/.

[15] H. Md and M. Warnier, Cyber Crime in Privately Held Information Systems: Personal Data at Stake, IEEE, 2014.

International Journal of Innovation and Applied Studies
ISSN 2028-9324 Vol. 43 No. 2 Aug. 2024, pp. 272-284
© 2024 Innovative Space of Scientific Research Journals
http://www.ijias.issr-journals.org/

Business Intelligence for Small-Medium Industry

G.K.S. Nimishi[1], R.S. Ranwala[1], R.S.L.B. Ranasinghe[1], G.S. Malalage[1], and Suchindra Suchindra[2]

[1]Department of Commerce and Financial Management, Faculty of Commerce and Management Studies, University of Kelaniya, Sri Lanka

[2]Department of Engineering, National Institute of Mental Health and Neurosciences, Karnataka State Govt, Bangalore, India

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

ABSTRACT: Business intelligence (BI) today has evolved into a collection of sophisticated techniques that merge insights from business strategy, risk analysis, cognitive psychology, organizational behaviour and political science [2]. Business intelligence is also a force multiplier in terms of profit margin and was only seen as a deployable tool in large businesses a decade ago. Today, we see BI vendors catering to small businesses and this availability has become a buzzword from small to medium companies today. As BI evolved over years catering to large businesses in its sophistication and tools. BI vendors have also changed over years due to mergers and take overs. Such is the importance given to BI today that vendors complement each other in offering different tools and functions. In this paper, we will explore the business intelligence world and try to understand how different Business Intelligence vendor systems as a viable tool cater to small to medium business organizations.

KEYWORDS: business intelligence, analysis, cognitive, psychology.

1 INTRODUCTION

Business intelligence refers to the process of gathering high quality information that is available for the enterprise on a subject of interest, which in turn help people/ organization / management analyze, make decisions, make some assumptions and take critical decisions. Business intelligence uses various. technologies to collect information, analyze, and help individuals look at a pictorial representation of the information of interest. A data warehousing or a data mart system forms the backbone as far as infrastructural component for achieving business intelligence is concerned. Business intelligence also includes the analysis done using different data mining techniques on an already existing data [1].

2 TRADITIONAL REPORTING

Before we describe business intelligence, we need to understand how traditional reporting is done. Traditional reporting is a hierarchical system, where the information flows from the workers to the management. For example, in the production department, worker gathers the information on production units, time taken, and employees to his supervisor. The supervisor in turn takes this information to his unit manager, which in turn is passed to the production manager [20]. Business intelligence on the other hand is a repository of information abstracted in such a way that, an individual can drill down or drill up and seek information he/she wants on a topic of interest. The information in the Business intelligence might be from two different data repositories integrated in a cohesive way, which in turn bring more clarity to the user to run the business effectively.

Corresponding Author: Suchindra Suchindra

3 BUSINESS INTELLIGENCE TOOLS

3.1 EXCEL

Excel is popularly used amongst the Business Intelligence for several reasons. The primary reason is that Excel is easy to understand, and the common user is very familiar with it. The second reason is that it is relatively cheap. Finally, excel has all the features necessary to display almost all functionalities required for the user [1].

3.2 REPORTING TOOLS

Reporting tools are little complex than excel sheets. This complexity is compensated by a feature which allows the user to customize the reports according to their needs, schedule and display functionalities. Standard reporting tools are also available from different vendors (Crystal reports, Cognos and others). The selection of a reporting tool for business intelligence is a crucial step. Care should be taken what the vendor provides in the reporting tool. An example is shown in Figure 1.

Page Items: Region: Americas

Year	Channel Class	Sales Revenue SUM	Profit SUM
1998	Direct	$8,598,313	$2,233,197
	Indirect	$1,714,393	$414,818
	Others	$3,155,713	$735,012
1999	Direct	$7,932,551	$1,770,423
	Indirect	$1,377,052	$226,529
	Others	$3,155,260	$521,870
2000	Direct	$7,967,142	$1,211,240
	Indirect	$1,162,344	$214,464
	Others	$4,658,839	$767,204
2001	Direct	$7,360,271	$1,611,415
	Indirect	$3,873,896	$754,160
	Others	$4,692,209	$1,064,586

Fig. 1. Example of Report [22]

A reporting tool also provides pictorial display of the reports of interest. However, a reporting tool should also be able to connect to the relational database as well as multidimensional databases. In other words, the reporting tool should seamlessly bring report pertaining to data from all sources of data. An important feature, which is often used by the Business Intelligence user, is scheduling and distributing. Scheduling in the reporting tool perspective means, to generate a report of interest on a particular day and time. Distribution means sending the generated reports to different users usually the managers at different levels. Reports generated should be able to transform into a text, doc or pdf file for ease of maintaining and use. Considering the number of users and report distribution. Reporting tool should be able to give enough freedom to bring in security or access control on the report, such as who should be able to access, how much of report should be accessed, which part of the report should be accessible to others. The security can be in the folder, file or on the report pages itself. Customization of a report is also an important feature to be looked in a reporting tool. More than often, it is required a report be presented in a particular way. Often most of the time is spent in customizing, it is helpful to have a bundle of features from which a user can pick and generate a report [1].

3.3 OLAP AND CUBE DESIGN

OLAP stands for Online (OL) Analytical (A) Processing (P), is software that allows users to navigate, retrieve and present business data in a way, which help managers in various businesses, understand and take critical business decisions. One of the advantages of OLAP is that they do not need extensive query writing, they are stored in a ready to read format. There are also stored in a drag and drop sessions rather than reports. The data is put in many dimensions and the software uses these numerical data such as sales per quarter, sales per year, employees, product productivity per year and others. “Dimensions could be customers, products, regions, countries, and the time dimension e.g., weekly, monthly, quarterly and annually. A solution usually has many dimensions usually three or more and could be termed multidimensional” [39]. The OLAP is a specialized storage, which can house multi-dimensional data and aggregate data. Each cube in an OLAP cube is a multidimensional cube by itself, see Figure 2. Hence, one can integrate as much information as he can to form a large

abstraction in the form of a cube. Usually it has two components, that is the actual data on which the multi-dimensional data is presented in the form of a cube and OLAP access tools which access these data and present them to the management who in turn make decisions.



Fig. 2. Example of OLAP cube [3]

3.3.1 OLAP FEATURES

OLAP features include higher level of abstraction of data. One can drill down the data to get a more information from a higher level. For Example: employee data can be drilled down to departmental timings for each employee. Other features include calculation of derived data like profit margin, sales, market penetration and others. One can also analyze data from different perspective. For example: All data can be looked from employee number in a company.

3.3.2 MOLAP, ROLAP, HOLAP, DOLAP

In ROLAP, data calculations are done in a relational database and so the response times can be more. All calculations are pre-generated when the cube is populated [9], [25]. In MOLAP, M standing for multidimensional, data calculations are done in a served based multidimensional database. In HOLAP, H standing for Hybrid, tries to combine the better of two architectures described above. In DOLAP, D standing for Desktop, the cubes are built at runtime and are stored on the desktop. Apart from the different OLAP we have described in the previous section. It is very important to differentiate between ROLAP and MOLAP. In MOLAP, data is aggregated from many data sources in the form of a cube. On the other hand, ROLAP, Data is sourced from a SQL generator. Recently, there is a convergence between the traditional ROLAP and MOLAP vendors.

ROLAP vendor recognize that users want their reports fast, so they are implementing MOLAP functionalities in their tools. On the other hand, MOLAP vendors recognize that users need to drill down to the most detail level information, levels which the traditional cubes cannot deliver. OLAP should be able to load the data quickly and give a pictorial representation of the data gathered. More than often, OLAP are also used for reporting purposes. This is more likely when OLAP is ROLAP, where relational database is used. In this condition where OLAP is used as a reporting tool customization of the front end is very much needed. OLAP should also have adequate security features considering that many users will be using the OLAP. Security features include who can see the OLAP and who can read the OLAP cubes [1].

3.3.3 VIRTUAL CUBE

“A virtual cube is a combination of multiple cubes into one logical cube, somewhat like a relational database view that combines other views and tables. When you create a virtual cube, you select measures and dimensions from the consolidated set of dimensions and measures in the underlying component cubes. End users see the virtual cube as a single cube” [15]. A virtual cube needs no additional storage as only their definitions are stored. A virtual cube can be constructed from a combination of other cubes.

4 BUSINESS INTELLIGENCE: STRATEGIC OR TACTICAL?

Business intelligence applications can be used as tactical and strategic purposes. Tactically, Business Intelligence can be used in specific areas of the company to bring more insight and clarity. This insight in turn can help management make decisions

appropriately to reap better effectiveness within the company. For example, BI can be used on a production department and see what number of products were produced in a stipulated time and for a given number of employees [20].

4.1 TACTICAL TO STRATEGIC

Business Intelligence can be deployed across the company departments to give the management an idea of trends, opportunities for growth. It can used to monitor Key performance indicators monitoring too [20]. From a bank's perspective, different banks, which are moving from tactical to strategic use of Business Intelligence. Over the years, business may have concentrated on dedicated IT tools to each department leading to a overall desperate system which are all over the place. Recently, in order to centralize BI decision-making, financial and other institutions are creating dedicated user groups within the organization known as business intelligence competency centers (BICC). These BICC can be imagined as group of users or akin to board of directors who take critical decision about the organization [21].

4.2 DATA TO VALUE

Business intelligence tools described in the previous section give intuitive information to the user. The quality of this information is directly responsible for the Business Intelligence success. For businesses, which have loads of data, such as banks, retrieving and cleaning this data to get a information out is a huge Business Intelligence system challenge. Banks have millions of customers across many departments piling more data every day; banks initially faced this task of converting this data to value. One example is how Barclays bank incorporated a TeraData CRM software tool and immediately found results. TeraData CRM solution enabled event-triggered marketing at Barclays. TeraData first created business rules for banks data warehouse. Now, the Business solution identified different customer behavior and helped the bank take appropriate decisions in a timely manner to help improve the customer [21].

4.3 RISE OF PREDICTIVE ANALYSIS

Businesses like retail, forums, food chains, Banks and airlines are inundated by data. Predictive analytics has become a new tool in using huge amount of data in such organization and has helped them take proactive decision to facilitate them. With advances in AI, Business Intelligence can now predict which is in high demand, a demand coming from the executive ranks of the companies in these sectors. From a Banks perspective, Business Intelligence can now predict trends and cycles of the customers. This switch from reactive to proactive marks a big change in the way Business Intelligence is looked upon. A Cincinnati Bank has moved a step further in automating both the predictive analysis and decision-making Business Intelligence system to bring customer satisfaction an all-new level. Business Intelligence Competency Center (BICC) is pivotal from a proper functional of Business Intelligence System in an organization, which has overwhelming data. BICC usually consists of 10-12 executive group which together act as a point of decision-making using the Business Intelligence across the organization. Organization implementing BICC has produced good results in the past [21].

5 BUSINESS INTELLIGENCE SYSTEMS OPPORTUNITIES

The first step before a Business Intelligence system is initiated is to have a clear understanding of what the business intelligence is going to achieve for an organization. There are some steps an organization must take before buying a Business Intelligence system. These include organizations must identify areas across which a Business Intelligence system can be integrated in the company. Who are the players (employees) ? Who would be having access and control? And what kind of parameters would they want to see to make critical decisions in the future. It is a good practice to consult your team to share areas, identify regions where Business system can be applied and if they have had any experience working with a system. Based on the information the organization gathered from consulting the team, it is also a good step to look at many Business Intelligence systems and how their product would fit into the requirements of the organization. If a system exists which is not Business Intelligence but can do its job to help organization fulfill its requirements, such avenues should also be looked at [20], [2].

Return on investment (ROI), surprisingly is not used as a metric for data warehousing for two reasons. First, in the excitement to implement an IT based decision support solution, the early users did not consider using stringent criteria in evaluating these data warehouses. Second, warehousing was regarded, as risky and early users did not know much of the system to quantify it to an effective metric, such as ROI. Business intelligence is hard to quantify in terms of return on investments as they work around variables which are intangible, such as market insights, getting information faster and better, decision made on the information, quality of decisions made, tactics, and strategies. So how would a company gauge its

effectives? As intangibles, some insight can be gathered from operational and strategic decision made after the Business Intelligence system is implemented and its aftereffects. For example, employee communication within the company and their effectiveness [20].

6 BUSINESS INTELLIGENCE INFRASTRUCTURE

Business intelligence infrastructure forms a critical step in the effectiveness of the Business Intelligence system. This can be assumed as two-step layer. First, we have disparate data coming from all operational systems, which are first, extracted, cleaned, and integrated. In the next layer this extracted data is pulled to give a pictorial representation to help managers and other users make critical decisions [20].

6.1 DATA INTEGRATION

One of the challenges facing organizations dealing with huge amount of data is the data itself. What do to do with data? How to effectively use data? These organizations include Banks, food chains and retail market. This situation becomes more than a challenge after these organizations merge or in case of take overs. Any overlapping of customer data from multiple channels (investment, sales, marketing, finance, business, customer) would result in data of bigger magnitude. Under these conditions, Data integration form multiple desperate data sources is critical and an important step. Data integration step involves extracting data from different operational systems, cleaning, transforming and loading the data into information warehouse [20].

6.2 DATA WAREHOUSING

The term Data Warehouse was coined by Bill Inmon in 1990, and he defined it as follows “A warehouse is a subject oriented, integrated, time-variant and non-volatile collection of data in support of management’s decision-making process” [14]. The components of data warehousing are pictorially shown in the Figure 3.

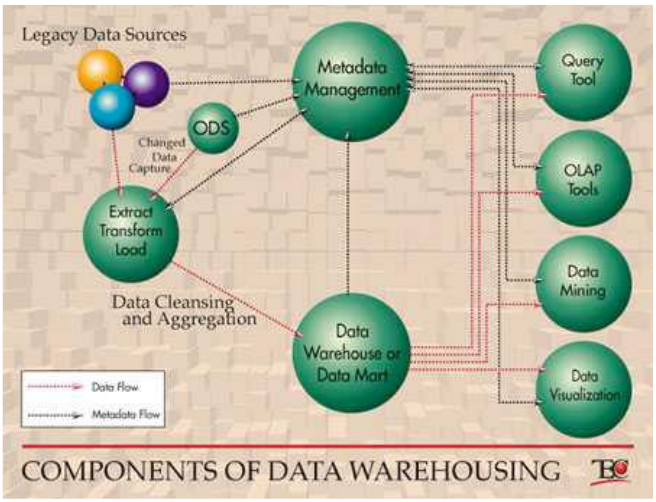


Fig. 3. Components of data warehousing [14]

6.2.1 REQUIREMENT GATHERING

The initial step in any project development is the development team to gather the requirements from end users. Requirement gathering usually happens on a one-to-one meeting or as Joint Application Development (JAD) sessions, where people from both the development team and the end-users are involved about the project scope in the same meeting. One of the most important things to do in this phase is to identify the requirement for the data warehouse to be built. In the end of this phase, end user reporting and requirements analysis are identified and much of the latter time is spent on analyzing the data provided by the user. Associated with this phase are the definition of other details such as hardware, training requirements, and a concrete project plan indicating the finishing date of the data-warehousing project. A disaster recovery plan should also think of at this stage so that the data warehousing system can recover from accidents [1].

6.2.2 PHYSICAL SETUP

Once the required phase is done, the next step is to set up the environment. Usually there are three environments, development, and testing and production environments. This phase includes setting servers and databases. At a minimum, it is necessary to set up a development environment and a production environment. “The different processes (such as ETL, OLAP Cube, and reporting) also need to be set up properly for each environment” [1]. It is advised that different environment have their servers and databases.

6.2.3 DATA MODELS

This phase is the most important stage of the data warehouse development. Building a good model is very important from a logical model built after the requirement gathering stage. “A good data model will allow the data warehousing system to grow easily, as well as allowing for good performance” [1]. The complexity increases from conceptual to data model shown in the Figure 4, 5 and 6.

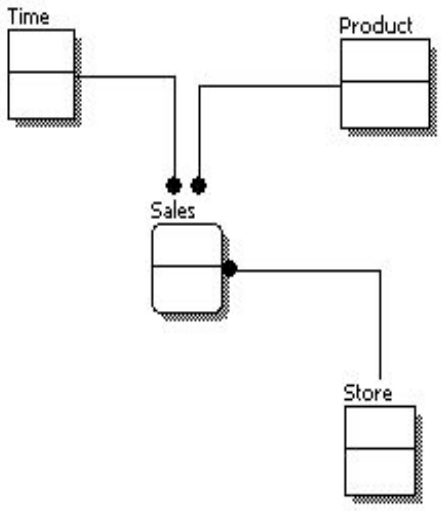


Fig. 4. Conceptual data model [1]

6.2.4 ETL

After the business requirements, the physical environment is determined; the next step is to design the ETL process. The ETL process is a time-consuming process and requires a systematic approach for an effective data warehousing. [13] argues that a “staged transformation approach is used to optimize data acquisition and Transformation from source systems. This method provides increased flexibility and extensibility to ETL developers. The various stages provide a single processing method for initial and successive loads to the data warehouse” [13]. Further a five staged approach provides the data warehouse table the flexibility to adapt, insert and change the design settings easily. Usage of Meta data tags in the data warehouse design and in the ETL transformation process allow for better efficiency, capability, flexibility and ease in maintenance [13]. The 5 stages are source verification, Source Alteration, common interchange, target load determination and integration. In source verification, performs the access and extraction of data from the source system. The primary data or the target data, which is being extracted is backed up for further emergencies and for audit purposes [13], [25], [28], [11]. During this stage, both technical and business meta data can be captured and verified against the meta data repository (if available). In the second stage, source alteration, as the name indicates, various data transformations can be performed depending on the source depending on business requirements. These transformations may include integration of data from multiple sources; integration of data from other sources and these sources may be secondary sources. Others include splitting of source system files into multiple work files for multiple target table loads (clusters), and application of business logic and conversions unique to the source systems [13], [25].

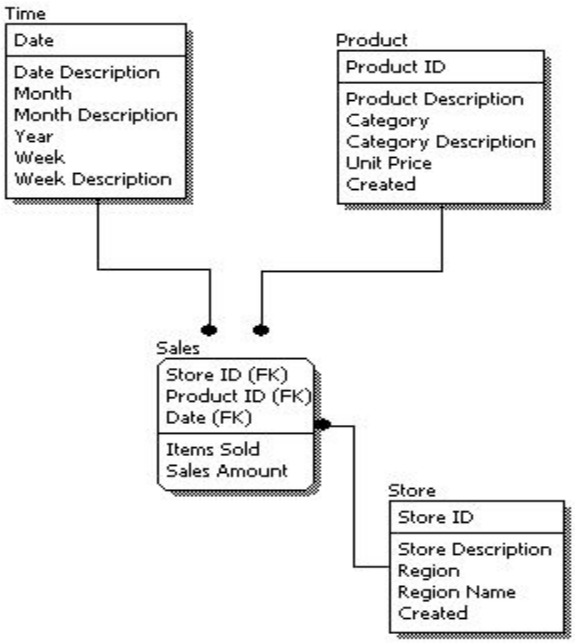


Fig. 5. Logical data model [1]

The third stage, common interchange, applies business rules and/or transformation logic that are frequent across multiple target tables. Examples of transformation logic applied during this stage include referential integrity (e.g., population of fact table surrogate keys from dimension tables) and application of enterprise definitions and business rules from the Meta data repository (e.g., code values to ISO standard formats) [13]. The fourth stage, targets load determination, performs final formatting of data to produce load-ready files for the target destination. It also identifies and segregates rows to be inserted versus the updated (if applicable) and applies remaining technical Meta data tagging and processes data into the relational database management system (RDBMS) [28]. In this stage, load ready files from the previous stage are used to build an aggregation of tables, which would improve the performance of the data warehouse. "Care needs to be [20] correct surrogate keys from the dimension tables for the rollup levels required in reports" [13], [28].

6.3 BUSINESS APPLICATION

The layer after the data warehouse is the Business Application layer. This layer is an important layer as it delivers the information to the users. The information is the in the form of reports, dashboards and other pictorial representations. The reports should also be scheduled and distributed in such a way that all users can analysis and take critical decision based on the information. "In order to achieve maximum velocity of business intelligence, continuous monitoring processes should be in place to trigger alerts to business decision makers, accelerating action toward resolving problems or compensating for unforeseen business events. This proactive nature of business intelligence can provide tremendous business benefits" [20].

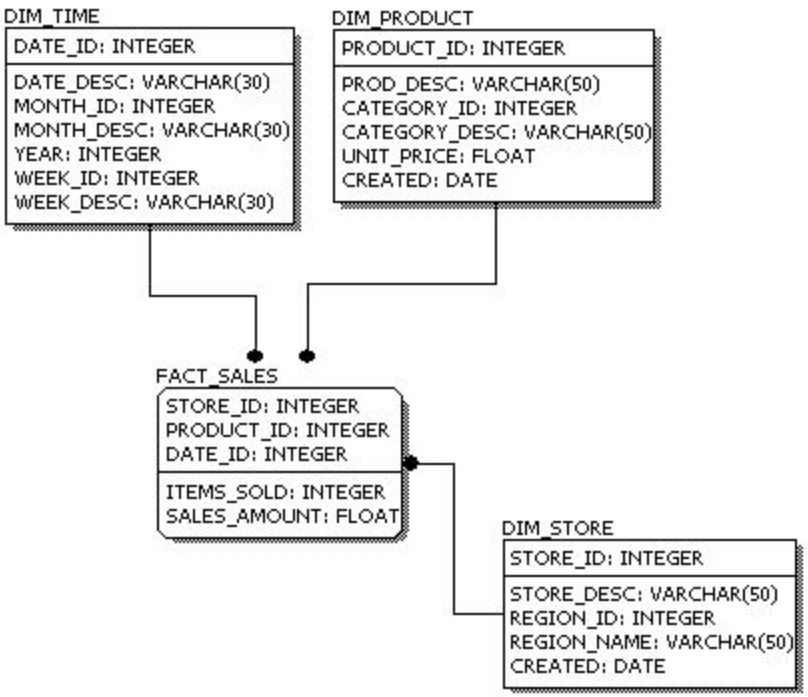


Fig. 6. Physical data model [1]

6.4 How To Know If The Business Intelligence Infrastructure Is Working?

The key indicators whether the infrastructure is not working properly would have the following symptoms. Data integration is not effective in bringing the data to the business users. There is not monitoring process to check if the Business Intelligence is failing. There is no automation of the information neither in scheduling nor in distribution. The data for the business users do show the parameters that the business intelligence is supposed to. Does not have adequate competitive information to answer key business questions? Scorecards on Key performance indicators (KPI) are not automated to reach key decision makers [20].

7 Visualization TOOLS

7.1 Dashboards

Dashboards are effective visualization tools. They allow multiple diverse data to be integrated to give a good visualization of different data. Dashboard includes tables, graphs, grids, dials, charts, and other graphical representation, which help users, get maximum information. This intuitive information can in turn help users grasp the information quickly to make better decisions. Figure 7 shows corporate revenues, regional performances, category analysis and subcategory analysis.



Fig. 7. An example of Dashboard from MicroStrategy [5]

7.2 SCORECARDS

Scorecards provide a visual representation of key performance metrics or KPI or other features which the user consider vital to decision making. Typically, all scorecards are balance scorecards which give clarity on the mission and vision of the company first and monitor key performance indicators to indirectly align the company working towards the company's vision and mission. A typical analogy would be balanced sheets. An example is shown in Figure 8.



Fig. 8. An example of Scoreard, [12]

8 HOW CAN BUSINESS INTELLIGENCE BENEFIT SMALL TO MEDIUM BUSINESSES?

Business Intelligence can help smaller and mid-sized companies compete in much better way by helping these companies make quick and better decisions. It can augment on the existing IT solutions like enterprise resource planning (ERP) and customer relationship management (CRM) systems already existing in these companies. It can also help business use the historical data to make better adjustment and decisions in the future. More important, the integration of all information from desperate resource are all now integrated so that the management has the right information at the right time to make critical decisions [41].

8.1 SMALL BUSINESS FEATURES

"Small or mid-sized companies pride themselves on being much more agile, much quicker to make decisions than their big company counterparts [41]. So, the time to decisions making is also an important factor other than better decision when it comes to small to mid-sized companies to help them differentiate their business from their competitors. There is already a trend that more and more mid-sized companies are going to Business Intelligence systems for the reasons mentioned above, it helps them differentiate their business from their competitors and make quick, better decisions [41].

8.2 WHY BUSINESS INTELLIGENCE MATTERS

Traditionally, small to mid-sized companies over the past had some kind to intelligent systems like CRM or ERM, or other IT solutions which were helping them in supply chain or other traditional functionalities of the companies. These solutions were producing tremendous amounts of data, which was sitting there not being effectively used to make critical, better decisions to help the bottom line. With the existing IT solutions like CRM, ERP and others, Business Intelligence is a low-cost alternative for integration into these existing IT solutions to help management make better decisions. Business Intelligence can provide clearer insight into the organization's functionalities across all departments, which ERP or CRM cannot do alone. These IT solutions can only indicate who the customers are but not which customers are most important or how to segment them for more effective marketing campaigns. Business Intelligence vendors are now launching BI suites more tailored to small industries. These products are now more accessible in terms of pricing and features and, importantly, are easy to use even for those not specialized in Business Intelligence systems. What small- and mid-sized companies are expecting from Business Intelligence solutions are actionable insights from data, helping them make strategic, data-driven decisions to improve performance, optimize resources, and enhance competitiveness.

Traditionally, small and mid-sized companies were worried about their blind spots, that is what are the things that are going to hurt them in the future so that they can be better prepared to handle them in the future. Small and mid-sized companies wanted a system which can be more like a dashboard than something which throws historical data at them. They wanted a system, which can give them a view for the future, like if they do this, here is what you get and these are the implications. If they take these initiatives now, these are the impacts in the future along so many years [41]. "Business Intelligence will help identify either trends or areas where it can provide an alert to executives about what their potential blind spots could be. Now, they could be negative blind spots, like hey, certain suppliers are no longer supplying you with your inventory; you have got stock outs, and you are losing revenue here. Or they could be positive blind spots, like, you have had a significant uptick in the acceptance of marketing campaigns or of a new product, and if you sold more of these things, you have greater top-line revenue" [41]. With Dashboard and Scoreboards, small to mid-sized companies can take look at some initiatives, their implications. For example, if they take an initiative, or they segment their product to this age or a demographic, these will be the revenues, and this would be the profit. This kind of future trend, revenue, and profit viewer helps the companies differentiate and take better decisions in the future.

8.3 NO LONGER THE DOMAIN OF BIG COMPANIES

In the past BI was only the forte of large companies. During these days, BI was designed for large business and never for small businesses. When a small business wanted BI solution, most of the vendors provided a software which was designed keeping in mind the larger scale industries and not small-scale industries. Business Intelligence systems are now specifically designed for smaller to mid-sized companies. They are also easy to use; if one is using spreadsheets before, the migration from other IT solutions to Business Intelligent systems are easy and requires no extensive training. The Business Intelligence systems in one integrated product unlike other It solutions, which are basically modules, fitted to individual departments. The most important of all is that the price of the Business Intelligent system is not viable that is, it is in the range of tens of thousands and not in hundreds of thousands as in the past [41].

9 BI VENDORS

IBM, MicroStrategy, Oracle, HP, TerrData and SAP [34 - 38] are the main players on Business Intelligence systems. Today, the number of independent service providers have dwindled but some continue to make an impact and survive says [40]. These acquisitions were primarily made to consolidate and to an extent of fear of losing the market share to competitors in the longer run. The author [40] quotes from Forrester that "Forrester believes that the BI and business performance solutions markets will continue to consolidate around these four large vendors but will not be commoditized anytime soon". In this section we are going to investigate some of the features Business Intelligence vendors provide to their clients.

Data Analysis is a big general concept. In this paper, we would concentrate on bioinformatics where authors have explored various computation programs [3], [4], [6], [7], [8]. Today, there ia a lot of biological data produced, and with large data, the complexity to analyse increases exponentially. The large data also presents an opportunity for knowledge discovery, by implementing new concepts, new data structures, defining new inter relations, data mining techniques to extract hidden knowledge in this vast sea of data [10]. One of the main challenges is to erase or minimalize errors and increase precision which would lead to biological information [16], [17], [18], [25]. Therefore, filtering or removing noise (unnecessary data) becomes one of the main steps in Data mining techniques. The data mining is computational expensive, as it enhances our knowledge on the biological data. Thus, optimising this step of computational data mining with new discoveries becomes imperative. Since there is a ton of data, especially genome data whose sequences ranging from few thousand characters to few billion in length, it is very challenging to seek out knowledge [26]. However, when these genomes or other biological data is transformed into a knowledge database and stored, then this step would act as a intermediatory step in producing analytical patterns, by using various data mining techniques [23], [27]. In this intermediatory step, one can store data in different categories like 'useful', 'real', 'novel', and other patterns. Recently searched patterns in cache of the machine can sometimes come in handy. It now becomes important that we any data coming into the database be checked by a computation program which processes the input data and then analyses it to select some pattern from the data and classifies it [29]. Described in the previous sections, the data pruning steps included some preprocessing steps, pattern selection and discovery, analyse pattern, knowledge transformation and storage [30]. Data mining uses the same storage mechanism we described in the previous sections like entering data, data lakes, data warehousing, data pools, big data, and their presentation to uses and interaction between humans and machines to their further analysis. A new gene structure discovery [32], or perhaps new gene discovery [31] and a new genome read [33].

10 CONCLUSION

Business intelligence is more than force multiplier today. With large data, many companies are moving to Business Intelligence to integrate data, bring more insight to the customers behaviour, and to predict their behaviour in the future. One of the main advantages of a business intelligence system is its ability to abstract all the nitty gritty things of an organization and look at only KPI and other parameter which the Business Intelligence would provide in a interactive graphical interface which is not only easy to understand and also is easy to schedule and distribute the information across all managerial floor with substantial security features embedded in it. With many success stories like banks improving their ROI as much as 400 percent, BI is now ready for small to medium businesses or rather small-medium business organization are now ready to explore BI systems in their organizations. Many BI vendors discussed in this paper have all the features they have for large business organization to smaller business organization. Before buying, small- medium business organization should first reflect on all the existing IT infrastructure they have already in place and explore the BI systems which can complement this infrastructure without must hazel. With different BI vendor's offering discussed in this paper, smaller business organization should deploy BI systems as quickly as possible to get an edge over the ever-changing competing world.

APPENDIX

All data on the records is in the excel file ResearchTableWithTabs_S1S2S3.

CONFLICT OF INTEREST

The authors have no conflicts of interest in this research.

ACKNOWLEDGMENTS

The authors would like to thank their respective universities and families for their support.

REFERENCES

[1] Data warehousing. (2009, May 15). 1keydata.com. Retrieved June 28, 2024, from http://www.1keydata.com/datawarehousing/datawarehouse.html.

[2] Burns, A. (2003). Business intelligence. Proceedings of the Paper Presentation to Australian Foresight Institute at Victoria, Australia. Retrieved from http://www.alexburns. net/Files/BI. pdf.

[3] Waqar Haque, Alex Aravind, and Bharath Reddy. 2009. Pairwise sequence alignment algorithms: a survey. In Proceedings of the 2009 conference on Information Science, Technology and Applications (ISTA '09). Association for Computing Machinery, New York, NY, USA, 96–103. https://doi.org/10.1145/1551950.1551980.
[4] Haque, W., Aravind, A., & Reddy, B. (2008, August). An efficient algorithm for local sequence alignment. In 2008 30th annual international conference of the IEEE engineering in medicine and biology society (pp. 1367-1372). IEEE.
[5] Few, S. (2021). Now you see it: An introduction to visual data sensemaking. Analytics Press.
[6] Reddy, B. G. (2009). Multiple Anchor Staged Local Sequence Alignment Algorithm-MASAA. University of Northern British Columbia.
[7] Reddy, B., & Fields, R. (2020). Techniques for Reader-Writer Lock Synchronization. International Journal of Electronics and Electrical Engineering, 8 (4), 63-73.
[8] Reddy, B., & Fields, R. (2020, March). Multiple Anchor Staged Alignment Algorithm–Sensitive (MASAA–S). In 2020 3rd International Conference on Information and Computer Technologies (ICICT) (pp. 361-365). IEEE.
[9] Devlin, B. (2000). Data Warehouse: From architecture to implementation. Addison-Wesley.
[10] Reddy, B., & Fields, R. (2022, April). From past to present: a comprehensive technical review of rule-based expert systems from 1980--2021. In Proceedings of the 2022 ACM Southeast Conference (pp. 167-172).
[11] Vandermay, J. (2001). Considerations for Building a Real-time Data Warehouse.
[12] Amer, Faten & Hammoud, Sahar & Khatatbeh, Haitham & Lohner, Szimonetta & Boncz, Imre & Endrei, Dora. (2022). The deployment of balanced scorecard in health care organizations: is it beneficial? A systematic review. BMC Health Services Research. 22. 10.1186/s12913-021-07452-7.
[13] Aqlan, Faisal & Nwokeji, Joshua. (2018). Big Data ETL Implementation Approaches: A Systematic Literature Review. 10.18293/SEKE2018-152.
[14] Sen, Arun & Sinha, Atish. (2007). Toward Developing Data Warehousing Process Standards: An Ontology-Based Review of Existing Methodologies. Systems, Man, and Cybernetics, Part C: Applications and Reviews, IEEE Transactions on. 37. 17 - 31. 10.1109/TSMCC.2006.886966.
[15] M. Rifaie, K. Kianmehr, R. Alhajj and M. J. Ridley, «Data warehouse architecture and design,» 2008 IEEE International Conference on Information Reuse and Integration, Las Vegas, NV, USA, 2008, pp. 58-63, doi: 10.1109/IRI.2008.4583005.
[16] Reddy, B., & Fields, R. (2022). Multiple sequence alignment algorithms in bioinformatics. In Smart Trends in Computing and Communications: Proceedings of SmartCom 2021 (pp. 89-98). Springer Singapore.
[17] Reddy, B., & Fields, R. (2023). Maximum Match Subsequence Alignment Algorithm Finely Grained (MMSAA FG). arXiv preprint arXiv: 2305.00329.
[18] Reddy, B., & Fields, R. (2024, April). Performance Analysis of Multiple Sequence Alignment Tools. In Proceedings of the 2024 ACM Southeast Conference (pp. 167-174).
[19] Thathsarani W.R.V.K, Piusha P.G.T, Peiris D.T.M, Perera P.L.S, Jayawardena, S., & Arachchige, S. (2023/10//). AI-powered financial liquidity management system for SME apparel businesses in sri lanka. International Research Journal of Innovations in Engineering and Technology, 7 (10), 559-565. doi: https://doi.org/10.47001/IRJIET/2023.710073.
[20] Nadeem, M., & Jaffri, S.A. (2004). Application of Business Intelligence In Banks (Pakistan). ArXiv, cs.DB/0406004.
[21] Hurbean, Luminita & Miliaru, Florin & Muntean, Mihaela & Danaiata, Doina. (2023). The Impact of Business Intelligence and Analytics Adoption on Decision Making Effectiveness and Managerial Work Performance. Scientific Annals of Economics and Business. 70. 43-54. 10.47743/saeb-2023-0012.
[22] Ilic, Milos & Kopanja, Lazar & Zlatkovic, Dragan & Trajkovic, Milica & Ćurguz, Dejana. (2021). MICROSOFT SQL SERVER AND ORACLE: COMPARATIVE PERFORMANCE ANALYSIS.
[23] BIOINFORMATICS & PAIRWISE SEQUENCE ALIGNMENT: Local and Global Sequence Alignment Algorithms. (2020). (Vol. 1). Amazon. April 17, 2020, https://www.amazon.com/BIOINFORMATICS-PAIRWISE-SEQUENCE-ALIGNMENT-Algorithms/dp/B087HD1R8M/ref=sr_1_fkmr1_1?crid=3OP05MRO3KJVI&dib=eyJ2IjoiMSJ9.eL2CWaMhlhdCZVOZwQOMNkdhnWb6dhgIJnMUr43niXi0SnBtzABqE5Ob8ApxvybCnSIqGGdYwUnSptIeggubbVgaoIpZHBLPqVwnJzIGWP8.mgfpBzCbGMw7dHDh7C_B2HhEn1nXTL0p0-IohqWm5w8&dib_tag=se&keywords=bharat+reddy+bioinformatics&qid=1719584423&sprefix=bharat+reddy+bioinformatics%2Caps%2C86&sr=8-1-fkmr1.
[24] V. Brusic and J. Zeleznikow, «Knowledge discovery and data mining in biological databases,» Knowl. Eng. Rev., vol. 14, no. 3, pp. 257–277, 1999.
[25] Teh Ying Wah Ng Hooi Peng and Ching Sue Hok. Building data warehouse, November 2007.
[26] U. Fayyad, G. Piatetsky-Shapiro, and P. Smyth, «From data mining to knowledge discovery indatabases,» AI Mag., vol. 17, no. 3, pp. 37–53, 1996.
[27] Maimon, Oded & Rokach, Lior. (2010). Data Mining and Knowledge Discovery Handbook, 2nd ed.
[28] Baker, Oras & Thien, Chuong. (2020). A New Approach to Use Big Data Tools to Substitute Unstructured Data Warehouse. 26-31. 10.1109/ICBDA50157.2020.9289757.

[29] Z. W. Raś and J. M. Z. ytkow, «Discovery of equations and the shared operational semantics indistributed autonomous databases,» 1999, doi: 10.1007/3-540-48912-6_60 (PDF) A Review of Data Mining and Knowledge Discovery Approaches for Bioinformatics. Available from: https://www.researchgate.net/publication/354932790_A_Review_of_Data_Mining_and_Knowledge_Discovery_Approaches_for_Bioinformatics.

[30] Fayyad, U.M., Piatetsky-Shapiro, G., & Smyth, P. (1996). The KDD process for extracting useful knowledge from volumes of data. Commun. ACM, 39, 27-34.

[31] Krogh A, Mian IS, Haussler D. A hidden Markov model that finds genes in E. coli DNA. Nucleic Acids Res. 1994 Nov 11; 22 (22): 4768-78. doi: 10.1093/nar/22.22.4768. PMID: 7984429; PMCID: PMC308529.

[32] Brazma A, Vilo J, Ukkonen E, Valtonen K. Data mining for regulatory elements in yeast genome. Proc Int Conf Intell Syst Mol Biol. 1997; 5: 65-74. PMID: 9322017.

[33] T. Shoudai et al., «BONSAI Garden: parallel knowledge discovery system for amino acidsequences.,» Proc. Int. Conf. Intell. Syst. Mol. Biol., 1995.

[34] Esteves, Eduardo & Locatelli, Guilherme & Alcon, Neus & Ferrarezi, Rhuanito. (2021). Sap Analysis: A Powerful Tool for Monitoring Plant Nutrition. Horticulturae. 7. 426. 10.3390/horticulturae7110426.

[35] Bharadiya, Jasmin. (2023). Machine Learning and AI in Business Intelligence: Trends and Opportunities. International Journal of Computer (IJC). 123-134.

[36] Alshurideh, Muhammad & Al Kurdi, Barween & Masa'deh, Ra'Ed & Alzoubi, Haitham & Salloum, Said. (2023). The Whole Book - The Effect of Information Technology on Business and Marketing Intelligence Systems. 10.1007/978-3-031-12382-5.

[37] Yadav, Sonali & Shinde, Ashwini & Patil, Vishakha & Kamble, Swati & Kumari, Anita. (2024). Artificial Intelligence in Business and Industry. International Journal of Advanced Multidisciplinary Research and Studies. 4. 1096-1102. 10.62225/2583049X.2024.4.3.2906.

[38] Ren, Zhijun & Wang, Dongyun. (2008). Building a Business Intelligence Application with Oracle e-Business Suits 12. 10.1109/WiCom.2008.2525.

[39] Errattahi, Rahhal & fakir, Mohamed & Salmam, Fatima. (2014). Explanation in OLAP data cubes. Journal of Information Technology Research (JITR). 7. 63-78. 10.4018/jitr.2014100105.

[40] Thomas Wailgum. Nine business intelligence vendors to watch. March 2008. Retrieved on May 31, 2009 from http://www.cio.com/article/203900/Nine Business Intelligence Vendors to Watch.

[41] Lyndsay Wise. How can business intelligence benefit small to medium businesses? October 2007. Retrieved on May 30, 2009 from www.mymonthlyreports.com/content/archive/How\%20Can\%20Business\%20Intelligence\%20Benefit\%20Small\%20to\ %20Medium\%20Businesses.pdf.

International Journal of Innovation and Applied Studies
ISSN 2028-9324 Vol. 43 No. 2 Aug. 2024, pp. 285-292
© 2024 Innovative Space of Scientific Research Journals
http://www.ijias.issr-journals.org/

Diversity and Abundance of Marine Mollusca from coast of Damb (Sonmiani) Balochistan, Pakistan

Shazia Rasheed[1], Nazeer Ahmed[2], and Zahid Ali[3]

[1]Department of Marine Sciences, Faculty of Marine Sciences, Lasbela University, Agriculture, Waters and Marine Science, Balochistan, Pakistan

[2]Pakistan Agriculture Research Council, Agricultural Research Institute, Turbat, Balochistan, Pakistan

[3]Pakistan Agriculture Research Council, Coastal Agriculture Research Institute, Lasbela Balochistan, Pakistan

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

ABSTRACT: This research was focused on the molluscan diversity along the coast of Damb, Balochistan. 3 classes (Gastropoda, Bivalvia, and Cephalopoda) of phylum Mollusca were collected, identified and counted from this site from June-2022 to November 2022. 3 classes 23 families and 61species were identified from this site. A total 4818 specimens of molluscs were collected, among them 3283 (68%) specimens of 38 species of 16 families of class Gastropoda, while 1531 (31.56%) specimens of 22 species of 6 families of class Bivalvia were reported from this site. 14 specimens of 2 species of two families of class Cephalopod were collected. Simpson's Diversity Index (SDI) of gastropoda was about 0.1503 which shown the low diversity of gastropoda of this area. While Simpson's Diversity Index (SDI) of bivalvia was about 0.2795 which shown the high diversity of bivalvia of this site as compared to gastropoda. 3025 specimens of 6 species of family Potamididae of gastropoda was found in highest % of abundence which about (92.14%) of total collection of gastropoda. Family Tellinidae of class bivalvia with 3 species was found in highest % of abundence which about (84.64%) of total collection of bivalvia.

KEYWORDS: Diversity, Mollusca, Damb, occurrence, Simpson diversity Index (SDI).

1 INTRODUCTION

Molluscs provide a vital source of protein for human after fish [1]. Molluscs are benthic macro invertebrates and its play an important part in intertidal ecosystem [2]. It can be found in many parts of the biosphere such as ocean, brackish, freshwater and terrestrial areas. Molluscs are one of the most diverse phylum in terms of species diversity, showing a diverse variety of form, size, colour and shape. Their size range start from microscopic species to the massive squid (weighing about 270 kg). Molluscs generally have shells and this shell secreted by the mantle. Mantle is a visceral hump which is the main part of the molluscs. Foot and a radula are also main parts of the any molluscs' species. Molluscs are different from other phylum because they have these things, most of which are unique to the phylum Mollusca.

Phylum Mollusca consists of eight classes, all eight classes are represented in the sea with highest masses, followed by freshwater where only two groups (Gastropoda and Bivalvia), and terrestrial habitats where only class (Gastropoda) occurs. Molluscs are importance within food chains and as members of ecosystems. Certain species are of direct or indirect commercial and even medical importance to humans. Human being have been eating shellfish like clams, mussels and squid for at least 160,000 years as well as these objects are commercially important and valuable in different industries such as jewellary, food, medicinal and dyes preparation, cement industries and million tons of molluscan species are harvested yearly by countries for food and commercial purpose [3]. Molluscs are nutritive power houses due to rich in protein, minerals and healthy fats. They are also good for the oceans too.

Molluscs is grouped into two large groups of gastropoda and bivalvia that differ in the modification of their shells [4].Pakaenoni, 2019). Belly animals usually have a single shell folded in a circle. Without a clear skull, there are two wide tents, flat feet. The gums, which contain one or two fragments, breathe with one or two reproductive organs, placing internal or external fertilization. The shell of the bivalve class is symmetrical and has two parts that can be opened and closed. There are hollow teeth and connectors at the back of the shell. The coat of the right and left lobes is flattened. Two shell siphons are located at the rear. Bivalve gills are bowls of one or two pairs. Bivalves without head and jaw (radula). Reproductive organs are bipolar. In addition, the bivalve gonads open into the mantle cavity.

Regarding to Pakistan coastline the available published literature signifying information relating available molluscans, specially gastropod catches of commercial importance by several authors such as [5], [6], [7], [8], [9] and [10]. However, from Balochistan coast information's are very tapering in molluscan which includes some basic work formerly carried out by [11], [12], [13], [14]. Biologist focusing on molecular and (organizational studies for decades. The information should be useful for fisheries biologists as well as shell fisheries managers to determine the fishing efforts for this shellfishery from Pakistani waters. Taxonomical determination is the first step of any biological studies. Identification of

species level and study on diversity of Mollusca from Balochistan coast yet not carried out and update information on malacofauna is irregular and inadequate. The aim of this study to initiate this work along the coast of Lasbela Balochistan. Detailed survey of the coast of Damb was conduct with an objective to report on diversity and occurrence of mollusca.

2 MATERIALS AND METHODS

Samples were collected on monthly basis from coast of Damb, Sonmiani (25°09' N, 66°29' E) district Lasbela, Balochistan. The sites was thoroughly investigate for molluscan diversity and their distribution pattern. Samples of Molluscs were collected by two ways: 1. Collected as epifauna, (Molluscs living on the substrate); 2. Collected as infauna (Molluscs living in the substrate) taking the substrate upto15 cm depth.

Samples were collected by using hand picking method.The other tools including hamer, forceps, sieves, chisels were assisted to detach species from their substratum. Samples were also kept in different polythene bags even of the same site for comparative study of rock and sandy muddy sides of the coast. Samples was sorted and preserve 70% alcohol. Each sample was labeled with their detail like date, location and other important data. The samples were then put forward to the laboratory and were freeze to avoid spoiling of samples and to keep them fresh till the further investigation was done.Then samples were identified by references of [9], [15], and [16]. The index of World Register of Marine Species (WoRMS) [17] and Marine Molluscan fauna of the Pakistani coastal waters, was checked for the authenticity of species taxonomy and identification.

All identified sample were counted, and further statistical analysis was conducted. Molluscans samples were identified on the basis of chonchological characteristics such as shell characters, color and shap [18] also spire length & shape, mouth opening, opercula shape, umbilicus shape & size colour, and ornamentation of the shell were primarily used to identify the gastropoda. For bivalves shell were characters such adductor mucle scars, pallial line and no of lateral tooth were noticed to identify the species.

Quantitative analysis were conducted for the study of occurrence and diversity. For this purpose randomly three replicates quadrates of 1x1m^2 from each site was set, to detect the distribution and occurrence pattern of malacofauna in different coastal areas of Balochistan. Simpson's Diversity Index is a method to measure the diversity of species in a community. Diversity was calculated by Simpson diversity index equation as:

$$D = 1 - \Sigma n_i (n_i - 1) / N (N-1)$$

Where:

D: diversity of Index;
n_i: number of organisms of a particular species;
N: Total number of organisms of all species.

3 RESULTS AND DISCUSIONS

A total of 4818 specimens of molluscs were collected, counted, and identified from this site. 3283 (68%) specimens of 38 species of 16 families of Gastropoda were collected, while 1531 (31.56%) specimens of 21 species of 6 families of bivalvia were reported from this site. 14 specimens of 2 species of two families of Cephalopod were collected (Fig. 1).

Simpson's Diversity Index (SDI) of families of gastropoda was about 0.1503 which shown the low diversity of families of gastropoda of this area. While Simpson's Diversity Index (SDI) of bivalvia was about 0.2795 which shown the high diversity of bivalvia of this site as compared to gastropoda. Species richness of gastropoda and bivalvia were about 38 and 22 respectively.

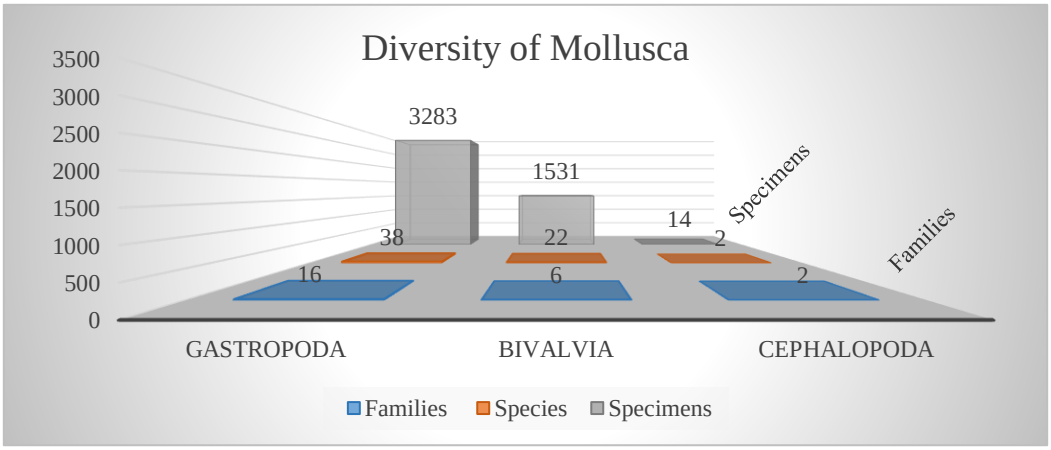


Fig. 1. Diversity and abundance of Marine Mollusca from Coast of Damb (Sonmiani), Balochistan

3.1 CLASS GASTROPODA

Gastropoda was reported in highest percentage of abundence about 68% of total collection of malacofauna from Damb. Species richness of this class was about 38 species of 16 families of 3283 specimens. Name of families and their species present in table I.

Table 1. Name of Families and species of class Gastropoda collected from Damb site

Families	Species
Neritidae Rafinesque, 1815	*Neritina comorensis* Morelet, 1877
	Nerita debilis Dufo, 1840
	N. albicilla Linnaeus, 1758
Fissurellidae Fleming, 1822	*Scutus antipodes* Montfort, 1810
Potamididae Adams and Adams, 1854	*Pirenella cingulata* (Gmelin, 1791)
	P. incisa (Hombron & Jacquinot, 1848)
	P. conica (Blainville, 1829)
	Terebralia sulcata (Born, 1778)
	T. palustris (Linnaeus, 1767)
	Cerithidea alata (Philippi, 1849)
Rostellariidae Gabb, 1868	*Tibia insulaechorab* Röding, 1798
Naticidae Guilding, 1834	*Neverita duplicata* (Say, 1822)
	N. didyma (Röding, 1798)
	Natica stellata Hedley, 1913
	N. royi Pin, 1992
	N. marchadi Pin, 1992
	Naticarius cruentatus (Gmelin, 1791)
Tonnidae Suter, 1913 (1825)	*Tonna dolium* (Linnaeus, 1758)
Muricidae Rafinesque, 1815	*Rapana venosa* (Valenciennes, 1846
	Purpura bufo Lamarck, 1822
	Murex trapa Röding, 1798
Babyloniidae Kuroda, 1971	*Babylonia spirata* (Linnaeus, 1758)
	B. japonica (Reeve, 1842)
Nassariidae Iredale, 1916(1835)	*Bullia natalensis* (F.Krauss, 1848)
Turridae Adams & Adams, (1838)	*Turricula javana* (Linnaeus, 1767)
Litiopidae	*Rissoa virgata* Philippi, 1849
Pyramidellidae Gray, 1840	*Obeliscus sanctaehelenae* Smith, 1890
PupillidaeTurton, 1831	*Pupoides albilabris* (Adams, 1841)
	P. myoporinae (Tate, 1880)
	P. adelaidae (Adams & Angas, 1864)
	Pupa coenopicta Hutton, 1834
Amphibolidae	*Salinator tectus* Golding, 2007
Tornatinidae P. Fischer, 1883	*Tornatella fumata* Reeve, 1865
Haminoeidae Pilsbry, 1895	*Haminoea antillarum* (d'Orbigny, 1841)
	H. hydatis (Linnaeus, 1758)
	H. vesicula (Gould, 1855)
	H. succinea (Conrad, 1846)
	Haloa natalensis (Krauss, 1848)

Table 2. SDI (Simpson's Diversity Index), Number and % of abundance of individuals (Indi.) and species of 16 different families of class Gastropoda in DAMB site from June 2022 to December 2022

Families	Jun. 22	Jul. 22	Aug. 22	Sep. 22	Oct. 22	Nov. 22	Total No.of Ind.	%	Total No.of Species	%
Neritidae	2	1	1	1	0	3	8	0.24	3	7.89
Fissurellidae	1	0	0	0	0	0	1	0.03	1	2.63
Potamididae	514	501	519	434	526	531	3025	92.14	6	15.79
Rostellariidae	3	1	1	8	0	1	14	0.43	1	2.63
Naticidae	1	0	2	2	1	19	25	0.76	6	15.79
Tonnidae	0	0	0	0	0	2	2	0.06	1	2.63
Muricidae	6	13	2	6	2	9	38	1.16	3	7.89
Babyloniidae	0	4	0	5	12	3	24	0.73	2	5.26
Nassariidae	2	0	0	0	0	0	2	0.06	1	2.63
Turridae	1	0	0	0	0	0	1	0.03	1	2.63
Litiopidae	0	0	0	0	0	30	30	0.91	1	2.63
Pyramidellidae	15	0	0	0	0	0	15	0.46	1	2.63
Pupillidae	0	0	0	0	0	60	60	1.83	4	10.53
Amphibolidae	0	0	0	0	0	25	25	0.76	1	2.63
Tornatinidae	7	0	0	0	0	0	7	0.21	1	2.63
Haminoeidae	0	0	0	0	0	6	6	0.18	5	13.16
Total	**552**	**520**	**525**	**456**	**541**	**689**	**3283**	**100**	**38**	**100**
%	**16.81**	**15.83**	**15.99**	**13.9**	**16.47**	**20.98**	**100**			
SDI	**0.132**	**0.071**	**0.023**	**0.09**	**0.054**	**0.395**	**0.1503**		**0.9246**	

Table II shows the SDI, % abundence of 16 families of Gastropoda which were collected from the Damb site from June 2022 to November, 2022. Family Potamididae with 6 species was found in highest % of abundence which about 3025 specimens (92.14%) of total collection of gastropoda. These species were *Cerithidea alata* (Philippi, 1849), *Pirenella conica* (Blainville, 1829), *Pirenella cingulata* (Gmelin, 1791), *Pirenella incisa* (Hombron & Jacquinot, 1848), *Terebralia palustris* (Linnaeus, 1767), *Terebralia sulcata* (Born, 1778). All 6 species were collected collected in every month in high quantity. Among these 6 species, *Pirenella conica* was found in high % of occurrence which was about 973 specimens (32.17%), than *Pirenella cingulate* was found in 24 % (754 specimens). *Cerithidea alata* was found in 15% of abundance, *Pirenella incisa* was in 13.17% and *Terebralia sulcata* was found in 13.32% of occurence. *Terebralia sulcata* was collected in least number which was about 0.33%. Second abundant family Pupillidae with 60 specimens of 4 species of was found only in Nov. 2022 in 1.83% of occurence. These species, *Pupoides albilabris* (40 specimens), *Pupoides myoporinae* (15 specimens), *Pupoides adelaidae* (01 specimen) and *Pupa coenopicta* (4 specimens) were collected. Family Muricidae with 38 specimens of 3 species was found in 1.16% of occurrence. One specimen of *Murex trapa* Röding, 1798 was collected in Nov.2022, while one specimen of *Purpura bufo* Lamarck, 1822 was found in June 2022. 36 specimens of *Rapana venosa* (Valenciennes, 1846) were collected in every months. Remaing all 13 families were found in less than 1% of abundance. 25 specimens (0.76%) of 6 species of family Naticidae were collected. These species were *Neverita duplicata* (Say, 1822), *N. didyma* (Röding, 1798), *Natica stellata* Hedley, 1913, *N. royi* Pin, 1992, *N. marchadi* Pin, 1992 *and Naticarius cruentatus* (Gmelin, 1791). All 13 specimens of *Natica stellata* were collected in Nov. 2022 while 6 specimens of *Neverita didyma* were collected in Oct and Nov. 2022. 15 specimens *Obeliscus sanctaehelen* of family Pyramidellidae were collected only in June 2022.

The lowest % of occurrence to be found in Fissurellidae and Turridae which was about 0.03% (one specimen). 6 Families namely, Tonnidae, Litiopidae, Pupillidae, Amphibolidae, Tornatinidae and Haminoeidae were found only one month in Nov.2022. Among them, family Haminoeidae have 5 species and six specimens while family Pupillidae have 4 species and 60 specimens and remaining 4 familes have only species.

Simpson's Diversity Index (SDI) of different families of Gastropoda in different months from Damb site shown in fig 2. Highest SDI was observed in Nov 2022 which was about 0.3947 and lowest SDI in August 2022 with 0.0227. 11 families were collected in November 2022, while only five families were found in August. Second highest SDI seen in June 2022 with 0.1321. Remaing all four months had below 0.1 values of SDI which were about 0.0711 in July, 0.0937 in September and 0.0543 in October, 2022.

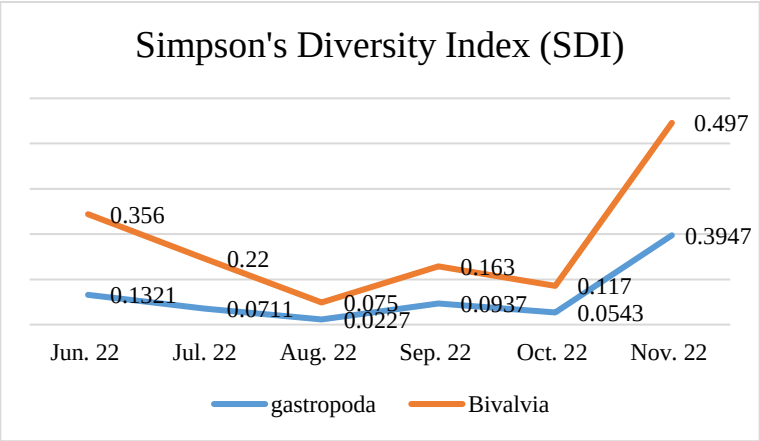


Fig. 2. Simpson's Diversity Index (SDI) of different families of Gastropoda and Bivalvia in different months from Damb site

3.2 CLASS BIVALVIA

Bivalvia was reported in second highest percentage of abundence which was about 31.56% of total collection of malacofauna from Damb. Species richness showed that less diversified class which were about 22 species of 6 families of 1531 specimens. Name of families and their species presented in table III.

Table 3. Name of 6 Families and Species of class Bivalvia from Damb site

Families	Species
Mytilidae Rafinesque, 1815	*Perna canaliculus* (Gmelin, 1791)
Arcidae Lamarck, 1809	*Anadara trapezia* (Deshayes, 1839)
	A. transversa (Say, 1822)
Ostreidae Rafinesque, 1815	*Crassostrea (Magallana) saidii* Wong & Sigwart, 2021
	C. belcheri Sowerby, 1871
	Saccostrea malabonensis (Faustino, 1932)
	S. glomerata (Gould, 1850)
	S. cucullata (Born, 1778)
Solenidae Lamarck, 1809	*Solen marginatus* Pulteney, 1799
Tellinidae Blaninville, 1814	*Macoma nasuta* (Conrad, 1837)
	M. petalum (Valenciennes, 1821)
	Limecola balthica (Linnaeus, 1758)
Veneridae Rafinesque, 1815	*Protapes cor (Sowerby, 1853)*
	Anomalocardia flexuosa (Linnaeus, 1767)
	Agriopoma catharium (Dall, 1902)
	Tivela stultorum (Mawe, 1823)
	Clementia papyracea (Gmelin, 1791)
	Callista chione (Linnaeus, 1758)
	Pitar (Pitarina) citrinus (Lamarck, 1818)
	Katelysia scobinellata (Lamarck, 1805)
	Marcia hiantina (Lamarck, 1818)

Table 4. SDI (Simpson's Diversity Index), Number and % of abundance of individuals (Indi.) of 22 species of 6 different families of class Bivalvia in DAMB site from June 2022 to December 2022

Families	Jun. 22	Jul. 22	Aug. 22	Sep. 22	Oct. 22	Nov. 22	Total No. of Ind.	%	Total No. of Species	%
Mytilidae	0	1	0	0	0	10	11	0.72	1	4.55
Arcidae	17	3	0	1	2	6	29	1.89	2	9.09
Ostreidae	4	8	2	6	0	2	22	1.44	5	22.73
Solenidae	0	2	2	1	0	0	5	0.33	1	4.55
Tellinidae	214	218	227	209	213	206	1287	84.06	3	13.64
Veneridae	36	15	5	12	12	97	177	11.56	10	45.45
Total	**271**	**247**	**236**	**229**	**227**	**321**	**1531**	**100**	**22**	**100**
%	**17.7**	**16.1**	**15.41**	**14.95**	**14.82**	**21**	**100**			
SDI	**0.356**	**0.22**	**0.075**	**0.163**	**0.117**	**0.5**	**0.721**		**0.7445**	

SDI, % abundence of 6 families of bivalvia which were collected from the Damb site from June, 2022 to November, 2022 shown in Table IV. Family Tellinidae with 3 species was found in highest % of abundence which about (84.64%) of total collection of bivalvia. These species were *Macoma nasuta* (Conrad, 1837), *Macoma petalum* (Valenciennes, 1821) and *Limecola balthica* (Linnaeus, 1758). All these 3 species were collected in every month in high quantity, among these 3 species, *Macoma nasuta* was found in high % of occurrence which was about 658 specimens than *Limecola balthica* was found with 399 specimens and *Macoma petalum* was found in 230 specimens. Second abundant family Veneridae with 177 specimens of 10 species was collected during study period. 85 specimens of *Marcia opima* (Gmelin, 1791) was collected in July, September and Novemer 2022 and than 38 speciemens of *Protapes cor* (Sowerby, 1853) were collected in June and August 2022. *Katelysia scobinellata* (Lamarck, 1805) was found with 23specimens than *Clementia papyracea* (Gmelin, 1791*)* was found with 15 speciemens and than *Anomalocardia flexuosa* (Linnaeus, 1767) with 14 specimens. Remaining 5 species, namely: *Callista chione* (Linnaeus, 1758), *Pitar (Pitarina) citrinus* (Lamarck, 1818), *Agriopoma catharium* (Dall, 1902), *Tivela stultorum* (Mawe, 1823) and *Marcia hiantina* (Lamarck, 1818) were found in 4,3,2,2, and 1specimens, respectively. Family Ostreidae was found with 22 specimens of 5 species in 1.45% of occurrence. These 5 species were *Saccostrea cucullata* (Born, 1778), S. *glomerata* (Gould, 1850), *S. malabonensis* (Faustino, 1932), *Crassostrea (Magallana) saidii* Wong & Sigwart, 2021 and *C. belcheri* Sowerby, 1871. 11 specimens of *Saccostrea cucullata* were collected in July, September, and November 2022 while 8 specimens of S. *glomerata* were collected everu month except October 2022. One specimen of *S. malabonensis, Crassostrea (Magallana) saidii* and *C. belcheri* were collected only in June 2022.

Remaing 3 families were found in less than 2% of abundance. 29 specimens (1.45%) of 2 species of family Arcidae were collected. These species were *Anadara trapezia* (Deshayes, 1839) and *Anadara transversa* (Say, 1822). 24 specimens of *Anadara trapezia* were collected in four monts except July and August 2022 and 5 specimens of *A. transversa* were collected in June and July 2022. 5 specimens of *Perna canaliculus* (Gmelin, 1791) of family Mytilidae was collected in July and Nov 2022. The lowest % of occurrence to be found in family Solenidae which was about 0.33%. One species *Solen marginatus* Pulteney, 1799 with 5 specimens were collected in three months July to September 2022.

Simpson's Diversity Index (SDI) of different families of class Bivalvia in different months from Damb site shown in fig 2. Highest SDI was observed in Nov 2022 which was about 0.497and lowest SDI in August 2022 with 0.075. Second highest SDI seen in June 2022 with 0.356 than 0.22, 0.163 and 0.117 in July, September and October, respectively.

3.3 CLASS CEPHALOPODA

2 specimens of *Sepia officinalis* Linnaeus, 1758 of family Sepiidae Keferstein, 1866 of Class Cephalopoda were found in September and November 2022. 12 specimens of *Cycloteuthis sirventi* Joubin, 1919 of family Cycloteuthidae, Naef, 1923 were collected every month of study period. % abundence of 2 families of class cephalpoda which were collected from the Damb site from June, 2022 to November, 2022 shown in Table V.

Table 5. Number and % of abundance of individuals (Indi.) of 2 species of 2 different families of class Cephalopoda in DAMB site from June 2022 to December 2022

Families		Jun. 22	Jul. 22	Aug. 22	Sep. 22	Oct. 22	Nov. 22	Total No.	%
Sepiidae Keferstein, 1866	*Sepia officinalis* Linnaeus, 1758	0	0	0	1	0	1	**2**	**14.29**
Cycloteuthidae, Naef, 1923	*Cycloteuthis sirventi* Joubin, 1919	2	3	2	1	3	1	**12**	**85.71**
Total		**2**	**3**	**2**	**2**	**3**	**2**	**14**	**100**
%		14.29	21.43	14.29	14.29	21.43	14.29	100	

Taxonomical determination was the first step for this study. Total 3 classes 23 families and 62 species were identified from this site. Species richness of gastropoda, bivalvia and cephalpoda were about 38, 22 and 2, respectively. Family Potamididae of calss Gastropoda with 6 species was found in highest % of abundance which about (92.14%) of total collection from Damb. All 6 species were collected in every month in high quantity. 6 species of family Naticidae of Gastropoda also recorded from this site. Family Tellinidae with 3 species was found in highest % of abundence which about (84.64%) of total collection of bivalvia from Damb. These species were *Macoma nasuta* (Conrad, 1837), *M. petalum* (Valenciennes, 1821) and *Limecola balthica* (Linnaeus, 1758). All these 3 species were collected in every month in high quantity, among these 3 species, 658 specimens of *M. nasuta* was collected than *Limecola balthica* was found with 399 specimens and 230 specimens of *M. petalum.* 5 species of family Ostreidae of class Bivalvia was reported from Damb. 2 species of family Sepiidae Keferstein, 1866 of Class Cephalopoda were collected from this site.

Ref. [9] described a total of 1149 species of 5 classes of Mollusca from all over the Pakistan coast. They were found 9 species of Polyplacophora, 16 species of Scaphopoda, 713 species of Gastropoda, 349 species of Bivalvia and 62 species of Cephalopoda species from all over Pakistan. During the present study it was observed that the *Macoma nasuta* (family Tellinidae) species occurs in greater numbers as compare to other species in this area of Balochistan coast. Along the shore of Balochistan, a few genera of the phylum mollusca have been discovered. *Mitra sp.* were found by [11] and [19]. *Cerithium sp.* and *Thais* sp. were found by [20] and [21], who found these species in Jiwani, Balochistan. These species were also reported by Gondal [19] from Balochistan. 14 specimens of 2 species *Cycloteuthis sirventi* and *Sepia officinalis* were collected from Damb site.

Comparison of Simpson's Diversity Index (SDI) of different families of Calss Gastropoda and Bivalvia in different months from Damb site are interesting that highest SDI of Gastropda and Bivalvia were observed in Nov 2022 and lowest SDI in August 2022. Average Simpson's Diversity Index (SDI) of families of gastropoda was about 0.1503 which shown the low diversity while SDI of Bivalvia was about 0.2795 which shown the high diversity as compared to gastropoda of this site.

REFERENCES

[1] Khan, B.M. and Liu, Y. 2019. Mariner mollusks: food with benefits. *Compr. Rev. Food Sci.Food saf.,* 18 (2): 548-564.

[2] Rajendra, S. and Sivaperuman, C. (2020). Distribution of Intertidal Molluscs (Gastropoda, Bivalvia) from selected sites of North Andaman Island, India. *Journal of the Andaman Science Association;* 25 (1): 94-111.

[3] Brusca, R.C., Findley, L. T., Hastings, P. A., Michel, E. H., Jorge, T. C. A. and Albert, M. H. (2005). *Macrofaunal Diversity in the Gulf of California.* In: Biodiversity, Ecosystems, and Conservation in Mexico (Eds. Jean, L. and Cartron, E.): 179-203.

[4] Pakaenoni, G. 2019. Studi komunitas filum Mollusca di zona intertidal pantai sukaerlaran Desa Kenebibi Kecamatan Kakuluk Mesak Kabupaten Belu. Saintekbu: *Journal Sains dan Teknologi,* 11 (2), 21-27.

[5] Tirmizi, N. M. and Zehra, I. (1982). *Illustrated key to families of Pakistani marine molluscs.* Marine Invertebrate Reference Collection Centre, University of Karachi, Karachi.Pakistan.

[6] Moazzam, M., & Ahmed, J. (1994). Prospects of development of molluscan fisheries in Pakistan. In Proceedings of national seminar on fisheries policy and planning (Eds. Majid, A., Khan, MY, Moazzam, M. and Ahmed, J.). Marine Fisheries Department, Govt. of Pakistan (pp. 41-76).

[7] Kazmi, Q. B., Naushaba, R., 2004. Some observations on the animals at Clifton beach, Karachi after the oil spill from Tasman Spirit. *Proc. Pak. Cong. Zool*. 24, 85–98.

[8] Barkati, S., Rahman, S. (2005). Species composition and faunal diversity at three sites of Sindh Mangroves. *Pak. J. Zool*. 37, 17-31.

[9] Kazmi, Q. B, Moazzam, M. and Sultana R. (2019). Marine Molluscan fauna of the Pakistani coastal waters. 467 pp. Marine Reference Collection Center, University of Karachi.

[10] Khanum, S. Iqbal, F., Kazmi, Q. B. and Khan, M.U. (2020). *Melanoides tuberculata* (Muller, 1774) (Mollusca: Prosobranchia: Thiaridae): Occurrence and extension of the gastropod to Karachi Mangroves. FUUAST.J.Biol. 10 (2): 137.140.

[11] Khan, M. D., & Dastagir, S. G. (1971). On the mollusca: gastropod fauna of Pakistan. *Rec. Zool. Surv., Pakistan, 1,* 17-130.

[12] Afsar, N., Siddiqui, G., and Ayub, Z. (2012). Update of record of selected Prosobranch Gastropoda species found along the coast of Sindh and Balochista, Pakistan. *Pak. J. Zool.*; 44 (1): 267-275.

[13] Ghani. A and Afsar, N. (2017). New record of two Flag pen shells (Mollusca: Bivalvia) from3 Bandri beach, Jiwani coast, Pakisatan. *Int. J. Biol. Biotech.,* 14 (1): 75-78.

[14] Gondal, M.A., Waheed, Q., Tariq, S., Haider, W., Khan, A., Rasib, Q. and Ahmed, H. (2020). Morpho-Ecological Study of Freshwater Mollusks of Margalla Foothills, Pakistan. *Pak. J. Zool*., 52 (3): 863-874.

[15] Roberts, D., Soemodihardjo, S., Kastoro, W., (1982). Shallow water marine molluscs of North-West Java, pp. 143, P3O – LIPI, Jakarta.

[16] FAO species identification guide for fishery purposes, (2009). The living marine resources of the Western Central Pasific: Volume 1, Seaweeds, corals, bivalves and gastropods. Carpenter, K. E., Niem V. H (eds.), pp. 1-686. *Food and Agriculture Organization of the United Nations,* Rome, Italy.

[17] World Register of Marine Species: http://www.marinespecies.org/aphia.php?p=taxdetails&id=507566.

[18] Baharuddin, N., Basri, N. B. and Syawal, N.H. 2018. Marine gastropods (Gastropoda: Mollusca) diversity and distribution on intertidal rocky shores of Terengganu, Peninsular Malaysia. *AACL Bioflux,* 11 (4): 1144-1154.

[19] Gondal, M. A., Sahar, N. and Qureshi, N.A. (2012). Diversity and biomass distribution ofintertidal fauna in Sonmiani bay (Miani Hor), Balochistan (Pakistan). *Egypt. Acad. J. Biolo. Sci*., 4 (1): 219-234.

[20] Ghani, A., Afsar, N., & Rahman, S. (2017). Quantitative Analysis of Macrobenthic Molluscan Populations Inhabiting Bandri Area of Jiwani, South West Pakistan Coast. *Jordan J. Biol. Sci,* 10: 281-287.

[21] Ghani, A. Afsar, N. (2018). New report of *Tutufa bardeyi* (Jousseaume, 1881) (mollusca: Gastropoda) from jiwani coast, Pakistan. *Int. J. Biol. Biotech.,* 15 (1): 163-166.

International Journal of Innovation and Applied Studies
ISSN 2028-9324 Vol. 43 No. 2 Aug. 2024, pp. 293-303
© 2024 Innovative Space of Scientific Research Journals
http://www.ijias.issr-journals.org/

Tarification d'un contrat de Réassurance: Cas d'un portefeuille d'assurance Habitation

[Pricing of a Reinsurance Contract: Case of a Home Insurance Portfolio]

Youssef Diouri and Jamal Zahi

Laboratoire de Modélisation Mathématique et de Calcul Economique, Faculté d'Economie et de Gestion, Université Hassan 1er, Settat, Morocco

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

ABSTRACT: Insurance, as a fundamental pillar of the economy, offers essential financial protection against a multitude of unforeseen events. This research focuses on home insurance, a sector where guaranteed amounts significantly increase insurers' exposure to risk. Insurers commit to covering financial losses in exchange for premiums, but accurately estimating the likely indemnity burden remains a challenge due to the random nature of events such as fires or property damage. Misjudging these risks can lead to severe financial consequences and compromise insurers' solvency. To manage these risks and ensure their solvency, insurers turn to reinsurance, which allows them to cap their commitments, stabilize their financial results, and comply with regulatory requirements. The primary objective of this study is to develop a pricing model for reinsurance contracts, enabling insurers to better negotiate with their reinsurers. Before concluding a reinsurance agreement, insurers must conduct their own pricing to assess the costs and benefits of potential treaties. This involves modeling the annual number of claims and associated costs using various statistical laws and applying Monte Carlo simulation, a robust method for solving complex numerical problems. This study aims to provide insurers with a comprehensive tool to evaluate reinsurance contracts, ensure balanced financial results, and thus enhance their ability to protect policyholders against unforeseen losses.

KEYWORDS: Monte Carlo simulation; risk; management; statistical laws; liability;

RESUME: L'assurance, en tant que pilier fondamental de l'économie, offre une protection financière essentielle contre une multitude d'événements imprévus. Cette recherche se concentre sur l'assurance habitation, un secteur où les montants garantis augmentent considérablement l'exposition au risque des assureurs. Les assureurs s'engagent à couvrir les pertes financières en échange de primes, mais estimer précisément le fardeau d'indemnisation probable reste un défi en raison de la nature aléatoire des événements tels que les incendies ou les dommages matériels. Une mauvaise évaluation de ces risques peut entraîner des conséquences financières graves et compromettre la solvabilité des assureurs. Pour gérer ces risques et garantir leur solvabilité, les assureurs recourent à la réassurance, qui leur permet de plafonner leurs engagements, de stabiliser leurs résultats financiers et de se conformer aux exigences réglementaires. L'objectif principal de cette étude est de développer un modèle de tarification pour les contrats de réassurance, permettant aux assureurs de mieux négocier avec leurs réassureurs. Avant de conclure un accord de réassurance, les assureurs doivent effectuer leur propre tarification pour évaluer les coûts et les bénéfices des traités potentiels. Cela implique de modéliser le nombre annuel de sinistres et les coûts associés à l'aide de diverses lois statistiques et d'appliquer la simulation de Monte Carlo, une méthode robuste pour résoudre des problèmes numériques complexes. Cette étude vise à fournir aux assureurs un outil complet pour évaluer les contrats de réassurance, assurer des résultats financiers équilibrés, et ainsi renforcer leur capacité à protéger les assurés contre les pertes imprévues.

MOTS-CLEFS: simulation Monte Carlo, management, risque, lois statistiques, engagement.

Corresponding Author: Youssef Diouri

1 INTRODUCTION

L'assurance est un pilier majeur de l'économie, offrant une protection contre les événements imprévus et permettant aux particuliers et aux entreprises de se prémunir contre des pertes financières potentiellement dévastatrices [1]. Les produits d'assurance couvrent un large éventail de risques, des accidents de voiture aux catastrophes naturelles, en passant par la maladie et la responsabilité civile. En effet, l'assureur s'engage à couvrir financièrement l'assuré pendant une période spécifique en cas de survenance d'un événement prédéterminé conformément au contrat [1], en échange de la réception d'une somme appelée "prime d'assurance" [2].

L'éventail des événements aléatoires qu'une compagnie d'assurance s'engage à gérer (comme le décès d'une personne ou l'impact d'un incendie sur une propriété) peut conduire à une sous-estimation de la charge d'indemnisation probable. Cela pourrait entraîner des conséquences financières significatives et peser lourdement sur la solvabilité de l'assureur.

Cet article se concentre sur le produit d'assurance-habitation, Ce type d'assurance garantit des montants importants, augmentant l'exposition de l'assureur au risque, notamment en cas de déviation du ratio de sinistralité.

Le défi majeur de toute compagnie d'assurance est de garantir sa solvabilité. Ainsi, de la même manière qu'un assuré s'adresse à un assureur pour se prémunir contre un risque auquel il ne peut faire face tout seul, l'assureur, à son tour, se protège contre divers aléas en recourant au mécanisme de la réassurance. En effet, le recours à la réassurance s'avère indispensable puisqu'il permet à l'assureur de plafonner ses engagements, de stabiliser son résultat mais également de s'accommoder aux exigences des autorités de tutelles concernant sa solvabilité.

L'objectif principal de cette étude est de permettre la tarification du contrat de réassurance pour permettre à l'assureur de mieux négocier avec son réassureur. En effet, avant toute souscription, l'assureur est amené à faire sa propre tarification afin d'apporter son propre jugement vis-à-vis de l'acceptation ou non d'un éventuel traité. En effet, cette opération lui permettra d'apprécier les coûts engendrés par le contrat et d'évaluer dans quelle mesure ce dernier lui apportera des résultats équilibrés compte tenu du tarif qu'elle devrait céder. Pour ce faire, nous allons modéliser le nombre de sinistres annuels et la charge associée, en utilisant différentes lois statistiques pour recourir par la suite à l'application de la simulation de Monte Carlo qui est l'une des méthodes les plus robustes pour résoudre des problèmes numériques complexes.

2 MÉTHODOLOGIE DE RECHERCHE

2.1 LA RÉASSURANCE

La réassurance peut être définie comme un accord par lequel un réassureur s'engage à rembourser un assureur, appelé "cédant", moyennant une rétribution appelée "prime de réassurance", pour tout ou partie des montants dus ou versés par l'assureur à ses assurés en cas de sinistre, selon des conditions spécifiques.

Ce transfert de risque permet à l'assureur de réduire ses risques qu'il a souscrits, sachant que le seul responsable vis-à-vis de l'assuré étant l'assureur.

L'un des types de traités qui est le plus utilisé en réassurance est appelé l'excédent de sinistre, appelé « XS » et qui fera l'objet de notre étude.

- **L'excédent de sinistre**

Dans ce type de traité, le réassureur s'engage à rembourser la cédante pour les montants dépassant la franchise à hauteur d'une certaine portée.

Le schéma ci-après illustre la zone protégée et non protégée pour un XS de franchise F et de portée C. La limite L étant F+C.

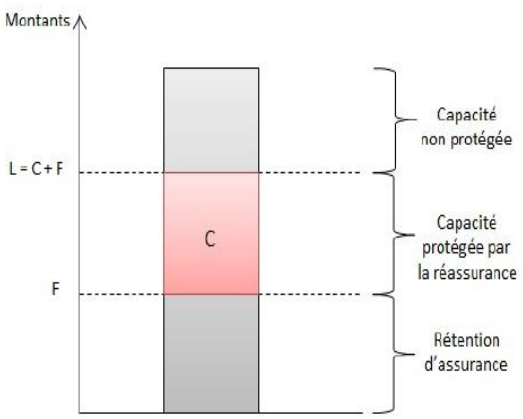


Fig. 1. Zone protégée par l'XS

Par convention, on note le l'XS par Portée XS Priorité.

Si on considère un XS de franchise F et de portée P, l'intervention du réassureur dans le sinistre ayant comme montant X_i est à hauteur de:

$$X_i^{Reass} = \min(\max(X_i - F, 0), P)$$

A titre illustratif, le schéma suivant illustre la part supportée par chacun d'entre l'assureur et le réassureur pour un 20000 XS 30000:

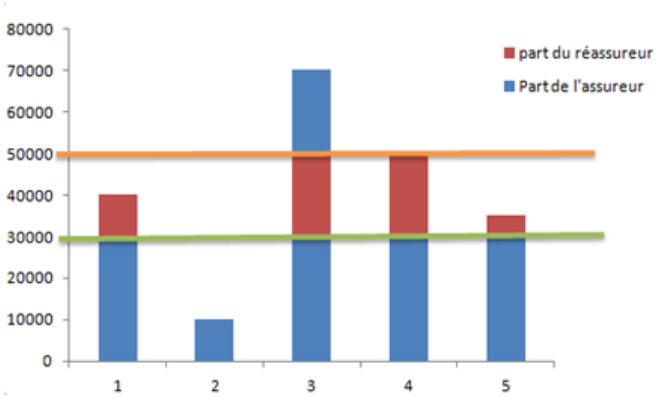


Fig. 2. Part supportée par l'assureur après convention par l'XS

2.2 LE MODÈLE COLLECTIF DU RISQUE

Nous définissons la variable aléatoire S comme étant le montant total des réclamations découlant d'un risque sur une année.

Soit la variable aléatoire N qui représente le nombre de réclamations du risque au cours de cette année.

Et soit la variable aléatoire Xi qui représente le montant de la i^{ème} réclamation. Le montant total des réclamations agrégées est simplement la somme des montants de réclamation individuels. Par conséquent, nous pouvons écrire [3]:

$$S = \sum_{i=1}^{N} X_i$$

Nous faisons deux hypothèses importantes:

- Tout d'abord, nous supposons que {Xi} i =1,..., ∞ est une séquence de variables aléatoires indépendantes et identiquement distribuées
- Deuxièmement, nous supposons que la variable aléatoire N est indépendante de {Xi} i =1,..., ∞

Dans le cadre d'un contrat de reassurance de type XS nous avons:

Considérons un traité $pXSf$

Si on note:

- $N_{\square}$: Le nombre de sinistres annuel ;
- $X_{i\square}$: Le coût du sinistre;
- $X_i^{reass} X_i^{reass}$: Le coût à charge du réassureur relatif à l'i-ème sinistre;
- S^{reass} : Charge totale annuelle du réassureur

Nous avons:

$$X_i^{reass} = \min(\max(0, X_i - f), p)$$

$$S^{reass} = \sum_{i=1}^{N_{\square}} X_i^{reass}$$

Ainsi, la tarification du contrat de réassurance revient au calcul de $E(S^{reass}).E(S^{reass})$

2.3 LA DISTRIBUTION DU MODÈLE

L'objectif de cette partie est de construire un modèle probabiliste pour représenter S^{reass}, la charge globale.

Le modèle nécessiterait un composant qui modélise le nombre de sinistres et un autre qui modélise les montants de ces sinistres. (2)

Pour ce qui est de la fréquence: les deux modèles les plus connus étant: la loi de poisson et la loi binomial négative. On cherchera le modèle le plus adapté dans notre cas via des tests de validation.

Dans la suite dans la partie pratique on va opter pour la loi de poisson qui a comme probabilité:

$$p(k) = P(X = k) = \frac{\lambda^k}{k!} e^{-\lambda}$$

L'espérance étant μ = λ.

Le choix de la distribution du montant d'un sinistre est crucial dans la modélisation du risque supporté par l'assureur. En actuariat, pour modéliser le comportement aléatoire de la sévérité, on a généralement recours à une loi continue avec un support appartenant à R^+R^+.

Pour ce qui est de la sévérité: les lois continues les plus utilisés sont: log normale, exponentielle, pareto, gamma et weibull. On va démontrer dans la partie pratique que la loi de log normale est la plus adaptée.

Dans ce cas, si X suit une distribution lognormale LN (μ, σ), alors ln (X) suit une distribution normale N (μ, σ2), avec μ = E (X). Pour ce qui est de la fonction de densité, on a [5]:

$$f(x|\mu, \sigma) = \frac{1}{x\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(\ln(x)-\mu)^2}{2\sigma^2}}$$

- X > 0 est la variable aléatoire,
- μ la moyenne de la distribution de la variable logarithmique,
- σ l'écart type de la distribution de la variable logarithmique.

2.4 TEST D'AJUSTEMENT

Afin de choisir la loi qui ajuste au mieux les données, nous utilisons les tests d'hypothèse permettant de prendre une décision au détriment d'une autre.

2.4.1 LOI DE DISTRIBUTION DU NOMBRE DE SINISTRES

Pour trancher entre le choix d'une loi Poisson ou Binomiale négative, il est naturel de penser à comparer entre la fréquence et variance empirique des données puisqu'en cas d'égalité entre ces deux moments, nous pensons directement à l'équi-dispersion qui constitue la caractéristique principale d'une loi Poisson.

Dans ce sens, deux tests d'hypothèses seront analysés: le test de sur-dispersion basé sur la statistique liée à l'indice de dispersion de Fisher et le test du rapport de vraisemblance [7].

Pour trancher entre le choix d'une loi Poisson ou Binomiale négative, il est naturel de penser à comparer entre la fréquence et variance empirique des données puisqu'en cas d'égalité entre ces deux moments, nous pensons directement à l'équi-dispersion qui constitue la caractéristique principale d'une loi Poisson.

Dans ce cadre, deux tests d'hypothèses seront analysés: le test de sur-dispersion basé sur la statistique liée à l'indice de dispersion de Fisher et le test du rapport de vraisemblance.

- **Test de sur dispersion**

L'hypothèse testée est la suivante:

$$H_0 : E(N) = V(N)\ Contre\ V(N) >\ E(N)$$

$$H_0 : E(N) = V(N) Contre V(N) > E(N)$$

En d'autres termes, l'existence de sur-dispersion ou son absence.

La statistique T pour estimer l'indice de dispersion qui est égale à $\frac{V(N)}{E(N)}$ est:

$$T = \frac{\frac{(n-1)\bar{S}^2}{n}}{\bar{X}}$$

Avec $\bar{X}$ et $\bar{S}^2$ respectivement la moyenne et la variance empirique de la loi de fréquence N..

Sous l'hypothèseH_0, Hoel (1943) a montré que la statistique nT, connue sous le nom d'indice de dispersion de Fisher, est asymptotiquement distribuée comme une loi de khi 2 à $n-1$ degrés de liberté avec n le nombre d'observations de N.

- **Test du rapport de vraisemblance**

Le test de rapport de vraisemblance permet de tester si l'échantillon de N suit une distribution donnée contre une distribution alternative. Dans cette étude, on s'intéressera a tester l'hypothèse suivante:

$$H0 : N\ suit\ une\ loi\ poisson\ vs\ H1 : N\ suit\ une\ loi\ binomiale\ négative$$

La statistique du rapport de vraisemblance est donnée par:

$$T = 2(\mathrm{LN}(L_1) - \mathrm{LN}(L_0))$$

Avec:

- L_0: La vraisemblance de la loi de poisson
- L_1: La vraisemblance de la binomiale négative

La statistique T tend asymptotiquement en loi vers une loi du Khi-deux à un degré de liberté.

2.4.2 LOI DE DISTRIBUTION DE LA CHARGE

Puisqu' il s'agit des lois continues, nous testons l'ajustement par le biais des tests suivants: Kolmogorov – Smirnov et Anderson – Darling.

Kolmogorov – Smirnov Test

Le test d'ajustement de Kolmogorov – Smirnov est un test non paramétrique basé sur la distance maximale entre une fonction de répartition théorique et la fonction de répartition empirique de l'échantillon. (7)

Il permet de tester l'hypothèse H_0 selon laquelle les données observées sont engendrées par une loi de probabilité théorique considérée comme étant un modèle convenable.

Nous considérons ainsi une variable aléatoire X de fonction de répartition F_x, que nous voulons comparer à une fonction de répartition théorique F_0 continue.

Nous testons alors:

$$H_0: F_x(x) = F_0(x)\ \forall\ x \text{ Contre } \exists x\ F_x(x) \neq F_0(x)$$

Soit $\{X_1, X_2 \ldots . X_n\}$ un n – échantillon de X, la fonction de répartition empirique F_n associée à cet échantillon est:

$$F_n\ (x) = 1/n \sum_(i = 1)\text{^}n \text{▒} 1_(] - \infty, x]) \ (X_i\ )$$

$F_n(x)$ la proportion des observations dont la valeur est inférieure ou égale à x.

L'écart entre les valeurs observées et les valeurs théoriques du modèle déduites de la fonction de répartition F_0 peut donc être mesuré par la variable aléatoire:

$D_n = sup_{x \in x}|F_n(x) - F_0(x)|$ statistique D_n tend asymptotiquement vers une loi du Khi-deux à n-1 degré de liberté.

Test d'Anderson-Darling

Le test d'Anderson-Darling est basé sur le calcul d'une distance entre la fonction de distribution empirique et la fonction ajustée définie comme suit:

$$A_n{}^2 = n * \int_{-\infty}^{+\infty} [\ F_x(x) - F_0(x)]^2 * \frac{1}{F_0(x) * [1 - F_0(x)]} * dF(x)$$

Bien que le test d'Anderson Darling et le test de Kolmogorov ont la même application, la différence entre eux réside dans le fait que pour le deuxième test seul l'écart maximum entre la distribution empirique et la distribution d'ajustement compte, alors que l'indicateur d'écart du premier test capte mieux l'ensemble des données dans la mesure où toute la somme des écarts intervient. On peut donc déduire que le test de Kolmogorov est beaucoup plus sensible à l'existence de points aberrants dans un échantillon que le test d'Anderson Darling.

2.5 SIMULATION MONTE CARLO

Les techniques de simulation sont fort utiles lorsque la complexité du modèle envisagé rend extrêmement difficile toute approche analytique (8).

Une fois avoir générer les variables aléatoires par une loi donnée, la méthode de Monte Carlo consiste à approcher E (X) par la moyenne empirique des simulations de la variable aléatoire X: (loi des grands nombres)

$$\bar{X} = \frac{1}{Nombre - simulations} \sum_{i=1}^{Nombre-simulations} x_i \xrightarrow[Nombre-simulations \to \infty]{} E(X)$$

3 RÉSULTATS ET DISCUSSION

3.1 PRÉPARATION DES DONNÉES

L'objectif de cette étude est d'évaluer le contrat de réassurance selon le niveau de risque à céder au réassureur. On va valoriser le traité actuel XS avec une franchise de 30 000 $ et une limite de 1,2 Millions $ relatif au portefeuille d'assurance-habitation avant de procéder à une simulation des tarifs du traité selon la configuration choisie. Ce portefeuille regroupe 23 650 assurés.

Pour quantifier le risque, il est nécessaire d'analyser la sinistralité passée afin de modéliser celle future [9]. Dans ce cadre on se basera sur une base de données sinistre qui est dotée de ses informations suivantes historique de 8 ans de 2015 à 2022 qui intègre les données suivantes: date de survenance, l'identifiant du sinistre, montant du sinistre [10].

Cependant Pour que les données historiques soient comparables entre elles quel que soit leur année de survenance, nous procéderons à une opération qui s'appelle mise en situation « As If » et consiste à:

- Actualiser le montant du sinistre en se basant sur le taux d'inflation entre l'année de survenance et l'année de cotation soit 2023. On retient les taux annuels suivants enregistrés au Maroc :

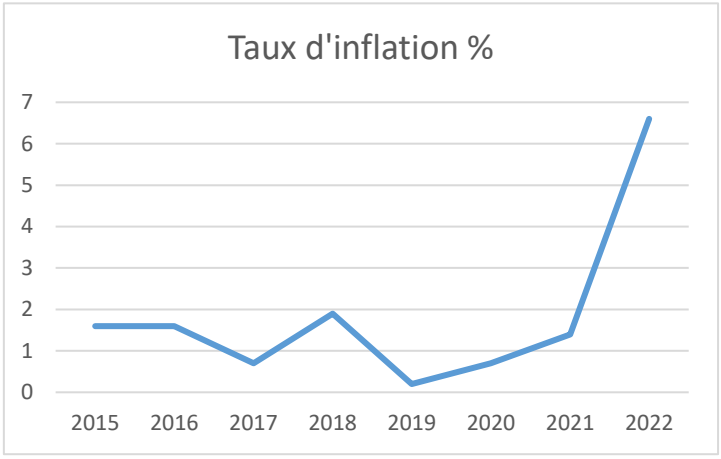


Fig. 3. Taux d'inflation annuels

En se basant sur les taux d'inflations représentés ci-dessus, nous revalorisons chaque sinistre X comme ce qui suit:

$$X_{\square}{}^{As\ if} = X_{\square}{}^{\square} * \prod_{K=j}^{n}(1 + r_k)$$

Avec:

- n : L'année de cotation-1 (2022 pour notre cas)
- r_k L'indice d'inflation de l'année k
- J: L'année de survenance

- Actualiser le nombre de sinistres annuels en supposant l'existence d'une relation de proportionnalité entre le nombre de sinistres survenu annuellement et le nombre d'adhérents par exercice, d'où l'expression suivante :

$$n_k{}^{As\ if} = n_{adh_{2023}} * \frac{n_k}{n_{adhe_k}}$$

Avec:

- n_k : Nombre de sinistres relatif à l'année k
- $n_k{}^{As\ if}$: Nombre de sinistres As if
- n_{adhe_k} : Nombre d'adhérents de l'année k

Le graphe ci-après représente les fréquences et les charges totales revalorisées entre 2015 et 2022:

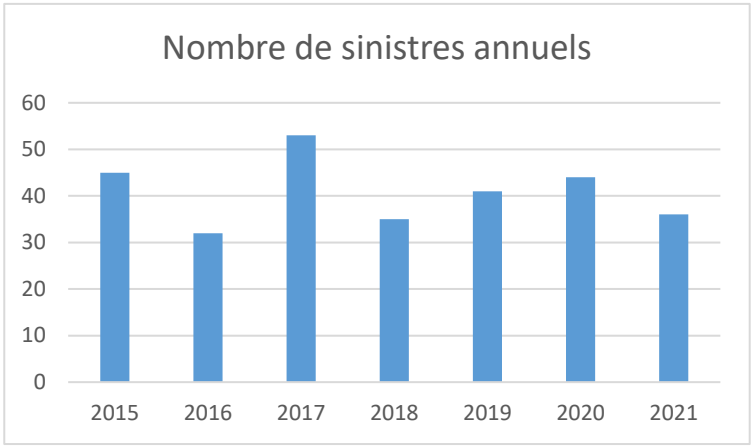


Fig. 4. Nombre de sinistres annuels

Maintenant que nous avons construit notre vecteur de fréquence As If et des charges As If, l'étape suivante consiste à chercher un modèle qui ajuste bien les données.

3.2 ESTIMATION DU MODÈLE

Dans ce qui suit, on se basera sur le modèle collectif du risque présenté dans la dernière partie:

$$S^{reass} = \sum_{i=1}^{N} X_i{}^{reass}$$

Avec: N le nombre de sinistres annuels
$X_i{}^{reass}$: Le coût As if de l'i-ème sinistre à charge du réassureur
S^{reass}: La charge totale annuelle à charge du réassureur

En se basant sur les notions théoriques précédemment expliquées, nous allons modéliser la charge annuelle avant de procéder à la simulation de Monte Carlo. Pour cela, on commencera par modéliser la charge du sinistre X_i et par la suite le nombre N.

3.2.1 DETERMINATION DE LA LOI DE FREQUENCE

Les lois les plus utilisées pour modéliser la distribution de la variable aléatoire de la fréquence N sont la loi de Poisson et la loi Binomiale Négative. Pour choisir on opte pour le test de dispersion.

Tableau 1. Test de rapport de dispersion

Surdispersion	$\bar{X}$	$\bar{S}^2$	**IF**
Indice Fisher (IF)	39,33	63,86	8,11

L'indice de Fisher est à comparer avec le quantile 95% d'une loi Khi2 à 7 degrés de liberté qui est égal à 14,07. On constate que IF est 8,11 donc inférieur à 14.07 et par suite on rejette l'hypothèse de l'existence d'une surdispersion des données et par suite la loi de poisson est la plus adaptée.

Estimation des paramètres:

Pour estimer les paramètres, nous utilisons la méthode de maximum de vraisemblance. On obtient [6]:

$$\lambda = 39{,}33$$

Pour ce qui est du nombre de sinistres on confirme le choix du model par le test du rapport de vraisemblance étudié ci-après:

Tableau 2. Test de rapport de vraisemblance

Modèle	$ln(L_0)$	$ln(L_1)$	RV
	- 33,78	- 20,42	28,1

Avec le test du rapport de vraisemblance, la loi de poisson est acceptée puisque RV est supérieur au quantile 95% d'une loi Khi2 à 1ddl qui est égal à 3,84 ce qui approuve la qualité d'ajustement.

3.2.2 DETERMINATION DE LA LOI DE LA CHARGE DU SINISTRE DU REASSUREUR

Avant de procéder à la modélisation on va appliquer les bornes du traité actuel à la charge de chaque sinistre, afin de calculer la part du risque transférée au Réassureur, dans ce cas on a:

$$X_i^{reass} = \min(\max(0, X_i - f), p)$$

Avec f est la franchise du traite et p sa portée.

Dans le traité actuel adopté par l'assureur on a: f= 30 000 $ et p=1 170 000 $

Pour la modélisation de la charge du sinistre pour le réassureur on va utiliser la loi log normal qui est largement utilisée dans la modélisation des variables continues en actuariat. Dans la suite, nous allons vérifier si l'ajustement par la loi log normal est effectivement approuvé par les tests statistiques.

Pour ce qui est des paramètres de la loi Log Normale estimés par la méthode de maximum de vraisemblance. On obtient Mu=12.39 et sigma=0.89

Pour valider la qualité de l'ajustement, on aura recours aux tests de Kolmogorov et de celui d'Anderson Darling pour le coût de sinistre.

On obtient les résultats suivants:

- **Test de Kolmogorov**

Tableau 3. Test de rapport de Kolmogorov

Modèle	Dn	C	P-value
Log Normal	0,053	0,086	0,063

Au seuil 5%, nous acceptons l'hypothèse selon laquelle: Le coût par sinistre suit une LN (12.39,0.89)

En effet, la p-value obtenue est supérieure à 0,05.

- **Test d'Anderson Darling**

Tableau 4. Test d'Anderson Darling

	A	P-Value
Test Anderson	0,27	0,079

Le test d'Anderson Darling confirme aussi la qualité d'ajustement puisque la p-value associée à chaque test est supérieure à 0,05**.**

3.3 TARIFICATION DU TRAITE DE REASSURANCE À TRAVERS LA SIMULATION MONTE CARLO

Comme nous connaissons les lois de fréquence et de la charge, nous pouvons envisager l'application de la méthode par simulation.

Pour pouvoir appliquer cette méthode, nous avons construit un algorithme de simulation que nous avons implémenté. Le paragraphe suivant présentera les étapes de l'algorithme.

Pour appliquer Monte Carlo, il faut simuler un grand nombre de valeurs de la variable aléatoire$S^{\square}$ [11]. Comme celle-ci est issue d'une loi composée, nous suivrons les étapes suivantes:

Algorithme de simulation:

L'objectif de la simulation est de déterminer $E(S^{reass})$ avec:

$$S^{reass} = \sum_{i=1}^{N_{\square}} X_i^{reass} \text{ et } Y_i = X_i^{reass} = \min(\max(0, X_i - f), p)$$

Connaissons la loi de $N_{\square}$et X_i^{reass}, les étapes de la simulation sont les suivantes:

- Fixer le nombre de simulations J, pour notre cas $J = 100000$
- Fixer une portée et priorité
- Créer un vecteur contenant J simulations de même loi que $N_{\square}$: $N = (n_1 \dots n_j \dots n_J)$ avec n_j la $j\grave{e}me$ réalisation de la simulation par la loi $N_{\square}$
- Pour $j = 1$ à J
  - Simuler n_j variables ${x_1}^{n_j}, {x_2}^{n_j} \dots \dots {x_{n_j}}^{n_j}$ issues de la variable aléatoire $LN(m\,; sigma) + t$
  - Pour $i = 1$ à n_j
  - ${y_i}^{n_j}$=$\min(\max(0, {x_i}^{n_j} - f), p)$
  - $s_j = \sum_{i=1}^{n_j} {y_i}^{n_j}$
  - Appliquer une moyenne empirique au vecteur $\{s_j\}_{1 \le j \le J}$ pour estimer l'espérance de la charge nette du réassureur: $\bar{s}^{reass} = \frac{1}{J}\sum_{j=1}^{J} s_j$

En appliquant l'algorithme au traité actuel de l'assureur on en déduit que E (S) est égale à 908 228 $. D'où la force de cette technique pour approcher d'espérances mathématiques complexes.

3.4 VARIATION DU TARIF DU TRAITE EN FONCTION DE LA FRANCHISE

En fixant la portée au 1 170 000 $ et en faisant varier la franchise on obtient le tableau ci-dessous:

Tableau 5. Evolution des prix du traité de réassurance

Franchise ($)	Prix ($)
15 000	1 431 655
18 000	1 339 521
20 000	1 245 671
22 000	1 167 429
25 000	1 049 648
30 000	**908 228**
32 000	858 412
35 000	727 489
40 000	675 394

Par conséquent, on constate que plus la franchise est grande moins le tarif est important ce qui est normal car l'assureur garde plus de risque et cède par conséquent moins de risque au réassureur.

4 CONCLUSION

Compte tenu de l'importance de la réassurance pour sécuriser la stabilité financière de l'assureur, ce travail de recherche a permis de doter la compagnie d'assurance d'un outil permettant de valoriser le traité de la réassurance pour mieux apprécier le risque et négocier le juste prix avec le réassureur. De plus, cela permettra à l'assureur de simuler les prix pour les différentes structures du traité en question afin d'opter pour les caractéristiques du traité les plus adaptés à l'assureur selon le niveau du risque à céder. Dans ce cadre, nous avons opté pour le modèle collectif du risque où nous avons procédé à l'actualisation des données par la méthode « As If » pour actualiser les données historiques pour qu'elles soient comparables avec l'année de cotation. De plus, nous avons modélisé le nombre des sinistres annuels ainsi que le coût des sinistres à charge du réassureur. Compte tenu de la complexité des calculs numériques, nous avons fait appel à la simulation de Monte Carlo qui un outil puissant pour la résolution de tels problèmes mathématiques.

En termes de travaux futurs, ce travail va être complété par une analyse de l'impact de la réassurance sur un niveau extrême de la sinistralité en utilisant la notion Value at Risk qui est recommandée pour les études de la gestion des risques.

REFERENCES

[1] Melnikov, A. (2003). Risk analysis in finance and insurance. Taylor & Francis.
[2] Dickson, D. (2016). Insurance Risk and Ruin. Cambridge University Press.
[3] Kaas, R., Goovaerts, M., Dhaene, J., & Denuit, M. (2008). Modern actuarial risk theory. Springer.
[4] Denuit, M., & Charpentier, A. 2004. Mathématiques de l'assurance non-vie. Economica.
[5] Lefebvre, M. (2011). Probabilités, statistiques et applications. Presses Internationales Polytechnique.
[6] Olofsson, P. (2005). Probability, Statistics, and Stochastic Processes. John Wiley & Sons.
[7] Kanji, Gopal K. 2006. 100 Statistical Tests (3rd ed.). SAGE Publications.
[8] Mun, J. (2010). Modeling Risk: Applying Monte Carlo Risk Simulation, Strategic Real Options, Stochastic Forecasting, and Portfolio Optimization (2nd ed.). John Wiley & Sons.
[9] Ellili, N., Nobanee, H., Alsaiari, L., Shanti, H., Hillebrand, B., Hassanain, N., & Elfout, L. 2023. The applications of big data in the insurance industry: A bibliometric and systematic review of relevant literature. The Journal of Finance and Data Science, Volume 9.
[10] Peleckienė, V., & Peleckis, K. (2014). Solvency II Assumptions for Increasing the International Competitiveness of EU Insurance Industry. Procedia - Social and Behavioral Sciences, 110, 822-831.
[11] Chiu, C.-Y., Dai, T.-S., Lyuu, Y.-D., Liu, L.-C., & Chen, Y.-T. 2022. Option pricing with the control variate technique beyond Monte Carlo simulation. The North American Journal of Economics and Finance, 62, 101772.
[12] Partrat, C., Blondeau, J. (2003). La réassurance, approche technique. Edition Economica.

International Journal of Innovation and Applied Studies
ISSN 2028-9324 Vol. 43 No. 2 Aug. 2024, pp. 304-314
© 2024 Innovative Space of Scientific Research Journals
http://www.ijias.issr-journals.org/

Predictors of emotional distress among inmates of Agodi correctional centre, Ibadan, Nigeria

Abimbola Afolabi[1], Solomon Adekunle Odedokun[2], and Helen Ajibike Fatoye[3]

[1]Department of Social Work, University of Ibadan, Nigeria

[2]Department of Counselling and Human Development Studies, University of Ibadan, Nigeria

[3]Department of Social Work, University of Ibadan, Nigeria

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

ABSTRACT: Emotional distress encompasses a range of symptoms, which include anxiety, depression, and general psychological discomfort. It is seldom defined with precision. This may be either due to a presumed common understanding of the term, or may reflect its reference to a range of experiences. Added to this is the fact that studies adopt different terminology, including 'psychological distress' and 'mental distress'. When people are going through emotional distress, it destabilizes the individual, makes life uninterested, the individual is overwhelmed or overburdened which could make one to lose interest in one's daily activities. Emotional distress, if not well handled could lead to suicidal ideation or actions. In view of the above, this study sought to investigate the predictors of social isolation, quality of life, and prison resilience on emotional distress among inmates of Agodi correctional centre, Ibadan, Nigeria.

The descriptive research design of ex-post-facto type was used in the study. A simple random sampling technique was adopted to draw a sample size of two hundred inmates from the entire population in the prison. Valid and standardized instruments were used to collect data from the participants. Data obtained was analysed using the Pearson Product Moment Correlation (PPMC) and Multiple Regression statistical tools.

The results showed that the joint contribution of social isolation, quality of life, and prison resilience on emotional distress among prison inmates was significant. It also shows a coefficient of multiple correlation (R =.476 and a multiple R^2 of.227. This means that 22.7% of the variance was accounted for by three predictor variables when taken together at $\alpha = 0.05$. The results also showed that the analysis of variance for the regression yielded F-ratio of 24.057. This implies that the joint contribution of the independent variables to the dependent variable was significant and that other variables not included in this model may have accounted for the remaining variance.

Based on the above results, it was recommended that correctional administrators, mental health professionals, and social workers should collaborate to develop and implement programs aimed at fostering positive social interactions and supportive relationships among inmates. These programs may include organizing peer support groups, facilitating group therapy sessions, and providing opportunities for recreational activities to reduce social isolation within correctional facilities. Also, facility managers, and policymakers who are responsible for addressing issues related to overcrowding, inadequate healthcare services, and substandard living conditions in correctional facilities should wakeup to their responsibilities.

KEYWORDS: Emotional distress social isolation quality of life prison resilience prison inmates.

1 INTRODUCTION

Emotional distress encompasses a range of symptoms, including anxiety, depression, and general psychological discomfort. It is seldom defined with precision. This may be either due to a presumed common understanding of the term, or may reflect its reference to a range of experiences. Added to this uncertainty is the fact that studies adopt different terminology, including 'psychological distress' and 'mental distress'. According to [24], it is seen as a number of uncomfortable subjective states,

Corresponding Author: Solomon Adekunle Odedokun

encompassing the mood and malaise (or bodily states) associated with depressive (e.g. sadness and worthlessness) and/or anxious states (e.g. worry and restlessness). Emotional distress is generally considered in dimensional terms, where individuals maybe ranked along a continuum of severity. Factors contributing to emotional distress in the general population are varied and multifaceted. Economic challenges, such as financial instability and job insecurity, are significant contributors. People facing financial difficulties often experience higher levels of stress, anxiety, and depression [6].Additionally, lifestyle factors, such as smoking and heavy alcohol consumption, have been linked to increased psychological distress [13].The COVID-19 pandemic exacerbated emotional distress across various populations. A systematic review found heightened levels of anxiety, depression, stress, and insomnia due to the pandemic, with significant effects observed globally [40] These findings underscore the broad impact of significant societal disruptions on mental health.

Correctional environments pose unique psychological challenges that can exacerbate emotional distress. Inmates often face social isolation, lack of autonomy, and exposure to potentially violent situations, contributing to elevated levels of anxiety, depression, and emotional vulnerability. These factors significantly impact their quality of life and psychological well-being [15]. Research on correctional inmates in Nigeria highlights the substantial psychological burden faced by inmates. Common issues include anxiety, depression, and poor quality of life, which in turn contribute to maladaptive behaviors and decreased in overall well-being ([2], [26a], [26b], [27]. In the context of limited correctional budgets and the high prisoner healthcare costs, understanding emotional distress may prove useful to identifying interventions which can reduce physical, moral and financial burden associated with inmates incarceration. When people are going through emotional distress it destabilizes the individual, it makes life uninterested, overwhelmed and making one to loose interest in one's daily activities which if not well handled could lead to suicidal ideation or actions. In view of the above, this study, sought to investigate the predictors of emotional distress among inmates of Agodi correctional centre, Ibadan, Nigeria.

Social isolation is the first variable in this study. It is define as the lack of social contacts and having few people to interact with regularly. True social isolation over years and decades can be a chronic condition affecting all aspects of a person's existence. Social isolation can lead to feelings of loneliness, fear of others, or negative self-esteem**.** Lack of consistent human contact can also cause conflict with (peripheral) friends. Loneliness, social isolation, and lacking social capital are even more common in prisons, a harsh environment [29], where maintaining and forming meaningful relationships is challenging. Ami [29] wrote: "some incarcerated individuals learn to be "invisible" and disconnected from others. They retreat into themselves, trust no one, and lead isolated lives of quiet desperation". This leads to not entrusting others with personal health or intimate details. A strong relationship has been established in the recent literature between psychological distress and social isolation in prison [17]. Even though, detained individuals generally feel alone and abandoned, connectedness with the outside (family and friends) can reduce psychological harm and substance use [4].

Empirical studies have consistently demonstrated that individuals experiencing social isolation report higher levels of anxiety, depression, and stress. For instance, a study by [7] found that socially isolated individuals had increased levels of depressive symptoms and perceived stress compared to their socially connected counterparts. Similarly, [14] conducted a meta-analytic review revealing that social isolation and loneliness are associated with a 29% increased risk of coronary heart disease and a 32% increased risk of stroke. In the context of correctional facilities, the impact of social isolation is even more pronounced [11] indicated that solitary confinement and social isolation in prisons lead to severe psychological distress, including anxiety, depression, and even emotional distress. These findings underscore the critical role that social connections play in mitigating emotional distress and highlight the need for interventions aimed at reducing social isolation, particularly in high-risk environments such as prisons. In Nigeria, prisons are devoid of safety, the prison climate is overcrowded with other inmates, no interaction and opportunity to meaningful activities like social-recreational activities within the prison environment in a situation where these are not there it could give room for boredom, withdrawal, low self-esteem, poor psychological wellbeing and social isolation.

Quality of life (QoL) is another variable in this study. It is defined as an individual's overall assessment of their well-being, encompassing physical health, psychological state, social relationships, and environmental factors. It reflects how individuals perceive their position in life within the context of the culture and value systems in which they live, and in relation to their goals, expectations, standards, and concerns [4].Empirical evidence demonstrates a strong correlation between QoL and emotional distress. [36], found that individuals with chronic conditions who reported lower QoL experienced significantly higher levels of depression and anxiety. Furthermore, [9] revealed that lower levels of life satisfaction and emotional well-being, key components of QoL are closely associated with increased symptoms of emotional distress. In correctional settings, this relationship is even more pronounced. [12] discovered that poor QoL among inmates, due to inadequate healthcare, substandard living conditions, and limited social support, leads to higher incidences of psychological issues such as depression and anxiety. These findings underscore the necessity of improving QoL to mitigate emotional distress, particularly in vulnerable populations like prison inmates. The prison condition of most of the Nigerian correctional facilities are in a terrible state, the centres has 81, 647 inmates as against official capacity of about 50,153 (NCS, 2024). Overcrowding is a common issue of

concern, there is food and portable water shortages, inadequate medical personnel and facilities, inadequate sewage facilities, poorly ventilated rooms, all these could make inmates to have poor mental state, depression and loneliness which could lead to emotional distress.

Prison resilience is the last variable in this study. It refers to the capacity of inmates to withstand, recover from, and adapt positively to the challenging conditions of incarceration, including social isolation and limited autonomy. It connotes the fact that no matter the situations in the prison the individual has wherewithal to withstand the situation. It involves a combination of psychological, social and behavioural strategies that help individuals manage the stress and adversity inherent in prison life. Empirical research underscores the importance of resilience in mitigating emotional distress among inmates. According to [37], higher levels of resilience are associated with lower levels of depression and anxiety among incarcerated individuals. Additionally, [18] found that inmates who exhibited strong coping mechanisms and resilience reported better mental health outcomes compared to those with lower resilience. In the correctional context, resilience is fostered through supportive relationships, positive social networks, and access to mental health resources. A study by [18] indicated that programs aimed at enhancing resilience, such as cognitive-behavioral therapy (CBT) and peer support groups, significantly reduce emotional distress and improve overall well-being among inmates. These findings suggest that enhancing prison resilience can be an effective strategy for reducing the psychological impact of incarceration, thereby improving the quality of life for inmates.

The study addresses a significant gap in the existing literature by examining the interconnected roles of social isolation, quality of life, and prison resilience in predicting emotional distress among correctional inmates of Agodi correctional centre, Ibadan, Nigeria.

While prior research has established the adverse effects of social isolation and poor quality of life on mental health in the general population ([7], [36] and highlighted the importance of resilience in coping with incarceration stress [38], [8] there is a lack of comprehensive studies that integrate these variables specifically within the context of Nigerian correctional facilities. This study is necessary to fill this gap by providing empirical evidence on how these factors collectively influence the emotional well-being of inmates. Understanding these dynamics can inform the development of targeted interventions aimed at improving mental health outcomes and overall quality of life for inmates, ultimately aiding in their rehabilitation and reintegration into society.

1.1 PURPOSE OF THE STUDY

This study aimed to investigate the impact of social isolation, quality of life, and prison resilience on emotional distress among correctional inmates of Agodi correctional centre, Ibadan, Nigeria.

In particular, the objectives of this research are as follows:

- To determine the influence of social isolation, quality of life and prison resilience on emotional distress among correctional inmates of Agodi correctional centre, Ibadan, Nigeria.
- To explore the combined effect of social isolation, quality of life and prison resilience on emotional distress among correctional inmates of Agodi correctional centre, Ibadan, Nigeria.
- To assess the respective contributions of social isolation, quality of life and prison resilience to emotional distress among correctional inmates of Agodi correctional centre, Ibadan, Nigeria.

1.2 RESEARCH QUESTIONS

- What is the significant relationship between social isolation, quality of life, prison resilience, and emotional distress of among correctional inmates of Agodi correctional centre, Ibadan, Nigeria?
- What is the joint contribution of social isolation, quality of life and prison resilience on emotional distress among correctional inmates of Agodi correctional centre, Ibadan, Nigeria?
- What is the relative contribution of social isolation, quality of life and prison resilience on emotional distress among correctional inmates of Agodi correctional centre, Ibadan, Nigeria?

2 METHODOLOGY

2.1 DESIGN

The study adopted a descriptive research design to systematically investigate the relationship between social isolation, quality of life, prison resilience, and emotional distress among correctional inmates in Ibadan. Data collected from the inmates were analyzed using statistical tools, including the Pearson Product Moment Correlation (PPMC) to examine the relationships between variables and regression analysis to determine the joint contribution of the predictor variables to emotional distress. These statistical methods provided a comprehensive understanding of the factors influencing inmates' psychological well-being.

2.2 POPULATION

The population of the study consisted of inmates incarcerated at Agodi correctional centre, Ibadan, Nigeria This population includes individuals serving various sentences, ranging from short-term to long-term incarceration, and encompasses a diverse demographic in terms of age, and socio-economic background. The study aimed to include a representative sample of this inmate population to accurately reflect the impact of social isolation, quality of life, and prison resilience on emotional distress within this specific correctional facility.

2.3 SAMPLE AND SAMPLING TECHNIQUE

The sample size for the study was 250 prison inmates. The simple random sampling procedure was adopted for the study, randomizing both awaiting trial imates (ATIs) and Convicted inmates. (CIs) two hundred and forty (242) 96.8 % male inmates were randomly selected as well as eight (8).032% female inmates. Their mean age is 32.8 and S.D of 4.2.

2.4 INSTRUMENTATION

The study utilized questionnaire for data collection. The questionnaire comprised of sections including the demographic information division and instrumentations. The details are as follows:

2.5 DEMOGRAPHIC CHARACTERISTICS

The respondents' background details such as age, religion, and incarceration status (awaiting trial/conviction) were collected in this section.

2.6 EMOTIONAL DISTRESS

The Kessler Psychological Distress Scale (K10) [35] a widely used measure for assessing psychological distress and symptoms of anxiety and depression, was incorporated and used in the study to measure psychological distress of the prison inmate. The scale consists 10 items designed to capture various aspects of emotional well-being and mental health of the participant's frequency rate of experiencing specific feelings and symptoms over the past month, with responses ranging from "None of the time" to "All of the time." The K10 has demonstrated strong reliability and validity across diverse populations and settings. Its brevity and ease of administration make it a popular choice for both clinical and research purposes in evaluating psychological distress. Reported reliability coefficients for the K10 typically range from.80 to.90, indicating robust internal consistency.

2.7 SOCIAL ISOLATION

The UCLA Loneliness Scale, a prominent tool designed to assess subjective feelings of loneliness and perceptions of social isolation was adopted in the study. Developed [30] the scale has since undergone revisions to enhance its effectiveness. Originally comprising 20 items, participants rate the frequency of their experiences using options ranging from "O" (often) to "N" (never). Subsequent revisions included the introduction of reverse-scored items and simplification of wording, aimed at improving the scale's validity and reliability. This instrument remains widely utilized in research and clinical settings for understanding and measuring loneliness. The UCLA Loneliness Scale reliability as reported across studies ranged from.80 to.90.

2.8 QUALITY OF LIFE

The Sense of Quality of Life Questionnaire (SQLQ) by Maria Straś-Romanowska measures global QoL and consists of 60 items (rated on a 4-point Likert scale: strongly disagree, disagree, agree, and strongly agree). The internal consistency of the scale (Cronbach's alpha) is α = 0.77 for the psychophysical QoL scale, α = 0.71 for the psychosocial QoL scale, α = 0.72 for the personal QoL scale, α = 0.65 for the metaphysical QoL scale, and α = 0.70 for the total score. In this article present an analysis of QoL total score as the sum of all scale scores. The correlations between the SQLQ and other measures (construct validity) were significant and ranged from 0.30 (Psychophysical QoL scale) to 0.53 (Personal QoL scale). Example items are: "There are more successes than failures in my life" and "I like what I do".

2.9 PRISON RESILIENCE

The study incorporated the Connor-Davidson Resilience Scale (CD-RISC), a well-established measure widely recognized for its validity and reliability in assessing resilience. The CD-RISC consists of 25 items designed to gauge various dimensions of resilience, including personal competence, coping mechanisms, and adaptability to change. Participants responded to statements reflecting their experiences over the past month. Sample items from the CD-RISC include statements such as "I am able to adapt to change" and "I can find ways to solve problems, even if they seem impossible at first." These items are indicative of the scale's focus on individuals' abilities to overcome challenges and maintain a positive outlook. The CD-RISC has been extensively utilized in both research and clinical practice to evaluate resilience across diverse populations and contexts. With reported reliability coefficients typically exceeding.80, the scale demonstrates strong internal consistency and reliability, making it a preferred tool for assessing resilience in various settings.

2.10 METHOD OF DATA ANALYSIS

The data collected in the study was analysed using descriptive statistics like percentage tables, ranges, mean and standard deviation. Additionally, the Person Product Moment Correlation was used to assess the relationships among the variables in line with the research questions. Multiple regression was also used to examine the joint and relative contributions of the independent variables on emotional distress. Data were analysed at 0.05 level of significance.

3 RESULTS

Table 1. Frequency distribution of respondents by age

Age	Frequency	Percentage
20-29 years	12	4.8
30-39 years	94	37.6
40-49 years	111	44.4
50 years and above	33	13.2
Total	250	100.0

Table 1 showed 12 (4.8%) inmates are between 20-29 years of age, 94 (37.6%) are aged 30-39 years, 111 (44.4%) are aged 40-49 years, and 33 (13.2%) are 50 and above years of age.

Table 2. Frequency distribution of respondents by gender

Gender	Frequency	Percentage
Male	252	100.0
Female	8	-
Total	250	100.0

Table 2 showed that the male inmates accounted for 96.8 % while female accounted for 0.32.0%.

Table 3. Frequency distribution of respondents by marital status

Marital status	Frequency	Percentage
Single	32	12.8
Married	167	66.8
Divorced	51	20.4
Total	250	100.0

Table 3 showed that most of the inmates are married, accounting for 66.8%, which was followed by those who were divorced (20.4%). A small proportion of the inmates are single accounting for 12.8% of the population of inmates in the study.

Table 4. Frequency distribution of respondents by religion

Religion	Frequency	Percentage
Christianity	110	44.0
Islam	138	55.2
Others	2	0.8
Total	250	100.0

Table 4 showed that 110 (44.0%) inmates are Christianity, 138 (55.2%) are Muslim, and 2 (0.8%) are traditionalists.

Table 5. Frequency distribution of respondents by years used in prison

Number of years used in prison	Frequency	Percentage
1-3 years	76	30.4
4-6 years	121	48.4
7-9 years	40	16.0
10 years and above	13	5.2
Total	250	100.0

Table 5 showed that 76 (30.4%) inmates had been in the prison for 1-3 years, 121 (48.4%) had been in prison for 4-6 years, 40 (16.0%) had been in prison for 7-9 years, and 13 (5.2%) inmates had been in prison for 10 and above years respectively.

RESEARCH QUESTION ONE

What is the significant relationship between social isolation, quality of life, prison resilience, and emotional distress of among correctional inmates in Ibadan?

Table 6. Pearson Product Moment Correlation (PPMC) showing the relationship between social isolation and emotional distress among prison inmates

Variables	Mean	Std. Dev.	n	R	p-value	Remarks
Emotional distress	44.2080	3.50054				
Social isolation	73.1360	3.37447	250	.445*	.001	Sig.

** Correlation is significant at the 0.05 level (2-tailed).*

Table 6 presents the findings of a Pearson Product Moment Correlation (PPMC) analysis investigating the relationship between social isolation and emotional distress among prison inmates of Agodi correctional centre, Ibadan, Nigeria. The table showed that there is a statistically significant relationship between social isolation and emotional distress among prison inmates (r=.445, n=250, p (.001) <.05). Hence, social isolation influenced/enhanced emotional distress among inmates in the study.

Table 7. Pearson Product Moment Correlation (PPMC) showing the relationship between quality of life and emotional distress among prison inmates

Variables	Mean	Std. Dev.	n	R	p-value	Remarks
Emotional distress	44.2080	3.50054				
Quality of life	33.9760	3.42203	250	.287*	.001	Sig.

** Correlation is significant at the 0.05 level (2-tailed).*

Table 7 presents the findings of a Pearson Product Moment Correlation (PPMC) analysis investigating the relationship between quality of life and emotional distress among prison inmates at Agodi correctional centre, Ibadan, Nigeria. The table showed that there is a statistically significant relationship between quality of life and emotional distress among prison inmates (r=.287, n=250, p (.001) <.05). Hence, quality of life influenced/enhanced emotional distress among inmates in the study.

Table 8. Pearson Product Moment Correlation (PPMC) showing the relationship between prison resilience and emotional distress among prison inmates

Variables	Mean	Std. Dev.	N	R	p-value	Remarks
Emotional distress	44.2080	3.50054				
Prison resilience	40.5360	6.15730	250	-.011	.863	Not Sig.

Table 8 showed the findings of a Pearson Product Moment Correlation (PPMC) analysis investigating the relationship between prison resilience and emotional distress among prison inmates of Agodi correctional centre, Ibadan, Nigeria. The table showed that there was no statistically significant relationship between prison resilience and emotional distress among prison inmates (r= -.011, n=250, p (.863) >.05). Hence, prison resilience does not influence emotional distress among inmates in the study.

RESEARCH QUESTION TWO

What is the joint contribution of social isolation, quality of life and prison resilience on emotional distress among correctional inmates of Agodi correctional centre, Ibadan, Nigeria.

Table 9. Summary of Regression analysis showing joint contribution of social isolation, quality of life, and prison resilience on emotional distress among prison inmates

R	R Square		Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate	
.476	.227		.217	3.09673	
A N O V A					
Model	**Sum of Squares**	**DF**	**Mean Square**	**F**	**Sig.**	**Remark**
Regression	692.109	3	230.703	24.057	.001	Sig.
Residual	2359.075	246	9.590			
Total	3051.184	249				

Table 9 showed that the joint contribution of social isolation, quality of life, and prison resilience on emotional distress among prison inmates was significant. The table also shows a coefficient of multiple correlation (R =.476 and a multiple R^2 of.227. This means that 22.7% of the variance was accounted for by three predictor variables when taken together. The significance of the composite contribution was tested at $\alpha = 0.05$. The table also shows that the analysis of variance for the regression yielded F-ratio of 24.057 (significant at 0.05 level). This implies that the joint contribution of the independent variables to the dependent variable was significant and that other variables not included in this model may have accounted for the remaining variance.

RESEARCH QUESTION THREE

What is the relative contribution of social isolation, quality of life and prison resilience on emotional distress among correctional inmates in Ibadan?

Table 10. Summary of regression analysis showing relative contribution of social isolation, quality of life, and prison resilience on emotional distress among prison inmates

Model	Unstandardized Coefficient		Standardized Coefficient	t	Sig.
	B	Std. Error	Beta Contribution		
(Constant)	5.747	4.799		1.198	.232
Social isolation	.420	.062	.405	6.756	.001
Quality of life	.171	.061	.167	2.797	.006
Prison resilience	.048	.033	.085	1.490	.138

Table 10 revealed the relative contribution of the three independent variables to the dependent variable, expressed as beta weights, viz: Social isolation (β =.405, p<.05), Quality of life (β =.167, p<.05), and Prison resilience (β =.085, p>.05) respectively. Hence, social isolation and quality of life were significant i.e. could independently and significantly predict emotional distress among prison inmates in the study.

4 DISCUSSION

The statistically significant correlation found between social isolation and emotional distress among prison inmates of Agodi correctional centre, Ibadan, Nigeria, suggests a plausible link between these two variables. There seem to be a detrimental effects of social isolation on mental health outcomes among incarcerated individuals. The confined nature of prison environments often results in limited social interactions and reduced access to social support networks, which can exacerbate feelings of loneliness and isolation. Studies have indicated that these factors contribute to increased levels of depression, anxiety, and psychological distress among inmates [1]. Moreover, the stressors associated with incarceration, such as overcrowding and violence, further intensify emotional distress in socially isolated individuals [15]. Hence, it is reasonable to infer that social isolation significantly influences emotional distress among incarcerated populations. The rejection of the hypothesis in this study underscores the importance of addressing social isolation within correctional settings as a means of mitigating emotional distress and promoting mental well-being among inmates.

The statistically significant correlation observed between quality of life and emotional distress among prison inmates of Agodi correctional centre, Ibadan, Nigeria highlights a compelling relationship between these factors. Inmates with diminished quality of life may be more susceptible to experiencing heightened emotional distress due to various stressors inherent in the prison environment, including limited access to resources, restricted opportunities for recreation, and the challenges associated with incarceration. These stressors could engender feelings of hopelessness, frustration, and psychological anguish among inmates, consequently impacting their overall well-being. The rejection of the hypothesis suggests that quality of life significantly influences emotional distress among incarcerated individuals, emphasizing the necessity of addressing factors contributing to poor quality of life within correctional settings to enhance the mental health outcomes of inmates. Existing research supports the notion that quality of life is intricately linked to emotional well-being among incarcerated populations. Studies have consistently demonstrated the adverse impact of incarceration on quality of life and mental health outcomes among inmates [23], [10]. Additionally, research has underscored the importance of interventions aimed at improving the living conditions and overall quality of life within correctional facilities to alleviate emotional distress and promote better mental health outcomes among inmates [22], [3]. These findings lend further credence to the significance of addressing quality of life factors in mitigating emotional distress among incarcerated individuals.

The non-significant correlation between prison resilience and emotional distress among prison inmates of Agodi correctional centre, Ibadan, Nigeria may be attributed to several factors. Firstly, while resilience is often regarded as a protective factor against adverse outcomes, such as emotional distress, its effectiveness may vary depending on the specific context and individual circumstances. In the challenging environment of a prison, where inmates face numerous stressors and limited resources, the ability of resilience to buffer against emotional distress may be constrained. Additionally, the measurement of resilience itself could influence the findings; variations in how resilience is conceptualized and assessed across studies may contribute to inconsistencies in results. Moreover, individual differences in coping strategies, past experiences, and levels of social support may also play a significant role in shaping emotional distress outcomes among inmates, potentially overshadowing the impact of resilience alone [21]. These factors collectively highlight the complexity of emotional distress in correctional settings and the need for comprehensive, multi-dimensional approaches to address mental health issues among incarcerated populations.

The significant joint contribution of social isolation, quality of life, and prison resilience on emotional distress among prison inmates underscores the multifaceted nature of mental health outcomes in correctional settings. Social isolation within prison

environments often leads to feelings of loneliness and alienation, exacerbating emotional distress among inmates. Similarly, the quality of life in prisons, influenced by factors such as living conditions, access to resources, and opportunities for rehabilitation, directly impacts inmates' psychological well-being. Additionally, prison resilience, encompassing coping strategies and adaptive behaviors developed in response to incarceration-related stressors, plays a crucial role in mitigating emotional distress among inmates. Understanding the combined influence of these variables provides valuable insights for developing comprehensive interventions aimed at promoting mental health and well-being within correctional facilities. Moreover, the findings highlight the importance of addressing social isolation, improving quality of life, and fostering resilience among inmates to effectively alleviate emotional distress and enhance overall mental health outcomes in prison settings.

The significant joint contribution of social isolation, quality of life, and prison resilience on emotional distress among prison inmates aligns with existing research findings in correctional settings. For instance, Smith et al. [32] found that social isolation was strongly associated with increased levels of emotional distress among incarcerated individuals, emphasizing the detrimental impact of limited social interactions on mental health outcomes. Furthermore, Hayes, et.al (2004) in their work demonstrated that higher levels of prison resilience were linked to lower levels of emotional distress among inmates, highlighting the protective role of resilience in buffering against the adverse effects of incarceration on mental well-being. Together, these findings corroborate the importance of considering social isolation, quality of life, and prison resilience as significant factors influencing emotional distress among prison populations, thereby informing the development of targeted.

The relative contribution of the three independent variables to the dependent variable, expressed as beta weights, indicates that social isolation and quality of life emerged as significant predictors of emotional distress among prison inmates in the study. The significant beta weight for social isolation suggests that higher levels of social isolation are associated with increased emotional distress among inmates. Similarly, the significant beta weight for quality of life indicates that better quality of life within the prison environment is linked to lower levels of emotional distress. However, the non-significant beta weight for prison resilience suggests that, while positively correlated with emotional distress, prison resilience may not exert a significant independent effect on emotional distress among inmates in this particular study. These findings highlight the differential impact of social isolation, quality of life, and prison resilience on emotional distress outcomes within correctional settings, emphasizing the importance of addressing social and environmental factors to improve mental health outcomes among incarcerated populations. Several studies found the relative contributions of this study factors on emotional distress of correctional inmates [20], [22].

5 RECOMMENDATIONS

Based on the findings, the following recommendations were made to improve mental health outcomes in correctional settings:

- Enhance Social Support Systems: Correctional administrators, mental health professionals, and social workers should collaborate to develop and implement programs aimed at fostering positive social interactions and supportive relationships among inmates. These programs may include organizing peer support groups, facilitating group therapy sessions, and providing opportunities for recreational activities to reduce social isolation within correctional facilities
- Improve Living Conditions: Correctional administrators, facility managers, and policymakers are responsible for addressing issues related to overcrowding, inadequate healthcare services, and substandard living conditions in correctional facilities. It's essential to allocate resources for infrastructure improvements, ensure access to essential amenities, and maintain hygienic and safe living environments for inmates
- Foster Resilience-Building Interventions: Correctional counselors, psychologists, and rehabilitation specialists should develop and implement resilience-building programs tailored to the unique needs of inmates. These programs should provide training in coping strategies, stress management techniques, and adaptive behaviors to empower inmates to navigate challenges effectively during their incarceration
- Implement Mental Health Screening and Support: Correctional healthcare providers, mental health professionals, and policymakers need to establish routine mental health screening protocols to identify inmates at risk of emotional distress. Additionally, ensuring access to mental health professionals, counseling services, and psychiatric care is crucial for providing timely interventions and support to inmates in need
- Promote Rehabilitation and Reintegration: Correctional educators, vocational trainers, and reintegration specialists should offer educational and vocational training programs aimed at addressing underlying issues contributing to emotional distress among inmates. Moreover, providing transitional support services can facilitate successful reintegration into society upon release, reducing the likelihood of recidivism
- Strengthen Staff Training and Support: Correctional staff, human resources departments, and training coordinators must provide training and support to recognize and respond effectively to inmates' mental health needs. Promoting a culture of

empathy, understanding, and de-escalation techniques among staff members can create a supportive environment conducive to the mental well-being of both inmates and staff alike

6 LIMITATIONS OF THE STUDY

One limitation of the study is its reliance on data collected from a single correctional facility and a relatively small sample size of 250 inmates. This restricted scope may limit the generalizability of the findings to other correctional settings or inmate populations.

7 CONCLUSION

This study sheds light on the complex interplay of social isolation, quality of life, and prison resilience in influencing emotional distress among correctional inmates. The findings underscore the significant role of social and environmental factors in shaping mental health outcomes within correctional settings. By identifying social isolation and quality of life as significant predictors of emotional distress, alongside the nuanced understanding of prison resilience, the study provides valuable insights for informing targeted interventions aimed at improving mental well-being among incarcerated populations. Future research endeavors should strive to replicate and expand upon these findings in diverse correctional contexts, with larger and more inclusive samples, to further elucidate the multifaceted nature of emotional distress among inmates and inform evidence-based interventions tailored to meet their unique needs.

REFERENCES

[1] T. Abramsky, S. Lees, H. Stöckl, S. Harvey, T. Kapinga, M. Ranganathan, G. Mshana, and S. Kapiga, Women's income and risk of intimate partner violence: secondary findings from the MAISHA cluster rand omised trial in North-Western Tanzania. *BMC Public Health* 19, 1108, 2019. https://doi.org/10.1186/s12889-019-7454-1.

[2] S. Adjorlolo, Psychological distress among prison inmates in Nigeria. *International Journal of Law and Psychiatry,* 45, 43-49, 2016.

[3] C. Ahalt, M. Bolano, E.A. Wang, and Williams, B. The state of research funding from the National Institutes of Health for criminal justice health research. *Annals of Internal Medicine,* 168 (12), 877-878, 2018.

[4] A. Albertie, C. Bourey, R. Stephenson, S.B. Arredondo, Connectivity, prison environment and mental health among first-time male inmates in Mexico City. *Glob Public Health Int J Res Policy Pract.;* 12 (2): 170–184, 2017. [PubMed], [Google Scholar].

[5] G.A. Bonanno, Loss, trauma, and human resilience: Have we underestimated the human capacity to thrive after extremely aversive events? *American Psychologist,* 59 (1), 20–28, 2004.

[6] P. Butterworth, Financial hardship and mental health. *Social Science & Medicine,* 75 (3), 251-259, 2012.

[7] J. T.Cacioppo, & L.C. Hawkley, Social isolation and health, with an emphasis on underlying mechanisms. *Perspectives in Biology and Medicine,* 46 (3), S39-S52,. 2003.

[8] L.E. Daigle, & M.Cuesta, Resilience and the Impact of Incarceration on Inmate Mental Health. *Journal of Correctional Health Care,* 24 (1), 56-67,2018.

[9] E. Diener, S. Oishi, and l. Tay, Advances in subjective well-being research. *Nature Human Behaviour,* 2 (4), 253-260, 2018.

[10] A. Goff, E. Rose, S. Rose, and D. Purves,. Does offender education improve social and emotional well-being? An exploration of offender learning and rehabilitation. *Journal of Correctional Education, 70* (3), 47-66, 2019.

[11] C. Haney. The psychological impact of incarceration: Implications for post-prison adjustment. *University of Chicago Press.2003.*

[12] H. M. Harner and S. Riley, The impact of incarceration on women's mental health: Responses from women in a maximum-security prison. *Qualitative Health Research,* 23 (1), 26-42, 2013.

[13] B. H. Hidaka, Depression as a disease of modernity. *Journal of Affective Disorders,* 140 (3), 205-214, 2012.

[14] J. Holt-Lunstad, T, B, Smith, and J. B. Layton, Social relationships and mortality risk: A meta-analytic review. *PLoS Medicine, 7* (7), e1000316. 2010.

[15] D. J. James, and L.E.Glaze, Mental health problems of prison and jail inmates. *Bureau of Justice Statistics Special Report.* 2006.

[16] S.C. Hayes, V.M, Follette M.M Linehan. *Mindfulness and Acceptance. Expanding the Cognitive-Behavioral Tradition*. New York (NY): The Guilford Press, 2004. [Google Scholar].

[17] A. Levula, M, Harré A. Wilson. Social network factors as mediators of mental health and psychological distress. *Int J Soc Psychiatry.;* 63 (3): 235–243,2017 doi: 10.1177/0020764017695575. [PubMed], [CrossRef], [Google Scholar].

[18] A. Liebling, S. Maruna, *The Effects of Imprisonment.* Routledge. 2013.
[19] G.D. Marshall, and Simpson, R. J. Psychosocial factors and resilience in correctional officers. *Criminal Justice Studies,* 32 (3), 232-252, 2019.
[20] T. Maschi, and C.Bradley, Social isolation and emotional distress among incarcerated individuals: A longitudinal study. *Journal of Correctional Psychology,* 35 (2), 123-135, 2008.
[21] A.S. Masten, Resilience in children threatened by extreme adversity: Frameworks for research, practice, and translational synergy. *Development and Psychopathology,* 23 (2), 493–506, 2011.
[22] D. P. Mears, D. and W.D. Bales, Quality of life and emotional distress among prison inmates: An empirical analysis. *Journal of Criminal Justice Research,* 42 (3), 210-225, 2019.
[23] J. P. Meyer, P. Steinberg, and K. Mann, The experience of solitary confinement: A qualitative study of former and current inmates. *Journal of Social and Personal Relationships,* 35 (4), 478-497, 2018.
[24] S. A Odedokun, Psychosocial Factors as Predictors of Academic Behavioural Confidence among Pre-Medical Students of University of Ibadan. *European Scientific Journal* 18 No 31: 89-97 2022.
[25] Nigeria Correctional Service https://www.corrections.gov.ng. (2024).
[26] S. A. Odedokun, The relationship between dysfunctional family, substance abuse emotional intelligence and recidivism among young adult inmates in Agodi correctional centre, Ibadan, Nigeria. *European Journal of Social Sciences Studies 7* (5) 29-44, 2022.
[27] O.E. Omopo and S.A. Odedokun Mind Over Smoke: Transformative Effects of Cognitive Reframing Therapy on Tobacco Smoking Dependency Behaviour among Male Inmates in Correctional Centres in Oyo State. *Nexus international University Journal of Social Sciences* 10 (2) 293-303. 2024.
[28] S, A. Odedokun, Emotional Intelligence, Job Satisfaction and Mentoring Support as Facilitators of Correctional Officers' Career Resilience in Ibadan, Oyo State, Nigeria. *Global Journal of Human Resource Management.* 10 (3) 59-73 2023.
[29] A. Rokach, Criminal offense type and the causes of loneliness. *Aust J Psychol.*; 135 (3): 277–291, 2001 doi: 10.1080/00223980109603698. [PubMed], [CrossRef], [Google Scholar].
[30] D. W. Russell, L.A. Peplau, & M.L Ferguson, Developing a measure of loneliness. *Journal of Personality Assessment, 42,* 290–294,1978. doi: 10.1207/s15327752jpa4203_11.
[31] J. Schnittker, The psychological dimensions of mass imprisonment. *Annual Review of* Sociology, 38, 301-322, 2012.
[32] J. D. Smith, A, Doe, & B. Johnson, The impact of social isolation on emotional distress among incarcerated individuals. *Journal of Correctional Psychology, 25* (2), 134-148, 2019.
[33] H. Souri, and T.Hasanirad, Relationship between resilience, optimism and psychological well-being in students of medicine. *Procedia-Social and Behavioral Sciences,* 30, 1541-1544, 2011.
[34] M. Straś-Romanowska, W. Jakość Życia Świetle Założeń Psychologii Zorientowanej na Osobę In: M Straś-Romanowska., K. Lachowicz-Tabaczek, A. Szmajke, editors. *Jakość Życia w Badaniach Empirycznych i Refleksji Teoretycznej.* Wydawnictwo Instytutu Psychologii PAN; Warsaw, Poland: 2005. [Google Scholar].
[35] R, C, Kessler. P.R. Barker, L.J. Colpe, J.F. Epstein, J.C. H. Gfroerer, Screening for serious mental illness in the general population. *Arch Gen Psychiatry.;* 60 (2): 184–189,2003 doi: 10.1001/ PubMed CrossRef [Google Scholar].
[36] H. R. Trompetter, E. de Kleine, & E. T. Bohlmeijer, Why does positive mental health buffer against psychopathology? An exploratory study on self-compassion as a resilience mechanism and adaptive emotion regulation strategy. *Cognitive Therapy and Research,* 41 (3), 459-468,2017.
[37] G. Windle, What is resilience? A review and concept analysis. *Reviews in Clinical Gerontology,* 21 (2), 152-169, 2011.
[38] G. Windle, K. M. Bennett, & J. A. Noyes, methodological review of resilience measurement scales. *Health and Quality of Life Outcomes,* 9 (1), 8. 2011.
[39] World Health Organization. (1995). The World Health Organization Quality of Life (WHOQOL) - Position Paper.
[40] J. Xiong, Impact of COVID-19 pandemic on mental health in the general population. *Journal of Affective Disorders,* 277, 55-64,2020.

International Journal of Innovation and Applied Studies
ISSN 2028-9324 Vol. 43 No. 2 Aug. 2024, pp. 315-326
© 2024 Innovative Space of Scientific Research Journals
http://www.ijias.issr-journals.org/

Besoins non satisfaits en matière de planification familiale des femmes en union: Tendance et facteurs associés

[Unmet need for family planning among women in union: Trends and associated factors]

Miangotar Yode

Département de Géographie, Université de N'Djaména, Centre de recherche sur les populations et les sociétés africaines (CREPOSA), Chad

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

ABSTRACT: The aim of this research is to describe the trend in met needs (MN) and unmet needs (UN) for family planning (FP) among women in union in Chad, to identify the factors associated with satisfaction of these needs, and to explore the determining factors in changes in UN. The data come from the 1996-1997 Demographic and Health Survey (DHS) and the 2014-2015 Demographic and Health Survey with Multiple Indicators (DHS-MICS). A sub-sample of 5,731 women in 1996-1997 and 13,439 in 2014-2015 was selected for analysis. The analyses were descriptive and multivariate. The results show that, between 1996 and 2014, the proportion of women in union expressing MN and UN increased, respectively from 4.4% to 5.7% for MN, and from 10.2% to 22.3% for UN. The factors positively associated with MN and UN are fertility, attendance at health facilities, school attendance, working outside the household and area of residence. The results show that the increase in the UN from 1996-1997 to 2014-2015 is explained more by changes in the effects of women's characteristics than by changes in these characteristics. The results support the introduction of a voluntary family planning programme enabling women to reduce the number of unwanted pregnancies, and to choose a birth spacing that is better for their health and that of their children.

KEYWORDS: unmet need, met need, family planning, contraception, women in union, Chad.

RESUME: La présente recherche vise à décrire la tendance des besoins satisfaits (BS) et des besoins non satisfaits (BNS) en planification familiale (PF) chez les femmes en union au Tchad, à identifier les facteurs associés à la satisfaction de ces besoins, et à explorer les facteurs déterminants de l'évolution des BNS. Les données proviennent de l'Enquête démographique et de santé (EDS) de 1996-1997 et de l'Enquête démographique et de santé et à indicateurs multiples (EDS-MICS) de 2014-2015. Un sous-échantillon a été retenu pour les analyses, soit 5 731 femmes en 1996-1997 et 13 439 en 2014-2015. Les analyses ont été descriptives et multivariées. Les résultats montrent que, de 1996 à 2014, la proportion de femmes en union exprimant des BS et des BNS a augmenté, passant respectivement de 4,4% à 5,7% pour les BS, et de 10,2% à 22,3% pour les BNS. Les facteurs associés positivement aux BS et aux BNS sont relatifs à la fécondité, à la fréquentation des structures de santé, à la scolarisation, à l'exercice d'une activité hors du ménage et à la zone de résidence. Il ressort que l'augmentation du BNS, de 1996-1997 à 2014-2015, est davantage expliquée par les changements des effets des caractéristiques des femmes que par les changements dans ces caractéristiques. Les résultats militent pour la mise en place d'un programme de planification familiale volontaire permettant aux femmes de réduire le nombre de grossesses non désirées, et de choisir un espacement des naissances plus avantageux pour leur santé et pour celui de leurs enfants.

MOTS-CLEFS: besoins non satisfaits, besoins satisfaits, planification familiale, contraception, femmes en union, Tchad.

Corresponding Author: Miangotar Yode

1 INTRODUCTION

Le recours à la contraception moderne, pour espacer ou limiter les grossesses, a un impact direct sur la santé et le bien être des femmes ainsi que sur les issues des grossesses. Dans les pays en développement, l'utilisation de la contraception a permis de réduire la mortalité maternelle, par la réduction du nombre de grossesses non désirées et des grossesses à haut risque [1]. Dans une étude menée au Burkina Faso, on a prouvé que le fait d'accroître l'utilisation des méthodes modernes permet d'obtenir moins d'avortements provoqués, moins de naissances non planifiées et leurs conséquences négatives [2]. On s'attend à ce que les décès maternels et infantiles soient réduits si les besoins des femmes en matière de contraception sont satisfaits. C'est le cas en Inde où Rana et Goli [3] ont observé qu'une diminution des besoins non satisfaits en matière de contraception entre 1993 et 2016 a conduit à une réduction des grossesses non désirées, des avortements et de la mortalité infanto-juvénile.

Au niveau mondial, les taux d'utilisation des contraceptifs sont croissants, et ont permis de réduire les besoins non satisfaits en planification familiale dans la majorité des pays [4]. Dans certains pays de l'Afrique subsaharienne, ces besoins demeurent élevés ou même en hausse. Dans les pays enregistrant un taux de fécondité élevé, la situation est celle d'une coexistence d'un niveau global élevé de besoins non satisfaits et d'un faible niveau de recours à la contraception. Et pourtant, des investissements conséquents ont été réalisés en Afrique subsaharienne pour faire connaître la contraception moderne et inciter la population à y recourir. Ils ont porté sur l'amélioration des services, le plaidoyer, la sensibilisation et l'éducation, la fourniture de produits contraceptifs, le renforcement des chaînes d'approvisionnement en contraceptifs. Ce qui a permis d'améliorer grandement la connaissance des méthodes modernes, par contre, la pratique contraceptive n'a pas toujours suivi. C'est le cas au Mali où Mariko et ses collègues [5] ont observé que, de 1995 à 2006, la pratique contraceptive moderne chez les femmes en union demeurait faible malgré un niveau élevé de connaissance des méthodes modernes. Selon les auteurs, la non connaissance ne semble plus être un facteur explicatif des faibles niveaux de pratique de la contraception. Au Rwanda, Ndaruhuye, Broekhuis et Hooimeijer [6] ont noté que les attitudes négatives à l'égard de la planification familiale et les faiblesses des structures de prestations sont les principaux obstacles à la pratique de la contraception moderne. Dans leur étude portant sur les femmes sénégalaises, mariées ou en cohabitation, susceptibles de tomber enceinte au moment de l'enquête, Machiyama et Cleland [7] ont relevé que plus de la moitié des femmes ayant un besoin non satisfait (BNS) en planification familiale n'avaient pas l'intention d'utiliser la planification familiale dans l'avenir et ceci était consistant parmi toutes les strates de la population. Les auteurs estiment qu'il existe dans ce pays une opposition générale à l'utilisation de la contraception moderne.

Le Tchad détient l'un des niveaux les plus élevés de fécondité au monde. Le nombre d'enfants par femme reste supérieur à 6 depuis 1993, en partie, à cause du faible recours à la planification familiale. L'utilisation actuelle de la contraception par les femmes en union, quelle que soit la méthode, n'était que de 5,7% en 2014-2015 [8]. Elle était de 4,1% en 1996/1997 [9]. En raison de la faible utilisation de la contraception, les naissances sont précoces et peu espacées. De nombreuse jeunes filles de moins de 20 ans ont déjà une vie féconde. Le taux de fécondité des 15-19 ans est passé de 194‰ en 1996-1997 à 179‰ en 2014-2015. En 1996-1997, 23,8% des naissances sont survenues dans un intervalle intergénésique inférieur à deux ans. En 2014-2015, cela concernait 30,2% des naissances. Les intervalles intergénésiques courts (inférieurs à 24 mois) sont nuisibles à la santé et à l'état nutritionnel des enfants et augmentent fortement leurs risques de décéder. Aussi, ces naissances trop rapprochées amoindrissent la capacité physiologique de la femme; ce faisant, elles exposent les mères aux complications durant la grossesse et à l'accouchement. Selon Sonfield [10], il existe un lien entre les grossesses rapprochées et trois mesures clés de l'issue de la naissance: le faible poids de naissance, la naissance prématurée et la petite taille pour l'âge gestationnel.

Au Tchad, la proportion des femmes en union ayant des besoins non satisfaits (BNS) en matière de planification familiale a augmenté dans le temps, passant de 9,4% en 1996-1997 [9] à 22,9% en 2014-2015 [8]. Mais ces BNS portaient davantage sur l'espacement des naissances (6,6% en 1996-1997 et 19,1% en 2014-2015) que sur la limitation des naissances (2,8% en 1996-1997 et 3,8% en 2014-2015). Dans ce pays, la prévalence contraceptive chez les femmes en union devrait être de 28,6% en 2014-2015, si les besoins de toutes les femmes étaient assurés. Ces statistiques montrent que de plus en plus de femmes en union ont des BNS alors même que les produits contraceptifs sont disponibles dans toutes les structures de santé relevant du système de santé tchadien. Le gouvernement et ses partenaires assurent l'approvisionnement des structures de santé en produits contraceptifs à travers la Centrale pharmaceutique d'achat. En l'absence de travaux de recherche sur le sujet, les décideurs et les prestataires ont peu de connaissances sur les caractéristiques de ces femmes aux BNS pour élaborer des actions appropriées afin de les atteindre. Ainsi, une meilleure connaissance des BNS et des caractéristiques des femmes concernées pourra aider le gouvernement et ses partenaires dans leurs efforts d'augmentation de la prévalence contraceptive [4].

La présente recherche vise à décrire la tendance de la satisfaction des besoins en planification familiale (PF) chez les femmes en union, à identifier les facteurs associés à la satisfaction de ces besoins, et à explorer les facteurs déterminants de l'évolution des besoins non satisfaits dans le temps. Quelle est la tendance d'évolution des besoins satisfaits (BS) et des BNS en matière de planification familiale ? Dans le contexte d'une disponibilité de produits contraceptifs dans les centres de santé, quels sont

les facteurs associés aux BS et aux BNS ? Quels sont les facteurs associés à l'évolution des BNS dans le temps ? Les résultats de la recherche contribueront à mieux orienter les interventions pour atteindre les femmes dans le besoin de la planification familiale.

2 MATERIEL ET METHODES

2.1 CONCEPTUALISATION

Le concept de besoins non satisfaits (BNS) en matière de planification familiale fait référence au décalage existant entre les aspirations et les pratiques des individus en matière de fécondité et de contraception [11]. A l'issue de la Conférence internationale sur la population et le développement (CIPD) de 1994, il était admis que de nombreuses femmes désirent différer leur prochaine naissance ou ne plus avoir d'enfants, sans toutefois pratiquer de méthode contraceptive [12]. La population ayant des BNS en matière de planification familiale regroupe les femmes en union qui n'utilisent aucune méthode de contraception, qui ne sont pas infécondes et qui ne sont pas actuellement enceintes et qui ne veulent plus d'enfants ou qui désirent attendre deux ans ou plus avant la prochaine naissance. La définition englobe aussi les femmes enceintes ou en aménorrhée dont la dernière grossesse ou la grossesse actuelle était mal planifiée ou non désirée.

Les recherches conduites en Afrique, et portant sur des données transversales [5], [13], [14], [15], [16], [17] ont permis d'identifier les facteurs associés aux BNS en matière de planification familiale. Quatre groupes de facteurs sont à distinguer: les caractéristiques démographiques (âge actuel, âge au mariage, nombre d'enfants, statut matrimonial), et les caractéristiques culturelles (religion, exposition aux messages des médias) de la femme, les variables relatives à la modernisation (niveau d'instruction et occupation de la femme, urbanisation) et les caractéristiques du ménage (discussion sur la planification familiale au sein du couple, attitude de la femme et du conjoint face à la planification familiale, indice de richesse, région). En considérant les caractéristiques démographiques, les travaux ont montré que le risque de BNS diminue avec l'augmentation de l'âge. L'augmentation du nombre d'enfants est associée positivement aux BNS. Les femmes en union sont plus susceptibles d'éprouver des BNS que celles qui ne sont pas en union. Les femmes en union auraient beaucoup plus de problèmes à limiter leur progéniture que les célibataires, les divorcées ou les veuves, en raison des aspirations vivaces pour des familles de grande taille. Pour les variables relatives à la modernisation, il est établi que les femmes instruites sont moins susceptibles d'exprimer des BNS, que leurs homologues non instruites. Il en est de même pour les femmes du milieu urbain qui sont moins susceptibles d'avoir des BNS, comparées à celles du milieu rural. Les femmes instruites ou citadines éprouveraient moins de contraintes à utiliser la contraception; elles peuvent prendre des initiatives dans ce domaine et accéder plus facilement aux méthodes contraceptives. La signification et l'importance des effets de ces variables varient d'une étude à une autre, et suivant la composante de BNS (pour espacer ou limiter les naissances) considérée.

2.2 DONNEES

La recherche porte sur les femmes tchadiennes en union ayant des besoins satisfaits ou non en matière de planification familiale. Les données de l'Enquête démographique et de santé (EDS) de 1996-1997 et de l'Enquête démographique et de santé et à indicateurs multiples (EDS-MICS) de 2014-2015 ont été utilisées pour d'étudier les tendances et les facteurs prédictifs de l'évolution des besoins non satisfaits (BNS) en matière de planification familiale. La variable principale est la v626, « unmet need (definition 2)", disponible dans les deux bases de données. Au cours des EDS ou des EDS-MICS, une série de question a été posée aux femmes pour évaluer la satisfaction des besoins en matière de planification familiale. Il est demandé aux femmes âgées de 15-49 ans si elles aimeraient avoir un enfant (ou un autre enfant) et si oui, dans combien de temps, ou si elles préféreraient ne pas ou ne plus en avoir. Pour calculer le BNS, les analystes relient les réponses à ces questions à la capacité de procréation des femmes et leur recours ou non à la contraception au moment de l'enquête.

Pour réaliser les analyses contenues dans le présent article, un sous-échantillon de femmes en union au moment de chaque enquête a été retenu, ce qui représente 5 731 femmes en 1996-1997 et 13 439 en 2014-2015. En raison du faible effectif des femmes déclarant des besoins en planification familiale pour la limitation des naissances, les analyses ne feront pas de distinction entre le recours à la contraception pour espacer les naissances et pour limiter les naissances.

2.3 ANALYSES

Les analyses ont été descriptives et multivariées. L'analyse descriptive a porté sur la présentation des tendances d'évolution, dans le temps, des besoins satisfaits (BS) et des besoins non satisfaits (BNS) en matière de planification familiale. L'analyse multivariée a mis en relation la satisfaction des besoins en matière de planification familiale et les caractéristiques démographiques (âge à l'enquête, entrée en union avant 18 ans, type d'union, nombre total d'enfants nés vivants, nombre

total d'enfants décédés) et culturelles (appartenance religieuse, fréquentation des structures de santé) de la femme, les variables relatives à la modernisation (niveau de scolarisation, occupation de la femme hors du ménage) et les caractéristiques du ménage (niveau de scolarisation du partenaire, zone de résidence). Cette analyse a été conduite au moyen de la régression multinomiale. La variable dépendante, « satisfaction des besoins en matière de planification familiale » comprend trois modalités: Pas de besoins, Besoins non satisfaits, et Besoins satisfaits. L'analyse a permis d'identifier les facteurs associés aux modalités « besoins satisfaits » et « besoins non satisfaits ». Les modèles ont été construits en fonction de l'année d'enquête. Pour affiner l'analyse de la tendance d'évolution des BNS, une analyse de décomposition multivariée, basée sur le logit, a été mise en œuvre pour identifier les facteurs contribuant à l'évolution des BNS entre les deux enquêtes. La variable dépendante est binaire. L'augmentation des BNS entre les deux périodes peut s'expliquer par les différences de caractéristiques (ou changements de composition) entre les enquêtes et/ou la différence des effets des variables explicatives (ou changements de coefficients) entre les enquêtes.

3 RESULTATS

3.1 CARACTERISTIQUES DES FEMMES EN UNIONS

L'évolution dans le temps de la proportion des femmes ayant des BNS et des BS pourrait être le reflet d'une évolution dans la composition des échantillons des femmes aux deux enquêtes. Sur le tableau 1, on observe qu'en 2014, les proportions de femmes ont baissé dans certaines catégories alors que c'est l'inverse dans les autres catégories. Ainsi, en 2014, on assiste à une baisse de la proportion des femmes de moins de 25 ans, des femmes entrées en union avant 18 ans, des femmes des unions polygames, de celles qui ont moins de 3 enfants, de celles dont les enfants sont décédés, des non chrétiennes, des femmes qui n'ont pas fréquenté un centre de santé au cours des 12 derniers mois, des non scolarisées, des femmes n'ayant pas d'occupation hors du ménage, des femmes dont la partenaire n'a pas atteint au moins le secondaire. Comparées à 1996, l'échantillon de 2014 regroupe davantage de femmes exposées aux variables de la modernité et mariées moins précocement. Ces femmes ont plusieurs enfants survivants.

Tableau 1. Caractéristiques des femmes en unions, EDS 1996-1997 et EDS-MICS 2014-2015

Caractéristiques	EDS 1996-1997	EDS-MICS 2014-2015	Evolution dans la composition	
			Différence	Pourcentage
Groupe d'âges				
15-19	13,7	11,4	-2,4	-17,3
20-24	20,4	18,0	-2,4	-11,7
25-29	21,4	22,3	0,8	3,9
30-34	15,3	17,2	2,0	13,0
35-39	13,4	13,7	0,3	2,5
40-44	8,6	9,6	1,0	12,1
45-49	7,2	7,8	0,6	8,2
Entrée en union avant 18 ans				
Non	23,0	24,8	1,8	7,9
Oui	77,0	75,2	-1,8	-2,4
Type d'union				
Monogame	60,9	62,0	1,2	1,9
Polygame	39,1	38,0	-1,2	-3,0
Entrée en union avant 18 ans				
Non	23,0	24,8	1,8	7,9
Oui	77,0	75,2	-1,8	-2,4
Nombre total d'enfants nés vivant				
0	8,8	5,4	-3,5	-39,3
1-2	28,2	22,6	-5,6	-20,0
3-4	22,5	23,7	1,2	5,2
5-6	19,4	20,4	1,1	5,5

7 et plus	21,1	28,0	6,9	32,5
Nombre total d'enfants décédés				
0	55,4	60,3	4,9	8,8
1	22,2	20,2	-2,0	-8,9
2	11,5	10,5	-1,1	-9,2
3 et plus	10,9	9,0	-1,9	-17,2
Appartenance religieuse				
Chrétien	39,3	42,3	3,0	7,5
Musulman	54,5	54,2	-0,3	-0,6
Animiste/Autres	6,1	3,5	-2,6	-42,9
Visite dans un centre de santé au cours des 12 derniers mois				
Non	62,4	58,6	-3,8	-6,0
Oui	37,6	41,4	3,8	10,0
Niveau de scolarisation de la femme				
Non scolarisées	80,2	68,4	-11,8	-14,7
Primaire	17,1	21,7	4,6	26,7
Secondaire ou plus	2,7	9,9	7,2	272,2
Occupation de la femme hors du ménage				
Non	68,4	63,1	-5,3	-7,7
Oui	31,6	36,9	5,3	16,7
Niveau de scolarisation du partenaire				
Non scolarisées	66,1	62,3	-3,9	-5,9
Primaire	23,2	17,6	-5,6	-24,2
Secondaire ou plus	10,7	20,2	9,5	89,0
Ensembles provinciaux				
N'Djaména	8,8	7,1	-1,7	-18,9
Borkou Ennedi Tibesti/Kanem/Lac	10,6	11,6	1,0	9,0
Batha/Guera/Salamat	12,3	12,2	0,0	-0,2
Wadi Fira/Ouaddai	12,0	9,9	-2,1	-17,7
Hadjer Lamis/Chari-Baguirmi	12,3	12,1	-0,2	-1,9
Mayo Kebbi Est et Ouest	11,7	13,2	1,4	12,2
Tandjile/Logone Occidental et Oriental	21,6	21,5	-0,1	-0,6
Moyen Chari/Mandoul	10,7	12,5	1,8	16,5

3.2 EVOLUTION DES BESOINS NON SATISFAITS ET DES BESOINS SATISFAITS EN MATIERE DE PLANIFICATION FAMILIALE

La demande potentielle en matière de planification familiale des femmes en union, qui comprend les besoins non satisfaits (BNS) et les besoins satisfaits (BS), est en augmentation au Tchad, passant de 14,6% (1996-1997) à 27,9% (2014-2015). Cette augmentation est en réalité le fait des BNS (fig. 1). Aux deux périodes, la proportion de femmes ayant des BS en matière de planification familiale est plus faible que celle des femmes ayant des BNS. En plus, de 1996 à 2014, la proportion de femmes ayant des BS a très peu évolué (4,4% à 5,7%), alors que celle des femmes ayant des BNS a plus que doublé (de 10,2% à 22,3%). Ce résultat montre la nécessité de connaitre les facteurs qui ont une influence sur les BNS, d'autant plus que du côté de l'offre, les services et les produits sont disponibles. L'UNFPA, principal partenaire du gouvernement dans le domaine de la planification familiale, alloue chaque année les produits contraceptifs conformément aux besoins exprimés par le gouvernement [18]. Des acteurs se mobilisent aussi pour la formation et le renforcement de capacités des prestataires de planification familiale, et pour la sensibilisation de la population à l'utilisation des services. Au regard des présents résultats, on peut supposer que ces mobilisations ont davantage permis de faire connaitre la planification familiale, sans toutefois faire reculer les barrières à son utilisation.

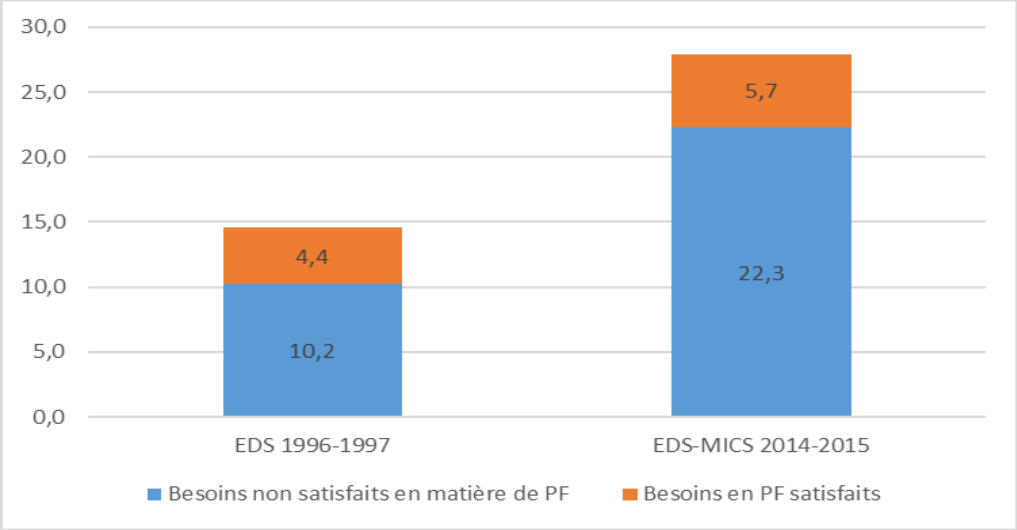


Fig. 1. Evolution (%) des besoins non satisfaits et des besoins satisfaits en matière de planification familiale (PF) des femmes en union, de 1996 à 2014

3.3 FACTEURS ASSOCIES AUX BESOINS NON SATISFAITS (BNS) ET AUX BESOINS SATISFAITS (BS) CHEZ LES FEMMES EN UNION

Les résultats des analyses multivariées sont présentés dans le tableau 2. Ils portent sur les coefficients des modèles de régression; ils permettent d'identifier les facteurs associés aux besoins non satisfaits (BNS) et aux besoins satisfaits (BS) chez les femmes en union, par période. La plupart des variables sont associées significativement aux BNS et/ou aux BS. En considérant les caractéristiques de la femme et les variables relatives à la modernisation, il ressort des analyses multivariées que le « nombre d'enfants nés vivants", la « visite dans un centre de santé au cours des 12 derniers mois", le « niveau de scolarisation de la femme » et l'« emploi hors du ménage » sont associés positivement aux BNS et/ou aux BS, contrairement à l'« âge à l'enquête", au « premier mariage avant 18 ans », au « nombre d'enfants décédés » et à l'« appartenance religieuse ». Pour les variables associées positivement, les résultats montrent que l'augmentation du nombre d'enfants nés vivants accroît les risques des BNS et des BS, dans tous les modèles. Les femmes qui ont été en visite dans un centre de santé au cours des 12 derniers mois sont plus susceptibles de rapporter des BS en planification familiale (PF). Les femmes ayant le niveau primaire, le secondaire ou plus sont plus enclines à avoir des BNS et/ou des BS, comparées à leurs consœurs non scolarisées. L'exercice d'une activité hors du ménage par la femme est associé significativement aux BS dans le modèle d'ensemble et dans celui de 2014-2015. Les femmes qui travaillent au bureau ou qui exercent une activité économique hors du ménage reporteraient davantage les BS en planification familiale (PF). S'agissant des variables associées négativement, on observe que l'âge au moment de l'enquête est associé significativement aux BNS dans les trois modèles. Comparées aux femmes de 15-19 ans, les femmes plus âgées sont moins enclines à exprimer des BNS. Les femmes entrées en union avant 18 ans sont moins disposées à avoir des BNS en PF. L'augmentation du nombre d'enfants décédés réduit les risques des BNS et des BS, dans tous les modèles. Les femmes musulmanes sont moins susceptibles d'avoir des BS dans le modèle d'ensemble et dans celui de 2014-2015. S'agissant des caractéristiques du ménage, les résultats montrent que, dans l'ensemble, les femmes en union résidant dans les provinces autres que N'Djaména sont moins susceptibles d'éprouver des BNS et des BS. Ces résultats restent valables pour les deux périodes, 1996-1997 et 2014-2015, mais non significatifs pour certains ensembles provinciaux surtout pour les BNS en 1996-1997. Le « niveau de scolarisation du partenaire » est associé positivement aux BNS et aux BS. Les femmes dont le conjoint a le niveau secondaire ou plus sont plus portées à avoir des BS dans le modèle d'ensemble, et des BNS et des BS en 1996-1997.

Tableau 2. Coefficients des modèles de régression pour identifier les facteurs associés aux besoins non satisfaits (BNS) et aux besoins satisfaits (BS) chez les femmes en union, par période

Variables	Ensemble				1996-1997				2014-2015			
	BNS en PF		BS en PF		BNS en PF		BS en PF		BNS en PF		BS en PF	
	Coefficient	P>|z|	Coefficient	P>|z|	Coefficient	P>|z|	Coefficient	P>|z|	Coefficient	P>|z|	Coefficient	P>|z|
Groupes d'âges												
15-19	0,000		0,000		0,000		0,000		0,000		0,000	
20-24	-0,182	0,015	0,045	0,775	-0,152	0,390	0,052	0,847	-0,198	0,017	0,059	0,762

25-29	-0,524	0,000	0,179	0,270	-0,842	0,000	0,005	0,987	-0,472	0,000	0,282	0,154
30-34	-0,799	0,000	0,178	0,331	-1,363	0,000	-0,402	0,249	-0,692	0,000	0,396	0,072
35-39	-1,026	0,000	-0,126	0,542	-1,255	0,000	-0,535	0,176	-0,998	0,000	0,092	0,707
40-44	-1,297	0,000	-0,428	0,065	-1,491	0,000	-1,006	0,032	-1,269	0,000	-0,155	0,571
45-49	-2,418	0,000	-1,368	0,000	-2,667	0,000	-1,684	0,005	-2,369	0,000	-1,149	0,000
Entrée en union avant 18 ans												
Non	0,000		0,000		0,000		0,000		0,000		0,000	
Oui	-0,373	0,000	-0,036	0,680	-0,569	0,000	-0,156	0,370	-0,337	0,000	0,016	0,873
Type d'union												
Monogame	0,000		0,000		0,000		0,000		0,000		0,000	
Polygame	0,035	0,398	-0,064	0,386	0,183	0,061	0,105	0,472	0,004	0,922	-0,114	0,191
Nombre total d'enfants nés vivants	0,228	0,000	0,235	0,000	0,353	0,000	0,268	0,000	0,203	0,000	0,227	0,000
Nombre total d'enfants décédés	-0,150	0,000	-0,169	0,000	-0,210	0,000	-0,433	0,000	-0,139	0,000	-0,116	0,003
Appartenance religieuse												
Chrétienne	0,000		0,000		0,000		0,000		0,000		0,000	
Musulman	-0,041	0,592	-0,397	0,001	0,199	0,262	0,142	0,548	-0,068	0,415	-0,514	0,000
Animiste/Autres	-0,142	0,199	-0,394	0,111	0,145	0,501	-0,084	0,837	-0,223	0,086	-0,489	0,121
Visite dans un centre de santé au cours des 12 derniers mois												
Non	0,000		0,000		0,000		0,000		0,000		0,000	
Oui	0,085	0,042	0,894	0,000	0,133	0,192	0,573	0,000	0,075	0,102	1,006	0,000
Niveau de scolarisation												
Non scolarisées	0,000		0,000		0,000		0,000		0,000		0,000	
Primaire	0,189	0,001	0,374	0,000	0,291	0,026	0,446	0,015	0,169	0,006	0,333	0,001
Secondaire ou plus	0,370	0,000	1,297	0,000	1,001	0,000	1,480	0,000	0,306	0,001	1,319	0,000
Emploi hors du ménage												
Non	0,000		0,000		0,000		0,000		0,000		0,000	
Oui	-0,067	0,138	0,446	0,000	-0,026	0,806	0,253	0,100	-0,066	0,183	0,483	0,000
Ensembles provinciaux												
N'Djaména	0,000		0,000		0,000		0,000		0,000		0,000	
BET, Kanem, Lac	-0,803	0,000	-2,685	0,000	-0,620	0,012	-1,778	0,000	-0,847	0,000	-3,326	0,000
Batha/Guera/Salamat	-0,723	0,000	-1,010	0,000	-0,255	0,236	-0,886	0,007	-0,811	0,000	-1,065	0,000
Wadi Fira/Ouaddai	-0,592	0,000	-0,850	0,000	-0,175	0,421	-0,282	0,337	-0,688	0,000	-1,299	0,000
Hadjer Lamis, Chari-Baguirmi	-0,379	0,000	-1,555	0,000	-0,454	0,036	-0,749	0,008	-0,392	0,000	-2,409	0,000
Mayo Kebbi Est et Ouest	-0,425	0,000	-1,739	0,000	-0,125	0,583	-1,502	0,000	-0,463	0,000	-1,752	0,000
Tandjile, Logone Occidental et Oriental	-0,361	0,000	-0,496	0,000	-0,015	0,945	-0,433	0,103	-0,417	0,000	-0,484	0,001
Moyen Chari et Mandoul	-0,172	0,080	-0,040	0,762	0,308	0,168	-0,075	0,782	-0,262	0,017	-0,015	0,923
Niveau de scolarisation du partenaire												
Non scolarisée	0,000		0,000		0,000		0,000		0,000		0,000	
Primaire	-0,032	0,579	-0,153	0,126	0,231	0,077	0,308	0,136	-0,097	0,140	-0,274	0,019
Secondaire	-0,020	0,758	0,342	0,001	0,434	0,013	1,015	0,000	-0,107	0,126	0,133	0,237
Constance	-1,622	0,000	-3,712	0,000	-2,466	0,000	-3,766	0,000	-0,604	0,000	-3,752	0,000
Effectif	18538				5388				13150			

3.4 DECOMPOSITION DE L'EVOLUTION DES BNS

De 1996-1997 à 2014-2015, la proportion de femmes en union ayant des besoins non satisfaits (BNS) en matière de planification familiale a plus que doublé (de 10,2% à 22,3%). L'examen du tableau 1 renseigne aussi qu'il existe une variation

dans la composition des femmes aux deux périodes. Les tableaux 3 et 4 présentent les résultats de la décomposition de l'évolution des BNS. L'augmentation globale des BNS expliquée par les changements des effets des caractéristiques des femmes en union est plus importante (0,106290) que celle expliquée par les changements dans ces caractéristiques (0,015371) (Tableau 3). Les résultats montrent que 12,6% de la variation était due à la différence de composition (dotation) des deux enquêtes. La variation des BNS est donc principalement due à la différence de coefficient (effets des caractéristiques) entre les deux enquêtes, puisque 87,4% de variation étaient attribuables à la différence entre les coefficients. Il faut toutefois reconnaître que ce pourcentage est le fait de la valeur de la constance (165,8%) puisque la somme des pourcentages associés coefficients des variables est négative (-78,43%). Une telle situation pourrait traduire une insuffisance dans la spécification du modèle.

En considérant l'augmentation des BNS, entre les deux enquêtes, attribuable à la différence de composition des groupes d'échantillons, les variables les plus déterminantes sont le groupe d'âges, l'entrée en union avant 18 ans, le nombre total d'enfants nés vivants, le nombre total d'enfants décédés et les ensembles provinciaux (Tableau 4). La grande contribution de la dotation est attribuable aux différences de composition des femmes suivant le nombre d'enfants nés vivants (14,49), et le nombre d'enfants décédés (1,84). Ce sont donc des variables relatives à la mortalité et à la fécondité qui sont les plus déterminantes. Elles sont suivies de la variable relative à la nuptialité, en particulier l'entrée en union avant 18 ans. En considérant l'évolution attribuable aux changements des effets des caractéristiques des femmes, les facteurs associés sont le groupe d'âges, le nombre total d'enfants nés vivants, le niveau de scolarisation de la femme, les ensembles provinciaux et le niveau de scolarisation du partenaire. On observe une grande contribution, mais négative, du nombre total d'enfants nés vivants (54,2%). Les autres contributions significatives sont davantage négatives. C'est le cas de la résidence dans le Batha/Guera/Salamat (6%), le Wadi Fira/Ouaddai (5,2%), le Moyen Chari et Mandoul (5,8%), l'atteinte du niveau secondaire ou plus par la femme (1,3%) ou son partenaire (4,3%). La seule contribution positive significative est celle du groupe des femmes âgées de 30-34 ans (8,6%).

Tableau 3. Résumé des résultats de la décomposition globale des besoins non satisfaits (BNS) en matière de planification familiale chez les femmes en union au Tchad de 1996-1997 à 2015-2015

Besoins non satisfaits (BNS) en matière de planification familiale	Coefficients	P>|z|	%
Différence due aux caractéristiques (E)	0,015371	0.000	12,63
Différence due aux coefficients (C)	0,106290	0.000	87,37
Différence due à l'interaction (R)	0,121660	0.000	

Tableau 4. Logit décomposition de l'évolution du changement des besoins non satisfaits (BNS) chez les femmes en union au Tchad, de 1996-1997 à 2015-2015

Caractéristiques	Différence due aux caractéristiques (E)			Différence due aux coefficients (C)		
	Coefficients	P>|z|	%	Coefficients	P>|z|	%
Groupes d'âges						
15-19	0,00000000			0,00000000		
20-24	0,00067851	0,057	0,56	-0,00078321	0,865	-0,64
25-29	-0,00063741	0,000	-0,52	0,00858990	0,107	7,06
30-34	-0,00204780	0,000	-1,68	0,01045000	0,019	8,59
35-39	-0,00041716	0,000	-0,34	0,00335510	0,426	2,76
40-44	-0,00200080	0,000	-1,64	0,00185210	0,534	1,52
45-49	-0,00205220	0,000	-1,69	0,00242030	0,464	1,99
Entrée en union avant 18 ans						
Non	0,00000000			0,00000000		
Oui	0,00096834	0,000	0,80	0,01898900	0,086	15,61
Type d'union						
Monogame	0,00000000			0,00000000		
Polygame	-0,00003018	0,783	-0,02	-0,00689660	0,162	-5,67
Nombre total d'enfants nés vivants	0,01762900	0,000	14,49	-0,06597600	0,000	-54,23
Nombre total d'enfants décédés	0,00224100	0,000	1,84	0,00496960	0,339	4,08
Appartenance religieuse						

Chrétienne	0,00000000			0,00000000		
Musulman	0,00000407	0,926	0,00	-0,01206700	0,315	-9,92
Animiste/Autres	0,00081389	0,179	0,67	-0,00228750	0,231	-1,88
Visite dans un centre de santé au cours des 12 derniers mois						
Non	0,00000000			0,00000000		
Oui	-0,00003164	0,913	-0,03	-0,00435830	0,381	-3,58
Niveau de scolarisation						
Non scolarisées	0,00000000			0,00000000		
Primaire	0,00096277	0,069	0,79	-0,00213350	0,457	-1,75
Secondaire ou plus	0,00165650	0,153	1,36	-0,00162050	0,034	-1,33
Emploi hors du ménage						
Non	0,00000000			0,00000000		
Oui	-0,00091464	0,059	-0,75	-0,00251180	0,552	-2,06
Ensembles provinciaux						
N'Djaména	0,00000000			0,00000000		
BET, Kanem, Lac	-0,00127060	0,000	-1,04	-0,00241540	0,425	-1,99
Batha/Guera/Salamat	0,00010539	0,000	0,09	-0,00729530	0,020	-6,00
Wadi Fira/Ouaddai	0,00190380	0,000	1,56	-0,00634810	0,042	-5,22
Hadjer Lamis, Chari-Baguirmi	0,00012159	0,014	0,10	0,00128650	0,683	1,06
Mayo Kebbi Est et Ouest	-0,00050148	0,019	-0,41	-0,00368230	0,250	-3,03
Tandjile, Logone Occidental et Oriental	-0,00003947	0,007	-0,03	-0,00944260	0,090	-7,76
Moyen Chari et Mandoul	-0,00068330	0,043	-0,56	-0,00702170	0,012	-5,77
Niveau de scolarisation du partenaire						
Non scolarisée	0,00000000			0,00000000		
Primaire	0,00057286	0,405	0,47	-0,00723330	0,066	-5,95
Secondaire	-0,00172390	0,159	-1,42	-0,00526100	0,019	-4,32
Total	0,01530714		12,58	-0,09542161		-78,43
Constance				0,20171000	0,000	165,80
Effectif	19170					

4 DISCUSSIONS

La présente recherche est l'une des rares à s'intéresser à la satisfaction des besoins en matière de planification familiale au Tchad. La recherche visait à décrire la tendance de la satisfaction des besoins en planification familiale chez les femmes en union, à identifier les facteurs associés à la satisfaction de ces besoins, et à explorer les facteurs déterminants pour l'évolution des besoins non satisfaits dans le temps.

Les résultats montrent que, de 1996 à 2014, la proportion de femmes en union exprimant des besoins satisfaits (BS) et des besoins non satisfaits (BNS) a augmenté, passant respectivement de 4,4% à 5,7% pour les BS, et de 10,2% à 22,3% pour les BNS. L'évolution a été plus importante pour les BNS (118,6%) que pour les BS (29,5%). Au Mali, Mariko et ses collègues [5] n'ont observé qu'une légère augmentation du pourcentage de femmes en union ayant des besoins non satisfaits en matière de planification familiale, de 1995 à 2006. Sanni [15] n'a relevé aucune évolution au Bénin, de 1996 à 2006. Dans la présente étude, entre 1996 et 2014, le profil des femmes en union a aussi changé, et serait probablement le déterminant de l'augmentation des besoins en matière de planification familiale. En 2014, les femmes en union ont davantage expérimenté la modernité, même au sein de leurs couples. Entrées moins précocement en union, elles ont eu plus d'enfants, qui ont mieux survécu. La conjugaison de la modernité et d'une fécondité élevée a contribué à forger les besoins des femmes en matière de planification familiale. Ainsi, les résultats montrent que les femmes fécondes ayant déjà plusieurs enfants désirent espacer ou limiter les naissances. Malheureusement, très peu utilisent la contraception et restent exposées aux grossesses non planifiées. D'ailleurs, certaines femmes ont plusieurs enfants probablement par manque d'accès aux moyens appropriés pour éviter d'en avoir autant.

Les analyses multivariées ont permis d'identifier les facteurs associés positivement aux BS et aux BNS. Il s'agit des variables relatives à la fécondité (nombre d'enfants nés vivants), à la fréquentation des structures de santé (visite dans un centre de santé au cours des 12 derniers mois), à la scolarisation (niveau de scolarisation de la femme et du partenaire), à l'exercice d'une activité hors du ménage (emploi hors du ménage) et à la zone de résidence (résidence dans la ville de N'Djaména). Plusieurs études réalisées en Afrique ont débouché sur des résultats similaires. Pour les variables associées positivement, les résultats montrent que l'augmentation du nombre d'enfants nés vivants accroît les risques des BNS et des BS. Les résultats relatifs aux BNS sont cohérents avec ceux des études de Zoetyande et ses collègues [19], Nyauchi et Omedi [16], Delbiso [17], et Mariko et ses collègues [5]. L'étude a montré que les femmes ayant été en visite dans un centre de santé au cours des 12 derniers mois sont plus susceptibles de rapporter des BS en planification familiale. Les femmes ayant le niveau primaire, le secondaire ou plus sont plus enclines à avoir des BNS et/ou des BS, comparées à leurs consœurs non scolarisées. Les résultats portant sur les BNS sont dans le même sens que ceux de Mariko et ses collègues (2009). Par contre, les résultats ne confirment pas ceux d'autres travaux [13], [16], [17]. L'exercice d'une activité hors du ménage par la femme est associé significativement aux BS. Or, dans le milieu rural kenyan, Nyauchi et Omedi [16] ont relevé qu'une femme qui travaille a moins de BS que celle qui ne travaille pas. Zoetyande et ses collègues [19] n'ont pas relevé une relation significative entre l'occupation et les BNS. S'agissant des variables associées négativement, on observe que l'âge au moment de l'enquête est associé significativement aux BNS. Comparées aux femmes de 15-19 ans, les femmes plus âgées sont moins enclines à exprimer des BNS. Ce résultat va dans le même sens que celui de Nyauchi et Omedi [16]. Les femmes entrées en union avant 18 ans sont moins disposées à avoir des BNS en PF. Delbiso [17] a obtenu une relation contraire dans ses travaux. L'augmentation du nombre d'enfants décédés réduit les risques des BNS et des BS. Les femmes musulmanes sont moins susceptibles d'avoir des BS. Concernant les caractéristiques du ménage, les résultats montrent que, dans l'ensemble, les femmes en union résidant dans les provinces autres que N'Djaména sont moins susceptibles d'éprouver des BNS et des BS. Administrativement, N'Djaména, qui est la capitale du Tchad, a le statut de province. Ainsi, elle est la province la plus urbanisée du pays. Le résultat des BNS obtenu pour cette ville est différent de ceux observés dans les autres contextes où les BNS sont plutôt importants dans le milieu rural [13], [17]. Enfin, les femmes dont le conjoint a le niveau secondaire ou plus sont plus portées à avoir des BS et des BNS.

Il ressort de l'analyse de décomposition que l'augmentation du BNS en matière de planification familiale, de 1996-1997 à 2014-2015, est davantage expliquée par les changements des effets des caractéristiques des femmes en union que par les changements dans ces caractéristiques. Mais cet effet est essentiellement capté par la constance du modèle, ce qui indique que les variables à l'origine de ce changement ne sont pas entièrement prises en compte dans le modèle. En considérant l'évolution attribuable aux changements des effets des caractéristiques, le facteur qui a le plus contribué à l'augmentation des BNS est le groupe d'âges. A l'inverse, l'augmentation du nombre total d'enfants nés vivants, l'atteinte du niveau secondaire ou plus par la femme et son partenaire et la résidence dans certaines provinces hors de N'Djaména ont contribué à sa réduction. S'agissant de l'augmentation des BNS, entre les deux enquêtes, attribuable à la différence de composition des groupes d'échantillons, les variables les plus déterminantes sont l'entrée en union avant 18 ans, le nombre total d'enfants nés vivants et le nombre total d'enfants décédés. Les variables dont la contribution affecte négativement les BNS sont le groupe d'âges et la résidence dans certaines provinces hors de N'Djaména.

Suite aux analyses multivariées, des facteurs associés aux BS et aux BNS en matière de planification familiale ont été identifiés, ainsi que ceux associés à l'évolution dans le temps des BNS. L'expression du désir de recourir à la planification familiale pour espacer ou limiter les naissances est le fait des femmes présentant les traits de modernité ou de progrès, mais aussi des femmes ayant plusieurs enfants survivants. Par contre, l'entrée précoce en union et l'expérience de nombreux décès d'enfants sont des situations qui éloignent les femmes de ce désir. Les femmes les plus susceptibles de présenter des BNS en matière de planification familiale sont les femmes entrées précocement en union, celles qui ont plusieurs enfants survivants ainsi que celles qui ont déjà eu connu de décès de leurs enfants. Ces femmes ont vécu très tôt des situations sociales dont les influences se maintiennent dans leurs vies adultes. En effet, les femmes qui ont connu plusieurs épisodes dans leur vie féconde sont souvent celles qui se sont mariées précocement, et qui par conséquent n'ont pas été à l'école ou ne sont pas restées longtemps dans le système. Les défis associés à leurs rôles d'épouses et de mères limitent leurs capacités à s'ouvrir à des milieux et des cadres susceptibles d'offrir des informations et des connaissances sur la planification familiale.

Les résultats de cette recherche traduiraient une insuffisance d'information et de sensibilisation sur la planification familiale destinée aux femmes, dont la plupart ont moins de chance d'être au contact des institutions comme les écoles et les centres de santé. Ils traduisent aussi une incapacité des services de planification familiale à se rapprocher des cibles les plus nécessiteuses en information et en services. Au Tchad, les préoccupations relatives à la planification familiale sont devenues moins prioritaires depuis les grands engagements du gouvernement dans la lutte contre le VIH/Sida dans les années 1990. Les dernières décennies ont été marquées par une faible mobilisation des acteurs pour l'information et la sensibilisation de la population. Toutefois, depuis 2017, le pays s'est engagé dans le Family Planning 2020. Dans le plan d'action proposé par le gouvernement, suite à cet engagement, on observe un positionnement de plusieurs ONG opérant au Tchad. Les résultats de la

présente étude pourraient permettre aux acteurs pour adapter leurs interventions et services conformément aux profils des cibles les plus dans le besoin.

Les femmes ayant des besoins non satisfaits (BNS) présentent des profils diversifiés. Beaucoup d'entre elles n'ont pas en réalité besoin de planification familiale [12]. On retrouve celles qui sont opposées aux pratiques contraceptives, celles qui se méfient des conséquences médicales de la contraception et celles qui ont une activité sexuelle peu fréquente. La réponse aux BNS est donc à rechercher à la fois du côté de la demande (femmes en âge de procréer) et de l'offre (services de planification familiale). C'est ainsi que les recherches ayant porté sur le sujet ont formulé des recommandations ciblant les deux composantes de la réponse. En raison du lien entre la parité et les BNS, Igwegbe, Ugboaja et Monago [14] ont proposé d'inclure les hommes dans les politiques et les programmes conçus pour améliorer la pratique de la planification familiale. Delbiso [17] recommande d'élargir l'accès à la contraception dans les zones rurales, d'autonomiser les femmes et les chefs religieux et communautaires et d'orienter l'éducation de la communauté sur la planification familiale (PF). Nyauchi et Omedi [16] estime que, pour réduire les BNS, les acteurs devraient prioriser l'éducation et l'autonomisation économique des femmes et offrir des services adaptés au profil des femmes (âge et statut matrimonial). Ndaruhuye, Broekhuis et Hooimeijer [6] notent que les services de planification familiale à l'échelle de la collectivité pourraient améliorer grandement l'accès, en particulier dans les provinces sous-desservies. Akoto et ses collègues [13] considèrent qu'il faut réduire les inégalités d'accès aux services, diversifier les services et mettre en oeuvre une stratégie avancée pour l'atteinte des populations les moins bien servies. Les auteurs plaident pour un renforcement des actions de communication pour le changement de comportement, l'habilitation de la femme par la promotion du dialogue au sein du couple, et la promotion du dialogue parents-enfants pour l'éducation des enfants dans leurs futurs rôles en tant parents.

5 CONCLUSION GENERALE

Les femmes tchadiennes qui ont des besoins non satisfaits en planification familiale vivent, pour la plupart, dans des contextes socioéconomiques sahéliens fragilisés par le changement climatique. La réflexion proposée par Bremner, Patterson et Yavinsky [20] sur le rôle de la planification familiale dans la résilience des familles et des communautés est particulièrement intéressante pour ces pays. Pour ces auteurs, les femmes sont souvent au cœur des stratégies d'adaptation face aux crises et à la vulnérabilité. Il est nécessaire de renforcer leurs capacités adaptatives et leurs aptitudes à limiter la vulnérabilité et le risque. La planification familiale volontaire peut renforcer les capacités adaptatives des femmes et à leurs aptitudes à limiter les risques qui les menacent et qui menacent leurs familles. Elle peut leur permettre de réduire le nombre de grossesses non désirées, mais aussi de choisir un espacement des naissances plus avantageux pour leur santé et pour celui de leurs enfants.

REFERENCES

[1] J. Cleland, A. Conde-Agudelo, H. Peterson, J. Ross and A. Tsui, « Contraception and health», The Lancet, Vol. 380, No. 9837, pp149-156, 2012.

[2] M. Vlassoff, A. Bankole, A. Sundaram, L. Remez and D. Belemsaga/Yugbare, « Avantages liés à la satisfaction des besoins en matière de contraception moderne au Burkina Faso», Guttmacher Institute. En Bref. Série 2011, No 1, 8 pages.

[3] M. J. Rana and S. Goli, « The road from ICPD to SDGs: Health returns of reducing the unmet need for family planning in India ». Midwifery, Vol. 103, 2021. Article 103107. https://doi.org/10.1016/j.midw.2021.103107.

[4] Ashford, L., Besoin insatisfait en planning familial: les tendances récentes et leurs répercussions sur les programmes. Population Reference Bureau, 2003.

[5] Mariko, S., Ayad, M., Hong, R., Kéïta, O., et Diop, M., Pratique contraceptive et importance des besoins non satisfaits en matière de planification familiale au Mali, de 1995 à 2006: Analyses approfondies des Enquêtes Démographiques et de Santé au Mali, 1995-1996, 2001 et 2006. Rapports d'analyses approfondies des EDS No. 69. Calverton, Maryland, USA: CPS/DNSI et ICF Macro, 2009.

[6] D. M. Ndaruhuye, A. Broekhuis et P. Hooimeijer, « Demande et besoin non satisfait de moyens de limitation des naissances au Rwanda», Perspectives Internationales sur la Santé Sexuelle et Génésique, Numéro spécial, pp. 2–10, 2011.

[7] K. Machiyama, and J. Cleland, « Analyse des besoins non satisfaits au Sénégal», Rapport de Recherche STEP UP. London: London School of Hygiene & Tropical Medicine, 2013.

[8] Institut National de la Statistique, des Études Économiques et Démographiques (INSEED), Ministère de la Santé Publique (MSP) et ICF International, Enquête Démographique et de Santé et à Indicateurs Multiples (EDS-MICS 2014-2015). Rockville, Maryland, USA: INSEED, MSP et ICF International, 2014-2015.

[9] Bandoumal, O., Nodjimadji, K., Bagamla, T., Madnodji, R., Tokindang, J. S., Ngakoutou, N., Ngoniri, J. N., Bédaou, C., Koyalta, D., Barrère, B., Barrère, M., Enquête Démographique et de Santé Tchad 2004. INSEED et ORC Macro, Calverton, Maryland, U.S.A, 2004.

[10] Sonfield, A., Hasstedt, K., Kavanaugh, M. L., and Anderson, R., The Social and Economic Benefits of Women's Ability to Determine Whether and When to Have Children, New York: Guttmacher Institute, 2013. <www.guttmacher.org/pubs/social-economic-benefits.pdf>.
[11] C.F. Westoff, « The potential demand for family planning: A new measure of unmet need and estimates for five Latin American countries», International Family Planning Perspectives, Vol. 14, No. 2, pp.45-53, 1988.
[12] C. F. Westoff, et A. Bankole, « L'importance démographique potentielle du besoin non satisfait», Perspectives Internationales sur le Planning Familial, Numéro spécial, pp. 4–8, 1996.
[13] E. M. Akoto, B. O. Tambashe, A. Amouzou, et A.-M. R. Djangone, « Besoins non-satisfaits en planification familiale et transition contraceptive au Burkina Faso, au Cameroun et en Côte d'Ivoire», African Population Studies/Etude de la Population Africaine, Vol. 17, No. 1, pp. 19-45, 2002.
[14] A. O. Igwegbe, J. O. Ugboaja, and E. N. Monago, « Prevalence and determinants of unmet need for family planning in Nnewi, south-east Nigeria», International Journal of Medicine and Medical Sciences, Vol. 1, No. 8, pp. 325-329, 2009.
[15] M. A. Sanni, « Niveaux et tendances des besoins non satisfaits de planification familiale au Bénin: Facteurs explicatifs et changements dans le temps», African Population Studies, Vol 25, No. 2, 2011.
[16] B. Nyauchi, and G. Omedi, « Determinants of Unmet Need for Family Planning among Women in Rural Kenya», African Population Studies, Vol 28, No 2 Supplement, 2014.
[17] T. D. Delbiso, « Correlates of Unmet Need for Contraception in Ethiopia: Evidence from 2011 Ethiopian Demographic and Health Survey», African Population Studies, Vol 28, No. 2 Supplement, pp. 989- 998, 2014.
[18] Ministère de la Santé Publique, Evaluation des indicateurs pour le suivi du programme de sécurisation des produits de santé de la reproduction au Tchad pour l'année 2015, N'Djaména, 2016.
[19] W.-Y. S. Zoetyande, A. R. Yameogo et K. N. Kenkou, « Besoins non satisfaits en matière de planification familiale: déterminants individuels et contextuels au Burkina Faso», Santé Publique, Vol. 32, No. 1, pages 123-140, 2020.
[20] Bremner, J., Patterson, K. P. et Vavinsky, R., Vers une plus grande résilience grâce à la planification familiale: une approche transformatrice qui s'adresse aux femmes, aux familles et aux collectivités, Population Reference Bureau, 2015.

International Journal of Innovation and Applied Studies
ISSN 2028-9324 Vol. 43 No. 2 Aug. 2024, pp. 327-333
© 2024 Innovative Space of Scientific Research Journals
http://www.ijias.issr-journals.org/

Comparaison de l'incorporation alimentaire des farines d'escargots et de poissons sur la croissance des lapereaux

[Comparison of the Dietary Incorporation of Snail and Fish Meals on the Growth of Rabbits]

Mbusa Siviholya Kito[1], Mumbere Ngendo Prince[1], and Kavira Mwenge Ghislaine[2]

[1]Université catholique du Graben, Faculté des Sciences agronomiques, Butembo, RD Congo

[2]Université libre des Pays des Grands-Lacs, Faculté de Santé publique, Département de santé et environnement, Butembo, RD Congo

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

ABSTRACT: A study was carried out for four weeks to evaluate the impact of two protein supplements, notably snail meal and fish meal, on the juvenile growth of rabbits after weaning aged 36 to 40 days. This study shows that for the entire duration of the experiment, that is to say four weeks, the rabbits fed a base of snail meal presented higher average daily gains (398g) ($p<0.01$) than that of the batch with fish meal (255.1 g). In terms of consumption index, rabbits that consume food with snail meal have a consumption index of 6.79, whereas the consumption index associated with rabbits fed fish meal was as high as 11.2.

KEYWORDS: fish meal, snail meal, rabbit, weight growth.

RESUME: Une étude a été menée pendant quatre semaines pour évaluer l'impact de deux compléments protéiques notamment la farine d'escargots et la farine de poissons sur la croissance juvénile des lapereaux après leur sevrage à l'âge de 36 à 40 jours. Cette étude montre que pour toute la durée de l'expérimentation c'est-à-dire quatre semaines, les lapereaux nourris en base de la farine d'escargot ont présenté des gains mensuels moyens (398 g) plus élevés ($p<0,01$) que ceux du lot avec la farine de poisson (255,1 g). En termes d'indice de consommation, les lapereaux qui consomment un aliment avec la farine d'escargot présentent un indice de consommation de 6,79 alors que celui associé aux lapereaux nourris de la farine de poisson est de 11,2.

MOTS-CLEFS: poisson, escargot, lapin, croissance pondérale.

1 INTRODUCTION

Dans le monde, le lapin est alimenté soit avec des fourrages ou céréales en nature soit avec un aliment présenté sous forme farinée ou agglomérée (Lebas, 2005). Kadi (2012) et Lebas et Djago (2001) ont stipulé que l'alimentation est l'un de principaux facteurs explicatifs des performances d'élevage mais constitue le poste le plus coûteux dans la production cunicole parce qu'il peut parfois atteindre 60 pourcents du cout de production. Parmi les étapes de la formulation des aliments complets et équilibrés, la détermination des besoins nutritifs des lapins et la valeur nutritive des matières premières en sont les plus importantes. Pour Gaudré et Granier (2010), le recours au moment du sevrage à des ressources alimentaires concentrées en protéines présentant une digestibilité élevée permet de limiter l'incorporation de tourteau de soja qui coûte parfois cher et de diversifier la composition de l'aliment.

Une attention particulière focalisée sur la délicatesse de la physiologie digestive du lapin caractérisée par la pratique de la caecotrophie et sur le fonctionnement digestif particulier intermédiaire entre les monogastriques et les polygastriques permet de prendre des précautions nécessaires dans l'élaboration des régimes équilibrés répondant au mieux aux contraintes physiologiques comme l'ont rappelé par Gidenne et Lebas (2005). Dès leur sevrage, une alimentation de qualité doit être distribuée aux lapereaux en vue de l'extériorisation des potentiels pondéraux. On doit envisager la distribution d'un aliment spécifique adapté aux besoins nutritionnels des jeunes lapereaux à la période sensible où l'aliment solide remplace peu à peu le lait maternel (Gidenne & Fortun-Lamothe, 2002; Pascual, 2001).

L'appréciation de la valeur nutritionnelle des ressources alimentaires valorisables par le lapin est une tâche assez laborieuse comme le pensent Villamide et al. (2003). La valeur nutritionnelle doit ainsi tenir compte de la teneur en fibres, en énergie métabolisable, en protéines brutes, digestibles et métabolisables.

Les fibres sont nécessaires dans l'aliment pour permettre non seulement un bon transit digestif mais aussi pour le bon fonctionnement du caecum. Non seulement les fibres permettent la production des acides gras volatils qui sont des ressources énergétiques complémentaires aux sucres digestibles mais les acides gras volatils issus des fermentations microbiennes des fibres permettent la néoformation des protéines grâce à l'association microbienne de ces acides gras volatils et de l'ammoniac issu de la fermentation microbienne des matières azotées non digérées au niveau de l'intestin (Siviholya, 2022).

Les protéines sont essentielles dans l'alimentation des animaux monogastriques d'élevage.

Des travaux de recherche conduits en Europe ont montré qu'il existe une relation certaine entre l'efficacité alimentaire et la qualité des protéines (Orengo & Gidenne, 2005). D'après Lebas (Lebas, 2010), si les protéines alimentaires apportent les acides aminés indispensables, la ration peut ne contenir que 15 à 16 % de protéines brutes pour les lapins à l'engraissement, 15 à 16 % de protéines pour les lapins en croissance et un peu plus pour les lapines reproductrices (17 à 18 %) selon Kpodekon et al. (2009). Lorsque la température moyenne est supérieure à 25 - 27°C, il est souhaitable d'accroître de 1 point environ la teneur en protéines des aliments (16 - 17% pour l'engraissement, 18 à 19 % pour les lapines allaitantes et un peu plus pour les animaux au sevrage) (Gidenne & Lebas, 2005).

Les protéines sont administrées aux animaux à travers des ingrédients alimentaires comme les légumineuses à graines et leurs tourteaux (arachide, soja, etc.), les farines animales qui coûtent cher (Pomalégni et al., 2016). Le prix de ces ressources alimentaires indispensables en alimentation augmente de plus en plus (Kpodekon et al., 2012). Pourtant, certains invertébrés contribuent dans une grande mesure à l'alimentation naturelle d'un large éventail d'animaux domestiques monogastriques en offrant un potentiel à être utilisé comme une alternative aux protéines animales et à celles à base de soja (Van Huis et al., 2013). Pour des raisons économiques, l'utilisation des invertébrés aussi bien en alimentation humaine qu'animale est recommandée par Van Huis et al. (2013). Les invertébrés peuvent substituer protéines animales classiques dans l'alimentation des monogastriques (Ravindran & Blair, 1993).

Différents chercheurs ont conduit des études sur la valeur dans l'alimentation des lapins de différentes ressources animales particulièrement celles qui sont facilement accessibles selon les contrées. Tenant compte de leur composition biochimique, Diarra (2015) a révélé que mise à part la méthionine, la chair d'escargot a un meilleur profil que la farine de poisson et le soja dans l'alimentation animale. June et al. (1991) avaient constaté que la farine d'escargot moins coûteuse que les farines de viande et de poissons pouvait être incorporée dans l'alimentation animale. Chez les poulets, la farine d'escargot doré a une des effets similaires à la farine de poissons dans une expérimentation menée par Barcelo et Barcello (Barcelo & Barcelo, 1991).

2 MILIEU, MATÉRIELS ET MÉTHODES

L'expérimentation a porté sur 20 lapereaux âgés de 36 à 40 jours. Les lapereaux étaient logés dans des cages en planche (75 cm × 45 cm × 30 cm) dans une chambre ventilée naturellement et éclairé par la lumière du jour. Chaque cage est munie: d'une mangeoire et d'un abreuvoir en argile.

Les lapereaux ont été soumis à une alimentation contenant de la farine d'escargot ou de poisson selon le cas comme montré dans les tableaux 1 et 2.

Tableau 1. Formulation du régime alimentaire avec la farine des escargots

Ingrédients	Incorporation (%)	Teneur en protéines (%)	Energie brute (kcal/kg)	Protéines brutes en kg	Energie brute totale apportée
Maïs	60	8,6	3422,5	5,2	205350
Soja	19	37,4	5315,5	7,1	100994,5
Tourteaux palmiste	10,5	12,8	4652,4	1,3	48850,2
Farine d'escargot	10	59,2	2978,6	5,92	29786
Farine os	0,5	0	0	0	0
Total	100	19,5	3849,8	19,5	384980,7

Tableau 2. Formulation du régime alimentaire avec farine de poisson

Ingrédients	Incorporation (%)	Teneur en protéines (%)	Energie brute (kcal/kg)	Protéines brutes en kg	Energie brute totale apportée
Maïs	57,5	8,4	3350,8	4,8	192671
Soja	18,8	36,6	5204,2	6,9	97839,0
Tourteaux palmiste	10,2	12,6	4555	1,3	46461
Farine poisson	13	50,3	4586,4	6,5	59623,2
Farine d'os	0,5	0	0	0	0
Total	100	19,5	3965,9	19,5	396594,2

Le soja a été grillé en vue d'éliminer les substances anti-nutritionnelles. Le soja ainsi traité et les autres ingrédients dont le maïs et le tourteau de palmiste notamment ont été moulus avant d'être intégrés dans les mélanges alimentaires. La farine d'os provient des os calcinés et ne contient pas de matières organiques et par voie de conséquence elle ne correspond à aucune quantité d'énergie biologique.

La teneur des régimes en farine de poisson substituable en farine d'escargot a été adoptée dans les proportions prônées par Gaudré et Granier (2010) qui stipulent que le taux d'incorporation des farines des poissons dans l'alimentation peut atteindre 10 à 15 % de la formule alimentaire.

Les escargots ont été traités en suivant les recommandations de Creswell et Kompiang (1981) qui estiment que vu la grande quantité de calcium contenue dans la coquille, il faut décoquiller les chairs d'escargot afin de mieux respecter l'équilibre minéral de la ration et de disposer d'un aliment protéique comparable à la farine de viande ou de poisson. Les escargots ramassés dans la nature ont été lavés, bouillis, décoquillés et enfin séchés au soleil pendant 4 jours. L'échantillon sec obtenu a été moulu puis tamisé en vue d'obtenir une farine fine d'escargot qui a été incorporée dans le régime repris dans le tableau 1.

Les poissons tilapia ont été achetés au marché central de Butembo, désécaillés, séchés au soleil pendant 4 jours puis moulus pour obtenir la farine de poisson incorporée dans l'aliment comme cela est repris dans le tableau 2.

Les lapins ont été répartis en deux lots expérimentaux, groupés dans quatre cages en termes de deux cages par lot. Les aliments ont été distribués chaque jour à 18 heures en tenant compte du comportement nocturne du lapin tel que détaillé par Laplace (1978). La durée de l'expérimentation a été de quatre semaines. Durant cette période, le poids des lapins, la quantité d'aliments distribués et les refus ont été mesurés. Les mesures de poids des animaux ont été effectuées une fois la semaine. Les lots expérimentaux ont reçu l'aliment avec la farine d'escargot ou l'aliment avec la farine de poisson de composition similaire en protéines brutes (19,5 %) au-delà de toute possibilité de carence chez le lapin (Lebas, 2010).

Pour combler le besoin éventuel en cellulose, les animaux ont reçu quotidiennement chacun 50 g de *Galinsoga ciliata* frais et en plus de la litière qui était largement disponible et de la possibilité du lapin à ronger le bois de la cage.

Le poids au début de l'expérimentation, les poids hebdomadaires au cours de l'expérimentation, les gains moyens quotidiens, les quantités d'aliments consommées et rejetées et l'indice de consommation sont les variables prises en compte dans le traitement des données. L'effet fixe considéré dans le modèle d'analyse de variance est l'aliment avec deux modalités notamment la farine d'escargot et la farine de poisson. La procédure des modèles linéaires généralisés est utilisée pour

l'analyse de variance. Le test de F est utilisé pour déterminer la significativité des effets du modèle. Les moyennes sont estimées et comparées par le test de Student.

Lors de cet essai, plusieurs paramètres sont soit observés soit calculés à partir des mesures citées précédemment. Il s'agit notamment de la consommation moyenne journalière, du gain moyen quotidien, de l'indice de consommation et du degré de maturité (rapport du poids du lapin en fin d'engraissement sur le poids moyen adulte de la population).

3 RÉSULTATS

Pendant les quatre semaines de l'expérimentation, les quantités hebdomadaires d'aliments consommés ont progressivement augmenté dans chaque lot. Les consommations moyennes d'aliment dans le temps ne diffèrent pas significativement (p>0,05).

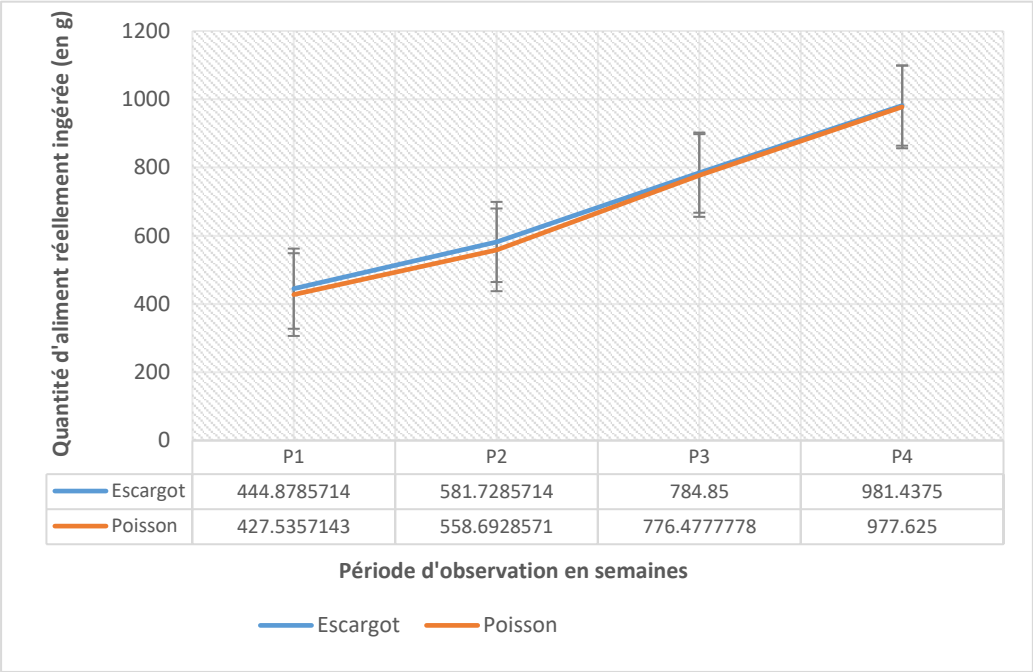


Fig. 1. Consommation alimentaire moyenne dans le temps (en semaines)

L'évolution pondérale des lapins des deux lots nourris aux régimes avec farine d'escargot et avec farine de poisson est illustrée dans la figure 2. Après les 4 semaines d'expérimentation, on n'observe pas de différence significative entre les deux lots quant au gain cumulatif de poids.

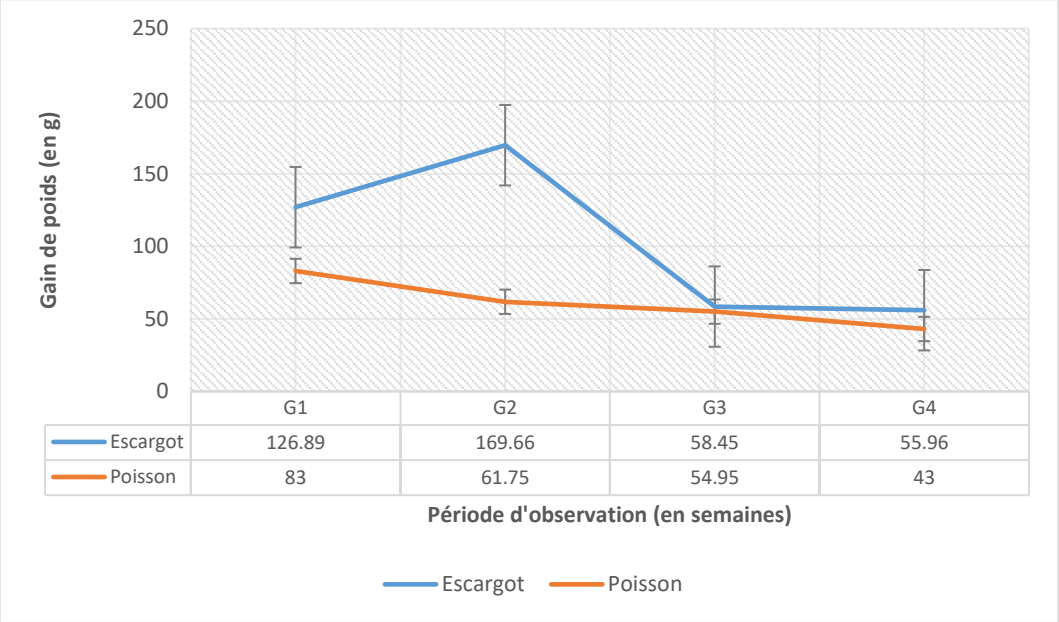


Fig. 2. Gain de poids hebdomadaire

A la fin de la première semaine de l'expérimentation, les gains de poids moyens des lapereaux mis en expérimentation sont de 126 g et 83 g respectivement pour le lot nourri de la farine d'escargot et celui nourri de la farine de poisson. La différence entre ces gains de poids n'est pas significative. A la deuxième, le gain moyen de poids hebdomadaire des lapereaux nourris à l'aliment avec la farine d'escargot (169,66 g) est significativement plus élevé ($p<0,05$) que celui des lapereaux nourris à l'aliment avec la farine de poisson (61,75 g). Par rapport au gain de poids des animaux des lots avec la farine d'escargot, une chute drastique a été enregistrée au cours de la 3ème semaine de l'expérimentation rendant ainsi les gains de poids similaires pour les deux lots à la troisième semaine et à la quatrième semaine. En revanche, pour toute la durée de l'expérimentation c'est-à-dire quatre semaines, les lapereaux nourris aux aliments avec la farine d'escargot ont présenté un gain de poids (398 g) significativement plus élevé ($p<0,01$) que celui du lot avec la farine de poisson (255,1 g).

Les indices de consommation des deux lots enregistrés durant toute l'expérience sont consignés dans le dans la figure 3.

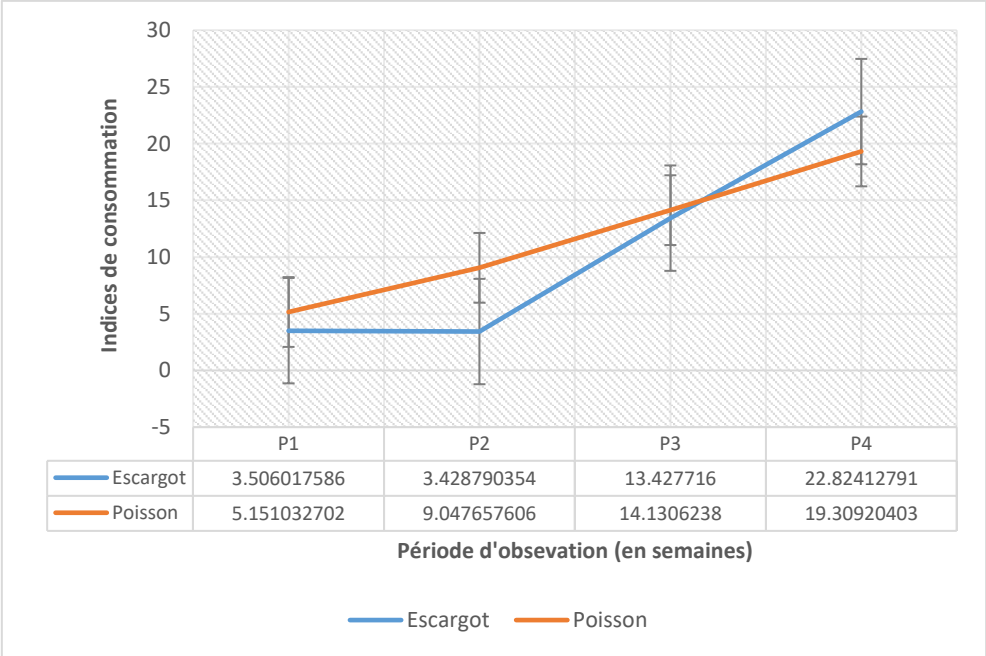


Fig. 3. Indices de consommation

En observant l'évolution de l'indice de consommation (IC) durant les intervalles hebdomadaires de l'expérimentation, on constate que la supplémentation de l'aliment en farine d'escargots a eu une influence positive sur le rendement alimentaire par rapport au lot avec la farine de poisson. Globalement, le lot soumis à une alimentation enrichie en farine d'escargots présente un indice de consommation (6,79) plus bas que celui de lot avec la farine de poisson (11,29).

4 DISCUSSIONS

Les régimes à base de farine d'escargots et de poisson ont été formulés de manière isoprotéique. Les lapins nourris d'un régime contenant de la farine d'escargots ont cependant démontré les meilleures performances de croissance comparativement aux lapins nourris de farine de poissons. Il y a lieu de penser que les meilleurs gains de poids des lapins nourris de farine d'escargots pourraient être liés au profil des protéines (en acides aminés) plutôt qu'aux quantités respectives ingérées de chaque aliment. En effet, les résultats obtenus dans cette étude confirment que pendant la période de l'expérimentation, les consommations moyennes journalières d'aliment (et donc celles des protéines ingérées) ne présentent pas de différences significatives ($p>0,05$). Ceci pourrait être justifié par le fait que les deux régimes contenaient plus ou moins la même teneur en énergie au kg d'aliment. En effet, Gidenne et Lebas (2005) en conformité avec Gidenne (1996) révèlent que les lapins régulent leur consommation en fonction de la teneur en énergie et plus particulièrement en énergie digestible.

D'après Lebas et al. (1996), il y a détérioration des performances du lapin en croissance en cas d'abaissement de la teneur de l'aliment en protéines. Dans la présente étude, les analyses bromatologiques révèlent que le taux de protéines de chacun des deux régimes n'est pas déficitaire en comparaison aux valeurs de 15 à 18 % conseillées pour les lapereaux à l'engrais comme souhaité par Akande (2015) et Blum (1989). C'est en ce sens que le profil des protéines en acides amenés reste un facteur important. Un profil inadéquat aurait comme résultat la sécrétion d'azote sous forme d'urée avec comme corollaire la déshydratation de l'animal dont les conséquences sont multiples sur la croissance ou la lactation selon le stade physiologique de l'animal (Akande, 2015). En effet, les régimes étaient isoprotéiques, ce qui démontre en suffisance que c'est éventuellement le profil des protéines qui est l'élément clé en jeu pour expliquer les meilleures performances observées pour les animaux nourris au régime contenant de la farine d'escargots. La teneur en énergie des régimes n'est éventuellement pas la raison des différences des performances surtout que le régime à base de farine de poisson présentant des gains de poids faibles est celui-là même qui contient plus d'énergie par kg d'aliment.

Les résultats de cette étude ne montrent pas de différence significative entre les indices de consommation des deux aliments. Toutefois, les résultats des deux dernières semaines, présentent des indices de consommation plus élevés. Cette même observation avait déjà été faite par Lebas et al. (1996) qui expliquaient que l'indice de consommation s'accroît normalement avec l'âge parce que la fraction de l'alimentation utilisée pour l'entretien de l'organisme s'accroît proportionnellement au poids vif alors que celle nécessaire aux dépôts correspondant au gain de poids reste assez stable. De même, la fixation des graisses observée à l'âge adulte est plus coûteuse en énergie alimentaire que celle des protéines.

5 CONCLUSION

La présente étude a consisté à comparer deux ressources protéiques en l'occurrence la farine d'escargots et la farine de poissons sur les performances de croissance des lapereaux après le sevrage. Les résultats de l'étude démontrent que c'est le régime contenant de la farine d'escargot qui permet une meilleure croissance et une utilisation métabolique de l'aliment à cause éventuellement d'un meilleur profil en acides aminés dans les protéines contenues dans la chair d'escargots. Des études complémentaires devraient être menées pour confirmer cette nouvelle hypothèse. Dans la mesure où la farine d'escargots peut être considérée comme une bonne source de protéines dans l'alimentation des lapins, il est également important d'envisager l'élevage de ces escargots pour éviter de leur extinction du milieu à cause d'une pression d'exploitation pour des raisons d'alimentation cunicole.

REFERENCES

[1] Akande, K. E. (2015). The Requirements of Protein and Amino Acids in Rabbit Nutrition and Production. *Case Studies Journal, 4* (4), 13-16.

[2] Barcelo, P. M. & Barcelo, J. R. (1991). The potential of snail (Pila leopoldvillensis) meal as supplement in broiler diets. *Tropicultura, 9* (1), 11-13.

[3] Blum, J. C. A. (1989). L'alimentation des animaux monogastriques : Porc, lapin, volailles (2ème). Editions Quae, 15 pages.

[4] Creswell, D., & Kompiang, I. (1981). Studies on Snail Meal as a Protein Source for Chickens. : 1. Chemical Composition, Metabolizable Energy, and Feeding Value for Broilers. *Poultry Science, 60,* 1854-1860.

https://doi.org/10.3382/ps.0601854.
[5] Diarra, S. (2015). Utilisation of snail meal as a protein supplement in poultry diets. *World's Poultry Science Journal, 71,* 547-552. https://doi.org/10.1017/S0043933915002159.
[6] Gaudré, D., & Granier, R. (2010). Incidence de l'incorporation de farine de poisson sur les performances zootechniques du porc en post-sevrage (IFIP-institut du porc). Domaine de la Motte au Vicomte.
[7] Gidenne, T. (1996). Conséquences digestives de l'ingestion de fibres et d'amidon chez le lapin en croissance : Vers une meilleure définition des besoins. *INRAE Productions Animales, 9* (4), Article 4. https://doi.org/10.20870/productions-animales.1996.9.4.4058.
[8] Gidenne, T., & Fortun-Lamothe, L. (2002). Feeding strategy for young rabbits around weaning : A review of digestive capacity and nutritional needs. *Animal Science, 75,* 169-184. https://doi.org/10.1017/S1357729800052942.
[9] Gidenne, T., & Lebas, F. (2005). Le comportement alimentaire du lapin. In G. Bolet (Éd.), *Compte-rendu des 11èmes journées de la recherche cunicole organisées à Paris du 20 au 29 novembre 2005* (ITAVI publ., p. 183-196).
[10] June, L., Ulep, L. J. L., & Buenaf, M. M. (1991). Performance of broilers fed with snail (Pomacea caniculata) meal as substitute to fish meal or meat and bone meal. *Tropicultura, 9* (2), 58-60.
[11] Kadi, S. A. (2012). Alimentation du lapin de chair : Valorisation de sources de fibres disponibles en Algérie [Thèse de doctorat]. Université Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou.
[12] Kpodékon, M., Youssao Abdou Karim, I., B., K., Baba, I., Dessou, J., & Djago, Y. (2009). Effet de la granulation sur les performances de croissance, l'efficacité alimentaire et la viabilité des lapereaux en condition d'élevage tropical. *Revue d'élevage et de médecine vétérinaire des pays tropicaux, 62,* 75. https://doi.org/10.19182/remvt.10097.
[13] Kpodekon, T. M., Djago, A. Y., Nakouzi, S., Adanguidi, J., & Crinot, M.-P. (2012). *Technique d'alimentation des lapins* (Centre cunicole de recherché et d'informations, Université d'Abomey-Calavi). Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture.
[14] Laplace, J. P. (1978). Le transit digestif chez les monogastriques. *Annales de Zootechnie, 27* (2), 225-265. https://doi.org/10.1051/animres: 19780209.
[15] Lebas, F. (2005). Les apports en physiologie digestive et métabolique lors du 8ème Congrès Mondial de Cuniculture de Puebla—Mexique, en septembre 2004. *Cuniculture Magazine, 32,* 19-30.
[16] Lebas, F. (2010). Conduite de l'alimentation des lapins (INRA). INRA.
[17] Lebas, F., Coudert, P., Kpodékon, M., Djago, Y. A., & Akoutey, A. (1996). Rabbit breeding in tropical conditions, comparative study between a local strain and an European strain. II. Utilization of local concentrate or of imported pelleted feed in fattening rabbits. *6th World Rabbit Congress, Toulouse, France, 9-12/07/1996, 3,* 381-388.
[18] Lebas, F., & Djago, A. Y. (2001). Valorisation alimentaire de la paille par le lapin en croissance. *9ème Journ. Rech. Cunicole*.
[19] Orengo, J., & Gidenne, T. (2005). Comportement alimentaire et caecotrophie chez le lapereau avant sevrage. *11èmes Journées de la Recherche Cunicole, 29-30 novembre 2005, Paris,* 45-48.
[20] Pascual, J. J. (2001). Early weaning of young rabbits : A review. *World Rabbit Science, 9* (4), Article 4. https://doi.org/10.4995/wrs.2001.461
[21] Pomalégni, S. C. B., Gbemavo, D. S. J. C., Babatoundé, S., Chrysostome, C. A. A. M., Koudandé, O. D., Glèglè Kakaï, R. L., & Mensah, G. A. (2016). Synthèse bibliographique sur les insectes et autres invertébrés comestibles utilisés dans l'alimentation des animaux monogastriques d'élevage. *Bulletin de la Recherche Agronomique du Bénin, 80, 43-53*.
[22] Ravindran, V., & Blair, R. (1993). Feed resources for poultry production in Asia and the Pacific. III. Animal protein sources. *World's Poultry Science Journal, 49* (3), 219-235. https://doi.org/10.1079/WPS19930020.
[23] Siviholya, M. K. (2022). Potentialités fourragères du Galinsoga ciliata [S.B.F. Blake] en alimentation cunicole dans la zone agricole de Butembo [Thèse de doctorat]. Université Catholique du Graben.
[24] Van Huis, A., Itterbeeck, J. V., Klunder, H., Mertens, E., Halloran, A., Muir, G., & Vantomme, P. (2013). *Edible insects : Future prospects for food and feed security*. FAO. https://research.wur.nl/en/publications/edible-insects-future-prospects-for-food-and-feed-security.
[25] Villamide, M. J., García, J., Cervera, C., Blas, E., Maertens, L., & Perez, J. M. (2003). Comparison among methods of nutritional evaluation of dietary ingredients for rabbits. *Animal Feed Science and Technology*, 109, 195-207. https://doi.org/10.1016/S0377-8401(03)00177-9

International Journal of Innovation and Applied Studies
ISSN 2028-9324 Vol. 43 No. 2 Aug. 2024, pp. 334-343
© 2024 Innovative Space of Scientific Research Journals
http://www.ijias.issr-journals.org/

Evaluation de l'efficacité d'un herbicide de post-levée en culture de maïs (*Zea Mays* L.) à Bouaflé, centre-ouest de la Côte d'Ivoire

[Evaluation of the efficacy of a post-emergence herbicide on maize (Zea Mays L.) in Bouaflé, west-central Côte d'Ivoire]

Kra Frédéric Kouamé[1], Moussa Sylla[2], Kouadio Kan Arnaud Parfait Koffi[3], and Awa Touré[3]

[1]Centre National de Floristique, UFR Biosciences, Université Félix Houphouët-Boigny, 22 BP 582 Abidjan 22, Côte d'Ivoire

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

[3]Laboratoire Milieux Naturels et Conservation de la Biodiversité, UFR Biosciences, Université Félix Houphouët-Boigny, 22 BP 582 Abidjan 22, Côte d'Ivoire

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

ABSTRACT: Because maize is so sensitive to weeds, weed control is an important factor in maintaining yields. The scarcity of manpower means that chemical weed control is the most commonly used method. The aim of the study was to assess the effectiveness of a post-emergence herbicide on weeds in maize crops. A completely randomised Fischer block design with nested control was used. The design consisted of seven treatments repeated four times. The floristic list, based on the «tour de champ» method, showed that broadleaf weeds predominated (78.36%). According to the European Weed Research Society rating scale, the herbicide based on Amicarbazone 74.667 g/l, Mesotrione 77.333 g/l and Nicosulfuron 40 g/l at doses of 0.75 l/ha and 1 l/ha was the most effective, with no signs of phytotoxicity. Yields were 8580 kg/ha at 0.75 l/ha and 9240 kg/ha at 1 l/ha of the product tested, compared with the reference controls 2,4-D amine salts (1 l/ha) and Nicosulfuron 40 g/l (1 l/ha) respectively, 5940 kg/ha and 5214 kg/ha, and the weed control (4620 kg/ha). Consequently, 0.75 l/ha of the product tested is recommended for post-emergence application to maize.

KEYWORDS: Amicarbazone, Mesotrione, Nicosulfuron, Maize growing, Weeds, Bouaflé, Marahoué**.**

RESUME: La sensibilité du maïs à la présence des mauvaises herbes fait du désherbage une considération dans le maintien du rendement. La rareté de la main d'œuvre fait du désherbage chimique le moyen le plus utilisé. Le but de l'étude était d'évaluer l'efficacité d'un herbicide de post-levée sur les mauvaises herbes en maïsiculture. Pour cela, un dispositif expérimental en bloc de Fischer complètement randomisé avec témoin imbriqué a été utilisé. Le dispositif comportait sept traitements répétés quatre fois. La liste floristique suivant la méthode du «tour de champ» a montré la prédominance des Dicotylédones (78,36 %). Selon l'échelle de notation European Weed Research Society, l'herbicide à base d'Amicarbazone 74,667 g/l, de Mésotrione 77,333 g/l et de Nicosulfuron 40 g/l aux doses 0,75 l/ha et 1 l/ha a été le plus efficace avec aucun signe de phytotoxicité. Le rendement a été 8580 kg/ha à 0,75 l/ha et 9240 kg/ha à 1 l/ha du produit testé, comparativement aux témoins de référence 2,4-D sels amines (1 l/ha) et Nicosulfuron 40 g/l (1 l/ha) respectivement, 5940 kg/ha et 5214 kg/ha, et au témoin sarclé (4620 kg/ha). Par conséquent, 0,75 l/ha du produit testé est recommandé en application de post-levée du maïs.

MOTS-CLEFS: Amicarbazone, Mésotrione, Nicosulfuron, Maïsiculture, Adventices, Bouaflé, Marahoué.

Corresponding Author: Kra Frédéric Kouamé

1 INTRODUCTION

En Côte d'Ivoire, le maïs est la céréale la plus cultivée après le riz avec une production annuelle moyenne de 600 000 tonnes [1]. La consommation annuelle de maïs est de 34 kg par habitant [2]. En effet, il est très prisé par les populations car il constitue l'aliment de base des peuples vivants dans le nord du pays, mais aussi un aliment qu'affectionnent la plupart des personnes. Cependant, le maïs est une plante exigeante en soins et en travail, sa culture nécessite du matériel (semences de maïs, appareil de traitements, machines agricoles…) et donc des investissements importants.

La sensibilité du maïs à la présence des mauvaises herbes fait du désherbage une considération dans le maintien du rendement. En effet, des études ont montré qu'en l'absence de désherbage, le maïs enregistrait des pertes de rendement pouvant atteindre 51 % par rapport aux témoins bien désherbés [3]. Tout au long de la saison de croissance, un bon désherbage est également important car il peut favoriser et optimiser la qualité de la récolte. Ensuite, il tue les plantes hôtes de maladies, d'insectes ou d'autres organismes nuisibles à la culture. Enfin, il peut empêcher la propagation des mauvaises herbes et la croissance des banques de graines de mauvaises herbes. Par conséquent, le retour sur investissement d'un bon plan de désherbage peut s'avérer très bénéfique pour la culture de maïs [3].

La rareté de la main d'œuvre ou sa cherté fait du désherbage chimique le moyen le plus utilisé [4]. Ainsi, avant de trouver d'autres moyens de lutte plus efficaces contre les mauvaises herbes, le désherbage chimique est une solution pour les producteurs. En effet, cette méthode de lutte permet de réduire de 40 à 60 % le temps du désherbage, d'optimiser les rendements, et d'augmenter de 10 à 20 % la production par rapport au désherbage manuel [4].

Compte tenu de la forte influence des mauvaises herbes sur les cultures, plusieurs travaux ont eu lieu dans le monde, et en Côte d'Ivoire. Elles ont porté principalement sur la lutte chimique [4], [5] et biologique [6], [7].

Malgré ces travaux, le problème de résistance de certaines mauvaises herbes aux herbicides demeure. Face à cette situation, l'on se pose ma question suivante: Quelles substances actives innovantes et adaptées aux applications de post-levée dans la culture de maïs en Côte d'Ivoire ?

C'est pour contribuer à la recherche de solutions que la présente étude a été conduite. Elle avait pour but d'évaluer l'efficacité de l'herbicide de post-levée sur les adventices enherbant les champs de maïs. Spécifiquement, il s'agissait de déterminer l'efficacité globale pour comprendre l'activité des herbicides sur les mauvaises herbes, la sélectivité du maïs pour estimer les risques de phytotoxicité du traitement sur la culture et l'impact de l'herbicide sur le rendement du maïs.

2 MATERIEL ET METHODES

2.1 ZONE D'ÉTUDE

L'étude a été réalisée dans la localité de Bouaflé (6°59'00" N et 5°45'00" W). Elle est située au Centre-Ouest de la Côte d'Ivoire à 300 km d'Abidjan et à 60 km de Yamoussoukro respectivement capitale économique et capitale politique de la Côte d'Ivoire (Figure 1). La localité de Bouaflé a un climat de savane selon la classification de Köppen-Geiger [8], de type Baouléen [9]. Il se caractérise par une pluviométrie marquée par quatre saisons dont deux saisons pluvieuses et deux saisons sèches réparties comme suit: une grande saison sèche de novembre à mars, une grande saison de pluies d'avril à juin, une petite saison sèche de juillet à août et une petite saison de pluies de Septembre à Octobre [8], [10]. Sur l'année, la température moyenne est 28,5 °C [10]. La localité de Bouaflé est située dans le domaine de la forêt mésophile, caractérisé par la chute quasi-simultanée des feuilles des grands arbres. Les espèces des strates inférieures, dépendantes du microclimat forestier interne aux contrastes amoindris, sont sempervirentes [11].

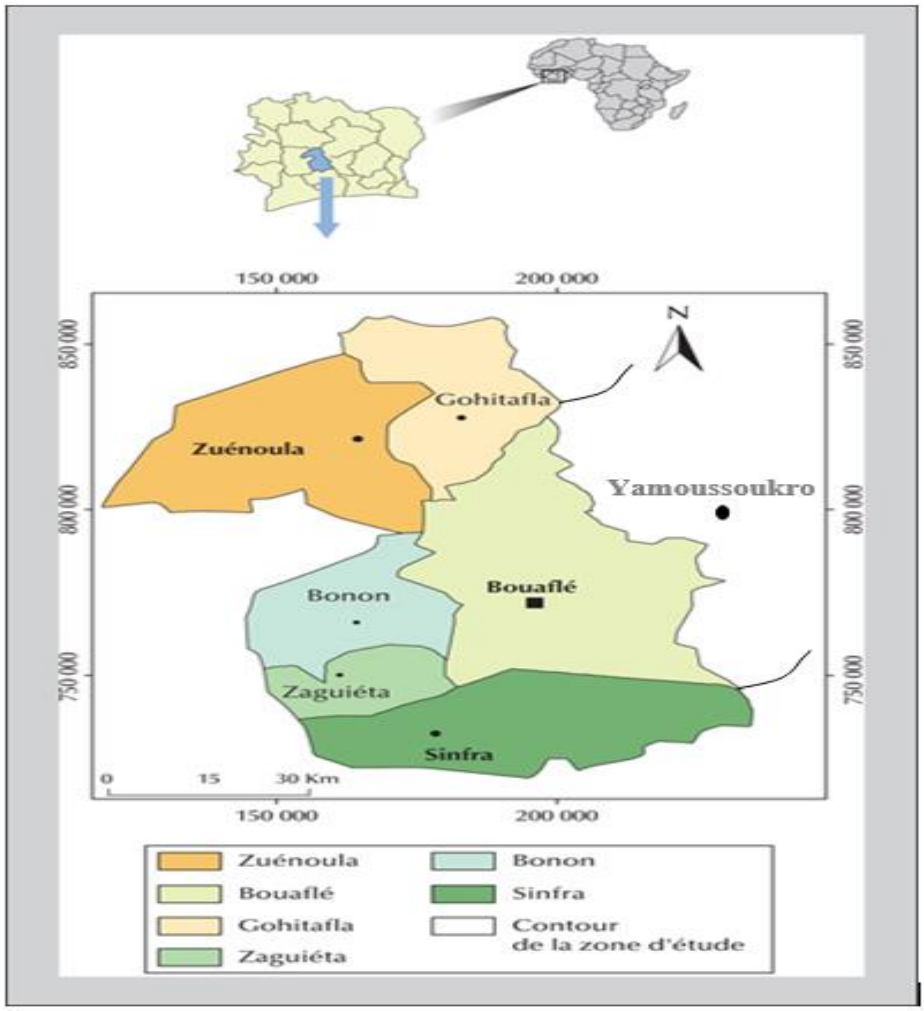


Fig. 1. Situation géographique de la localité de Bouaflé

2.2 MATÉRIEL VÉGÉTAL

Le matériel végétal était composé de maïs (*Zea mays L.)* hybride de la variété KABAMANOJ et des adventices rencontrées sur les parcelles. Cette variété de maïs est issue de la firme Callivoire, elle a un cycle de 90 jours (du semis à la maturité), de couleur jaune et de forme allongée. Elle a un rendement moyen de 5 t/ha et un rendement potentiel pouvant atteindre 10 t/ha dans les conditions optimales de production [1].

2.3 DISPOSITIF EXPÉRIMENTAL ET TRAITEMENTS ÉTUDIÉS

Les essais ont été réalisés en milieu paysan sur un cycle cultural. Le dispositif expérimental utilisé était un bloc de Fisher complètement randomisé avec témoin imbriqué (Chaouch, 2017). L'étude comportait 7 traitements repartis en 4 répétitions soit 28 parcelles élémentaires (Figure 2). La dimension d'une parcelle élémentaire était de 6 m de long sur 5 m de large, soit une superficie de 30 m^2. Quant au témoin imbriqué, il avait 46 m de long et 5 m de large soit une superficie de 230 m^2. La parcelle utile pour la présente étude avait une dimension de 5,60 m de long sur 3,20 m de large soit une superficie de 17,92 m^2. La densité de semis était de 75 cm entre les lignes et de 25 cm entre les poquets [1], à raison d'un grain par poquet donc 16 plants par parcelle élémentaire. Le nombre de lignes de plantation de la parcelle utile était de quatre. Pour éviter les dérives de produits, l'inter-bloc mesurait 3 m et 2 m pour l'inter-parcelle. La présente étude couvrait ainsi une superficie de 2254 m^2 (49 m x 46 m). Les observations de l'enherbement et les prélèvements d'adventices rencontrées ont été faits dans les parcelles utiles [12]. Le tableau 1 présente les différents traitements testés.

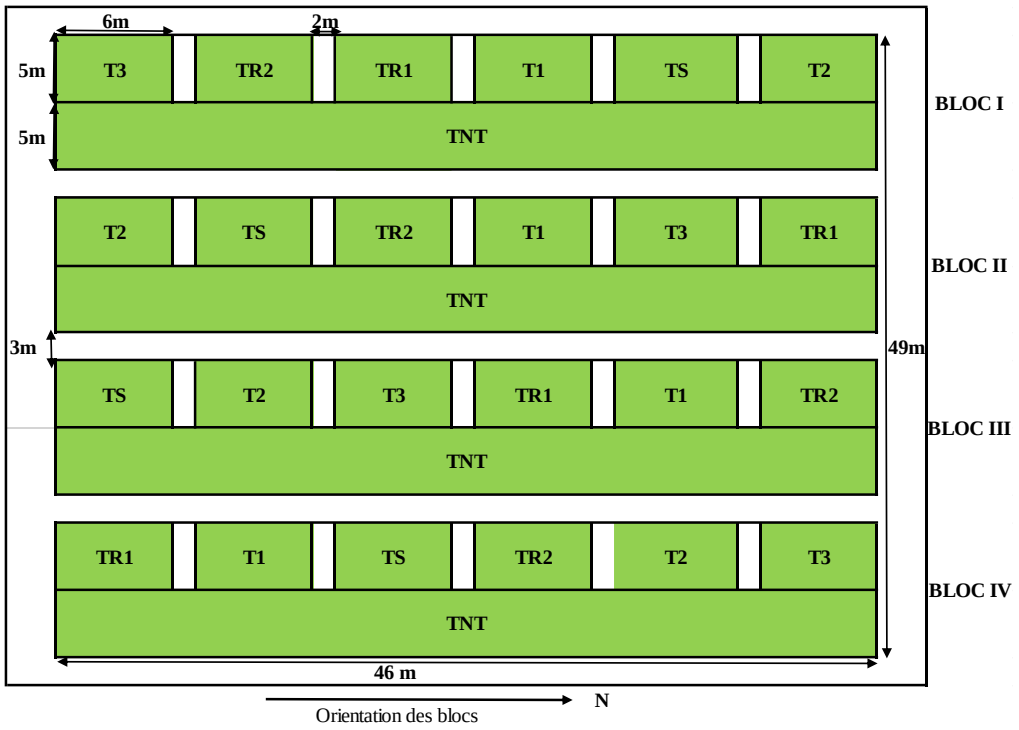


Fig. 2. Schéma du dispositif expérimental

TNT: Témoin non traité; TS: Témoin sarclé; T1: Amicarbazone 74,667 g/l + Mésotrione 77,333 g/l + Nicosulfuron 40 g/l aux doses de 0,5 l/ha; T2: Amicarbazone 74,667 g/l + Mésotrione 77,333 g/l + Nicosulfuron 40 g/l aux doses de 0,75 l/ha; T3: Amicarbazone 74,667 g/l + Mésotrione 77,333 g/l + Nicosulfuron 40 g/l aux doses de 1 l/ha; TR1: 2,4 D Sel d'amine 720 g/l à la dose de 1 l/ha; TR2: Nicosulfuron 40 g/l à la dose de 1 l/ha.

Tableau 1. Traitements testés

Code	Matières actives (g/l)	Doses (l/ha)	Quantité de produit (ml) à utiliser dans 1 litre d'eau à chaque application pour 30 m²
TNT	Témoin non traité	--	--
TS	*Témoin sarclé*	--	--
T1	*Amicarbazone 74,667 ; Mésotrione 77,333 ; Nicosulfuron 40*	0,5	1,5
T2	*Amicarbazone 74,667 ; Mésotrione 77,333 ; Nicosulfuron 40*	0,75	2,25
T3	*Amicarbazone 74,667 ; Mésotrione 77,33 ; Nicosulfuron 40*	1	3
TR1	*2,4 D Sel d'amine 720*	1	3
TR2	*Nicosulfuron 40*	1	3

2.4 CONDUITE DE L'ESSAI

Pour mener à bien l'étude, certaines conditions essentielles ont été respectées. Pour une efficacité optimale, les traitements ont été faits tôt le matin (7h) pour éviter les fortes chaleurs. Un appareil de traitement approprié et en bon état a été utilisé. Les doses des produits ont été mesurées avec une dosette. Un équipement de protection individuelle pour réaliser les applications d'herbicides a été porté par l'opérateur. Les différents traitements ont été appliqués au stade 2-3 feuilles [1]. Pour les quatre répétitions, la quantité de produit formulée et de bouillie nécessaire sont préparées sur la base de 200 l/ha (Tableau I).

2.5 COLLECTE DES DONNÉES

2.5.1 INVENTAIRE FLORISTIQUE

Les relevés floristiques ont été réalisés dans 50 parcelles de maïs. La méthode de relevé adoptée a été celle du « tour de champ » utilisée par de nombreux auteurs [13], [14]. Cette méthode de relevés consiste à parcourir le champ dans différentes directions jusqu'à ce que la découverte d'une nouvelle espèce nécessite un parcourt important [15]. Le relevé floristique a consisté à noter la présence de chaque espèce et son indice d'abondance-dominance selon l'échelle de Le Bourgeois [15]. L'identification des espèces a été effectuée à l'aide des ouvrages de [16], [17] ou en comparaison avec les échantillons de l'herbier du Centre National de Floristique.

2.5.2 EFFICACITÉ HERBICIDE

Au total quatre observations ont été faites selon une périodicité de 15 jours jusqu'à 60 jours après traitement. Sur chacune des parcelles élémentaires, les observations ont consisté en des notations régulières d'efficacité herbicide des produits, en comparaison avec le témoin adjacent non traité [4]. Ainsi, le taux de la biomasse détruite a été comparé avec les témoins adjacents. Selon l'échelle de notation European Weed Research Society (EWRS), la note attribuée est basée sur le taux d'efficacité et varie de 1 à 9 (Tableau 2).

Tableau 2. Echelle de notation d'efficacité des traitements herbicides

Taux d'efficacité (%)	Notes	Observations
100	1	Efficacité parfaite
99.9 – 98	2	
97.9 – 95	3	Seuil d'acceptabilité
94.9 – 90	4	
89.9 – 82	5	Efficacité médiocre à nulle
81.9 – 70	6	
69.9 – 55	7	
54.9 – 30	8	
29.9 – 00	9	

Source: European Weed Research Society

2.5.3 SÉLECTIVITÉ

Pour la sélectivité (phytotoxicité) du maïs, les observations consistaient en la comparaison de l'état végétatif des parcelles traitées et des parcelles sarclées (témoin à blanc). L'observation est visuelle et des notes sont attribuées de 1 à 9 (Tableau 3) suivant l'aspect du maïs [5]. La durée des observations a été de 60 jours avec une périodicité de 15 jours, à compter de la date d'application des produits, donc au total 4 observations.

Tableau 3. Echelle de phytotoxicité

Note	Symptômes de phytotoxicité
1	Aucun symptôme, plantes saines
2	Symptômes très faibles, légère dépression de la plante
3	Symptômes faibles et nettement visibles
4	Chlorose plus prononcée, rabougrissement
5	Éclaircissage de la plante, forte chlorose rabougrissement, influence probable sur le rendement
6	Culture peu productive ; Baisse de rendement estimée à 50 %
7	Baisse de rendement comprise entre 50 et 75 %
8	Perte estimée à plus de 75 %
9	Disparition de la culture

Source: Hajjaj et al., 2016 [5]

2.5.4 RENDEMENT

A maturité, 85 jours après semis, les épis ont été récoltés sur le périmètre d'observation lorsque les spathes étaient sèches [1]. Les récoltes ont été classées par objet et débarrassées de leur chaume. Les grains de maïs ainsi obtenus ont été séchés au soleil pendant 15 jours dans le but d'avoir des grains commercialisables. Le rendement a été estimé en kg/ha, après avoir pesé les grains récoltés, selon la formule suivante:

$$R = (M/N) * d$$

R: Rendement en kg/ha
M: Masse moyenne parcellaire des grains en kg
N: Nombre de plants observés par parcelle
d: Densité des plants de maïs à l'hectare est 66.000 plants/ha [1].

2.6 ANALYSE STATISTIQUE DES DONNÉES

Les paramètres d'efficacité et de rendement ont été soumis à l'analyse de variance à une variable (ANOVA 1) avec le logiciel STATISTICA 7.1. La comparaison des moyennes a été effectuée grâce au test LSD de Fisher au seuil de signification 5 %. Quant à l'analyse du paramètre de sélectivité, elle a consisté à comparer les moyennes obtenues par traitement aux informations fournies par l'échelle de phytotoxicité. Le croisement d'informations a permis de savoir si le produit est un herbicide sélectif du maïs ou non.

3 RESULTATS

3.1 DIVERSITE FLORISTIQUE DE DE LA ZONE D'ETUDE

La flore recensée comprenait 53 espèces appartenant à 51 genres réparties dans 21 familles. Parmi ces espèces la classe des Dicotylédones est la plus représentée avec 78,36 % contre 21,64 % de Monocotylédones. Les familles les plus représentées sont les Poaceae (10 espèces), les Asteraceae (9 espèces), les Euphorbiacea (6 espèces), les Rubiaceae et les Fabaceae (3 espèces chacune). Parmi les familles les mieux représentées, les Poaceae, Asteraceae et Euphorbiaceae représentent à elles seules 47,16 % des espèces. Les espèces les plus abondantes sont *Euphorbia heterophylla* L., *Centrosema pubescens* L., et *Chromolaena odorata* (L.) R., avec respectivement un indice d'abondance dominance de 5; 4 et 3.

3.2 EFFICACITÉ DES HERBICIDES

Au jour 15 après traitement, une différence significative a été observée entre les traitements comparés (p = 0,000). En fonction de l'activité de chaque produit testé 4 groupes apparaissent. Le premier groupe est constitué de T2, T3 et TS dont les notes d'efficacité respectives sont: 2,5; 2,25 et 2,75. Le deuxième et le troisième groupe comprennent respectivement TR1 et TR2 avec une note d'efficacité respective de 3,25 et 3,5. T1 représente le quatrième groupe avec la note 4,25; supérieure à la limite acceptable (Tableau 4).

A 30 jours après traitement, des différences significatives ont été également observées entre les différents traitements (p = 0,003), 4 groupes sont ressortis. Les traitements T2, T3, TR1 et TR2 ont maintenu une efficacité parfaite (inférieure ou égale à la note de 4). Cependant, les traitements T2 et T3 sont du premier groupe, et les traitements TR1 et TR2 respectivement sont du second et troisième groupe. Les traitements T1 et TS du quatrième groupe ont une note d'efficacité supérieure à 4 (Tableau 4). A ce stade les plants de maïs ont amorcé la phase d'élongation de la tige.

A 45 jours après traitement, une différence significative entre les traitements a été observée (p = 0,000), 3 groupes se distinguent. Les traitements du premier groupe (T2 et T3) ont fourni un excellent contrôle des mauvaises herbes avec des notes respectives de 3,25 et 2,7. Quant aux traitements T1, TR1, TR2 et TS, leur efficacité est réduite. En revanche, le deuxième groupe est constitué de TR1 et TR2, et le troisième de T1 et TS. Les notes d'efficacités obtenues par ces traitements sont supérieures à 4, soit 5,2 pour T1; 4,5 pour TR1; 4,75 pour TR2 et 5,5 pour TS (Tableau 4). Cette période marque la fin de la croissance végétative et le début de la floraison du maïs.

A 60 jours après traitement, une différence significative entre les traitements a été observée (p = 0,000). Les analyses statistiques ont révélé 3 groupes différents. Les traitements T2 et T3 ont assuré un bon désherbage avec les notes respectives de 3,75 et 3. Ils sont statistiquement au même niveau d'efficacité (premier groupe) dans les différentes parcelles. Cependant, l'efficacité des traitements T1, TS, TR1 et TR2 a été faible (respectivement 6; 6,75; 4,5 et 5,5). Le deuxième groupe est constitué de TR1 et TR2, et le troisième de T1 et TS (Tableau 4). Cette période marque la floraison du maïs.

Tableau 4. Notes d'efficacité moyenne globale

Traitements	Moyennes estimées			
	Notes 15 JAT	Notes 30 JAT	Notes 45 JAT	Notes 60 JAT
T1	4,25d	4,75d	5,25c	6c
TR2	3,5c	4c	4,75b	5,5b
TR1	3,25b	3,5b	4,5b	4,5b
T2	2,5a	2,75a	3,25a	3,75a
T3	2,25a	2,5a	2,75a	3a
TS	2,75a	4,75d	5,5c	6,75c
P	0,000	0,003	0,000	0,000
Significatif	Oui	Oui	Oui	Oui

TNT: Témoin non traité; TS: Témoin sarclé; T1: Amicarbazone 74,667 g/l + Mésotrione 77,333 g/l + Nicosulfuron 40 g/l aux doses de 0,5 l/ha; T2: Amicarbazone 74,667 g/l + Mésotrione 77,333 g/l + Nicosulfuron 40 g/l aux doses de 0,75 l/ha; T3: Amicarbazone 74,667 g/l + Mésotrione 77,333 g/l + Nicosulfuron 40 g/l aux doses de 1 l/ha; TR1: 2,4 D Sel d'amine 720 g/l à la dose de 1 l/ha; TR2: Nicosulfuron 40 g/l à la dose de 1 l/ha; JAT: Jours Après Traitement; P: Probabilité. Dans la même colonne, les moyennes suivies d'une même lettre sont statistiquement identiques à 5 % selon le test LSD de Fischer.

3.3 SÉLECTIVITÉ

Au cours de la période d'essai, aucun signe de phytotoxicité des herbicides n'a été observé sur les plants de maïs de la variété KABAMANOJ. Par conséquent, les herbicides sont sélectifs car ils n'ont aucun effet sur le développement et la croissance du maïs (Tableau 5).

Tableau 5. Recouvrement spécifique

Périodes d'observation	Traitements	Notes
15 JAT- 30 JAT- 45 JA- 60 JAT	T1	1
	T2	1
	T3	1
	TR1	1
	TR2	1

TNT: Témoin non traité; TS: Témoin sarclé; T1: Amicarbazone 74,667 g/l + Mésotrione 77,333 g/l + Nicosulfuron 40 g/l aux doses de 0,5 l/ha; T2: Amicarbazone 74,667 g/l + Mésotrione 77,333 g/l + Nicosulfuron 40 g/l aux doses de 0,75 l/ha; T3: Amicarbazone 74,667 g/l + Mésotrione 77,333 g/l + Nicosulfuron 40 g/l aux doses de 1 l/ha; TR1: 2,4 D Sel d'amine 720 g/l à la dose de 1 l/ha; TR2: Nicosulfuron 40 g/l à la dose de 1 l/ha; JAT: Jours Après Traitement.

3.4 RENDEMENT

Des différences significatives entre le produit d'essai à différentes doses (T1, T2 et T3), les produits de référence (TR1 et TR2) et le témoin sarclé (TS) ont été observées au niveau du rendement du maïs grains (Figure 3). Les meilleures performances de production ont été assurées dans les parcelles traitées avec T2 (8580 kg/ha), et surtout, T3 (9240 kg/ha) par rapport aux témoins de référence TR1 et TR2 qui sont respectivement de 5940 kg/ha et 5214 kg/ha. Le rendement obtenu dans les parcelles traitées avec T1 est de 4950 kg/ha et 4620 kg/ha avec TS. Ainsi, l'influence des molécules testées sur le rendement permet de distinguer trois groupes (Figure 3). La structure hiérarchique place T2 et T3 dans le premier groupe, TR1 et TR2 dans le deuxième groupe, et T1 et TS dans le troisième groupe.

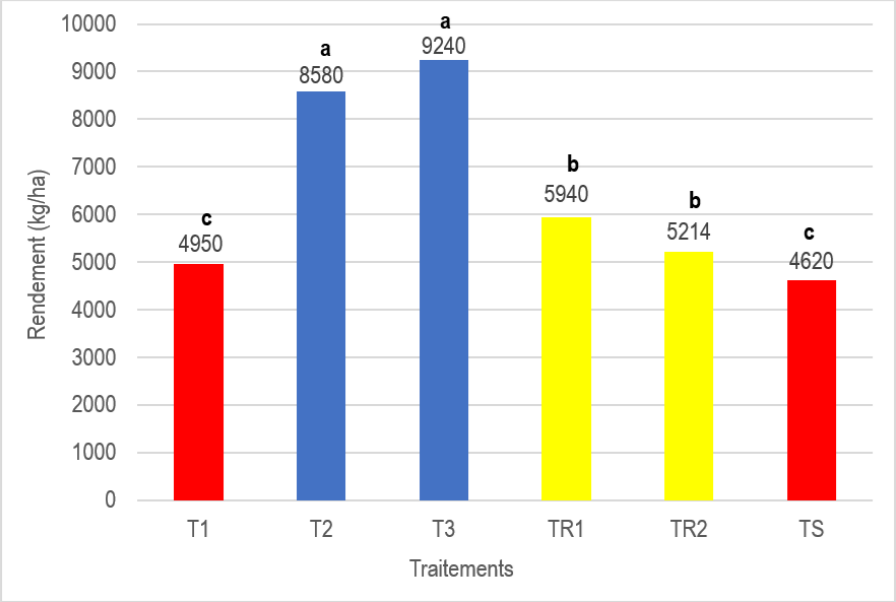


Fig. 3. Rendement du maïs grain (kg/ha) en fonction des traitements

TNT: Témoin non traité; TS: Témoin sarclé; T1: Amicarbazone 74,667 g/l + Mésotrione 77,333 g/l + Nicosulfuron 40 g/l aux doses de 0,5 l/ha; T2: Amicarbazone 74,667 g/l + Mésotrione 77,333 g/l + Nicosulfuron 40 g/l aux doses de 0,75 l/ha; T3: Amicarbazone 74,667 g/l + Mésotrione 77,333 g/l + Nicosulfuron 40 g/l aux doses de 1 l/ha; TR1: 2,4 D Sel d'amine 720 g/l à la dose de 1 l/ha; TR2: Nicosulfuron 40 g/l à la dose de 1 l/ha. Les moyennes suivies d'une même lettre sont statistiquement identiques à 1 % selon le test LSD de Fischer.

4 DISCUSSION

Les résultats de l'inventaire floristique montrent une prédominance des Dicotylédones (78,36 %) par rapport aux Monocotylédones (21,64 %). Cette forte représentation des Dicotylédones a été également observée par d'autres auteurs, tels que [18], [19]. En effet, ils ont observé 66,67 % de Dicotylédones et 33,33 % de Monocotylédones respectivement en culture de palmier à huile et d'ananas en basse Côte d'Ivoire. Les familles dominantes telles que les Asteraceae et les Poaceae sont observées au cours de cette étude. Ce même constat a été fait par [20] dans leur étude sur la phytosociologie et la diversité floristique du périmètre élaeicole de la Mé en basse Côte d'Ivoire. [21] a montré que ces 2 familles font partie des 10 familles considérées comme les principales espèces de mauvaises herbes dans le monde. Selon [22], le phénomène d'adaptation des familles à espèces nombreuses à des milieux très différents est dû au fait que certaines espèces, notamment de la famille des Asteraceae, sont anémochores et peuvent être ensemencé très rapidement dans les milieux cultivés. Au cours de cette, nous avons remarqué une forte présence de *Euphorbia heterophylla, Centrosema pubescens* et *Chromolaena odorata*. La dernière espèce a été citée dans plusieurs travaux, dont ceux de [22], qui la classe parmi les espèces les plus nuisibles de la culture de canne à sucre en Côte d'Ivoire. [23] affirme que c'est l'adventice la plus agressive dans les teckeraies. Aussi, [24] constate qu'elle colonise les plantations de la forêt classée de Sanaimbo, et est perçue actuellement comme l'une des adventices les plus préoccupantes pour l'agriculture et l'élevage. D'ailleurs, [25] soutient que *Chromolaena odorata* est un redoutable ennemi des cultures. Elle a la capacité, non seulement de se régénérer à partir de sa racine, mais également elle produit une importante quantité de semences. Ses caractéristiques biologiques lui confèrent un grand pouvoir d'infestation. Par ailleurs, la lumière et l'humidité qu'offrent les parcelles de maïs contribuent au développement de cette espèce.

Au cours de cette étude, le produit testé à base d'Amicarbazone 74,667 g/l, de Mésotrione 77,333 g/l et de Nicosulfuron 40 g/l s'est montré efficace, car il combine différents spectres d'activités. En effet, l'Amicarbazone 74,667 g/l est un herbicide pour le contrôle en pré- et post-émergence des mauvaises herbes Dicotylédones annuelles et des graminées. Son efficacité en tant qu'herbicide foliaire et racinaire suggère que l'absorption et la translocation (systémique) de ce composé est très rapide [26]. La Mésotrione 77,333 g/l est un herbicide de contact à absorption foliaire. Elle est dotée d'une triple action: une action foliaire éliminant les adventices déjà présentes, une action racinaire pour une régularité d'efficacité et une action anti-germinative pour le contrôle des levées des adventices sensibles. Elle a aussi un très large spectre d'efficacité sur les Poaceae et les Dicotylédones [27]. Le Nicosulfuron 40 g/l est un herbicide systémique qui contrôle les Poaceae [28] en inhibant l'acétolactate synthase (ALS), également appelée acétohydroxyacide synthase (AHAS). L'ALS est une enzyme nécessaire à la production de trois acides aminés à chaîne ramifiée: l'isoleucine, la leucine et la valine. Par conséquent, le produit testé à base d'Amicarbazone 74,667 g/l, de Mésotrione 77,333 g/l et de Nicosulfuron 40 g/l s'est montré efficace sur les mauvaises herbes, et dont l'efficacité est meilleure que les deux témoins de référence. Les doses T2 (0,75 l/ha) et T3 (1 l/ha) du produit testé ont une efficacité durable car T2 représentant la dose minimum efficace a aussi une persistance d'action comme T3. Ces résultats corroborent ceux de [12] qui a fait les mêmes observations au cours de son expérimentation. Dans son étude, il explique que la

rémanence d'action est un effet de l'herbicide qui permet de couvrir le cycle végétatif du maïs. [28] a obtenu le même résultat en appliquant un herbicide à base de Nicosulfuron 40 g/l en culture irriguée de maïs.

Par ailleurs, aucun cas de phytotoxicité aux doses étudiées n'a été noté comme ce fut 1e cas lors des études réalisées d'une part, par [12], [28] et d'autre part, par Zougouri [29].

Les meilleures performances de production sont assurées dans les parcelles traitées avec T2 (8580 kg/ha), et surtout, T3 (9240 kg/ha). Par conséquent, le produit aux doses de 0,75 l/ha (T2) et 1 l/ha (T3) influence positivement le rendement du maïs. Nos résultats corroborent ceux obtenus par Mortureux (2014) qui a montré qu'un herbicide sélectif du maïs avait un impact positif sur le rendement du maïs lorsqu'il est appliqué à la dose recommandée. Ce même constat a été fait au Burkina Faso par Traoré [12], [30].

5 CONCLUSION

Au terme de l'étude, il apparait que les traitements herbicides à base d'Amicarbazone 74,667 g/l, de Mésotrione 77,333 g/l et de Nicosulfuron 40 g/l aux doses de 0,75 l/ha et 1 l/ha contrôlent mieux et durablement les mauvaises herbes car ils ont une persistance d'action de plus d'un mois. Par ailleurs, ce produit ne présente pas de phytotoxicité sur le maïs même à la forte dose de 1 l/ha lorsqu'il est appliqué au stade 2-3 feuilles des adventices. Ainsi, en une seule application, l'efficacité de la dose moyenne (0,75 l/ha) du produit testé permet d'obtenir un rendement de 8580 kg/ha, et la dose forte (1 l/ha) un rendement de 9240 kg/ha. Ces valeurs sont supérieures à celle du sarclage manuel (4620 kg/ha). De ce fait, à partir de la dose moyenne du produit, l'application en post-levée du maïs peut remplacer le sarclage manuel, le 2,4 D Sel d'amine 720 g/l et le Nicosulfuron 40 g/l appliqués à la dose de 1 l/ha. Cependant, pour des raisons liées à la présence des résidus d'herbicides dans les grains de maïs et des questions de rentabilité économique, nous recommandons l'application de la dose de 0,75 l/ha en lieu et place du sarclage manuel, du 2,4 D Sel d'amine 720 g/l et du Nicosulfuron 40 g/l.

REFERENCES

[1] A. Louise, A. René, A. Kouamé, D. Loseni. Bien cultiver le maïs en Côte d'Ivoire. Centre National de Recherche Agronomique (CNRA), 4 p, 2006.

[2] FAO. Cote d'Ivoire: la production céréalière, 4 p, 2016.

[3] B. Line, M. Annie, M. David. Désherbage du maïs de grandes cultures, 11 p, 2020.

[4] A. Mangara, N. Kouamé, K. Soro, A. N'da, G. Gnahoua, D. Soro. Test d'efficacité d'un herbicide en culture d'ananas, à la station d'expérimentation et de production d'Anguédédou en Côte d'Ivoire. *Journal of Applied Biosciences,* 80: 7161-7172, 2014.

[5] B. Hajjaj, M. Bouhache, R. Mrabet, A. Taleb, A. Douaik A. Efficacité de quelques herbicides des céréales dans une culture du blé tendre conduite en semis direct, pp. 48-58, 2016.

[6] J. Ipou Ipou. Biologie et écologie de *Euphorbia heterophylla L. L*. (Euphorbiaceae) en culture cotonnière, au nord de la Côte d'Ivoire. Thèse de l'Université de Cocody-Abidjan, UFR Biosciences, 195 p, 2005.

[7] M. Chabalier, D. Marion, J. Martin, E. Arhiman, A. Lambert, J. Esther, F. Chiroleu. Essais de désherbage d'une repousse de canne à sucre après une coupe manuelle à La Réunion, 12p, 2012.

[8] SODEXAM. Catalogue météorologique-Sodexam. Région de la Marahoué-Bouaflé, 2011.

[9] S.A.K. Kouamé. Mise en place et entretien des productions végétales et/ou animales: cas du cacao. https://www.memoireonline.com/08/09/2642/m_Mise-en-place-et-entretien-des-productions-vegetales-etou-animales--cas-du-cacao-2.html, 5p, 2009.

[10] Weather S (2021). Météo habituelle à Bouaflé, Côte d'Ivoire ? https://fr.weatherspark.com/y/34000/Météo-habituelle-à-Bouaflé-Côte-d'Ivoire, 10p, 2021.

[11] J-L. Guillaumet, E. Adjanohoun. La végétation de la Côte d'Ivoire, 104p, 1971.

[12] S.M.Z. Traoré. Etude de l'efficacité du Nicosulfuron (40 g/l SC) sur les adventices du maïs (*Zea Mays* L.) et les effets sur les propriétés biologiques du sol, 87p, 2016.

[13] T. Le Bourgeois, P. Grard, P. Marnotte, J. Rodenburg. Amélioration de la gestion de l'enherbement des rizières en Afrique par le partage de l'information et l'aide à l'identification des adventices: le potentiel de la plateforme collaborative AFROWeeds. https://www.africarice.org, 2014.

[14] G. Le Breton, T. Le Bourgeois. Analyse comparée de la flore en culture d'ananas et de canne à sucre à la Réunion. http://www.prpv.org/index.php/fr/content/downlo, 2005.

[15] T. Le Bourgeois. Les mauvaises herbes dans la rotation cotonnière au nord-Cameroun (Afrique): Amplitude d"habitat – Degré d'infestation - Phénologie. Thèse de Doctorat, Université de Montpellier II, France, Sciences et techniques du Languédoc, 249 p, 1993.

[16] I.U. Akobundu, C.W. Agyakwa. Guide des adventices d'Afrique de l'ouest. International Institute of Tropical Agriculture (IITA), Ibadan, Nigeria, 552 p, 1989.

[17] D.E. Johnson. Les adventices en riziculture en Afrique de l'ouest. ADRAO, 1997. Imprint Design, United Kingdom, 312p, 1997.

[18] K. Traoré. Etude comparée de la flore adventice des agro-écosystèmes du palmier à huile (*Elaeis guineensis* Jacq. Arecaceae), en basse Côte d'Ivoire: cas du domaine de la Mé et de Dabou. Thèse de Doctorat, UFR Biosciences, Université de Cocody, Abidjan, Côte d'Ivoire, 166 p, 2007.
[19] A. Mangara. Les adventices en culture d'ananas: *Ananas comosus*. (L) Merr. (Bromeliaceae), dans les localités d'Anguédédou, de Bonoua et de N'douci, en basse Côte d'Ivoire: inventaire et essai de lutte. Thèse de Doctorat de l'Université de Cocody-Abidjan. Spécialité: Ecologie Végétale, Option. Malherbologie. 208 p, 2010.
[20] K. Traoré, C.B. Pene, K. Aman, S. Aké. Phytosociologie et diversité floristique du périmètre élaeicole de la Mé en basse Côte d'Ivoire forestière. *Agronomie Africaine,* 17 (3): 163-178, 2005.
[21] I.U. Akobundu. Weed Sciences in tropics. Principles and practices. Wiley, Chichester, UK; 522 p, 1987.
[22] N.K.M. Boraud. Etude floristique et phytoécologique des adventices des complexes sucriers de Ferké 1 et 2 de Borotoukoro et de Zuénoula, en Côte d'Ivoire. Thèse de spécialité UFR Biosciences, Université de Cocody, Côte d'Ivoire, 181 p, 2000.
[23] K.H. Koné. Etude écologique et phytosociologique des peuplements monospécifiques à haut rendement ligneux de *Tectona grandis* L. f (Verbenaceae): Teck dans les forêts classées de Sangoué et de la Rasso, en Côte d'Ivoire. Thèse de L'Université Félix Houphouët Boigny, UFR Biosciences, 204 p, 2012.
[24] A. Touré. Flore et végétation adventice des cultures mises en place dans la forêt de Sanaimbo et des agroécosystèmes environnants dans la région du N'zi-Comoé; Centre-est de la Côte D'Ivoire. Thèse de Doctorat de l'Université de Cocody, 172 p, 2009.
[25] M. Ayichedehou. Phytosociologie, Ecologie et Biodiversité des phytocénoses culturales et posculturales du sud et du centre Benin. Thèse de Doctorat en Sciences, Université libre de Bruxelles (Belgique), Faculté des sciences, 282 p, 2000.
[26] Minnesota Department of Agriculture. Amicarbazone 74,667 g/l. New use review April 2012, 2 p, 2008.
[27] Syngenta France SAS. L'essentiel CALLISTO l'herbicide de post-levée du maïs et du maïs doux, 2 p, 2019.
[28] G. Kambou. Activité herbicide du Nicosulfuron 40 g/l sur les adventices du maïs sous irrigation. Rapport de campagne sèche 2008 INERA, 22 p, 2000.
[29] L.T.A. Zougouri. Efficacité de NICOMAÏS 40 SC (Nicosulfuron 40 g/l) sur les adventices du maïs (*Zea mays* L.) ct ses effets sur les propriétés chimiques du sol. Mémoire de fin de cycle des Ingénieurs d'Agriculture, Centre Agricole Polyvalent de Matourkou, 56 p, 2015.
[30] R. Kundu, K. Brahmachari, P.S. Bera, C.K. Kundu, S. Roychoudhury. Bioefficacy of imazethapyr on the predominant weeds in soybean. *Journal of Crop and Weed,* 7 (2): 173-178, 2011.

International Journal of Innovation and Applied Studies
ISSN 2028-9324 Vol. 43 No. 2 Aug. 2024, pp. 344-349
© 2024 Innovative Space of Scientific Research Journals
http://www.ijias.issr-journals.org/

Contraintes et opportunités des systèmes d'élevage des canards en ville de Butembo

[Contraintes and opportunités des systèmes d'élevage des canards en ville de Butembo]

Mbusa Siviholya Kito[1], Grady Anale Moza[1], Lwanzo Kisonia Nelly[1], Kavira Mwenge Ghislaine[2], and Kakule Muyisa Fabrice[1]

[1]Université catholique du Graben, Faculté des Sciences agronomiques, Département de zootechnie, Butembo, RD Congo

[2]Université libre des Pays des Grands-Lacs, Faculté de Santé publique, Département de santé et environnement, Butembo, RD Congo

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

ABSTRACT: This study aims at identifying the constraints and the opportunities of duck farming in Butembo town. For this end, surveys and observations were carried out with 81 duck breeders in Butembo. The results show that there are two duck breeding systems in Butembo: 1. the extensive family system with roaming ducks and 2. The extensive backyard family system with captivated ducks. Ducks weigh between 2.4 and 3 kg for females against to 4.2 to 5.1 kg for adult males. The price of duck varies between US $5 and US $17 with an average price of $12.9. The price per kg of live weight is around $5. The price of ducklings ranges between $4 and $6 with an average of $4.8±1.

The constraints encountered by duck breeders are of various nature, the two most important of which are the distrust of ducks in the community (70.3%) and the absence of a nearby water point for swimming (70.3%). Other constraints are the lack of comfortable space for breeding (65.4%), the high cost of protein ingredients (62.9%), the deplorable quality of breeding infrastructure (56.7%), and the absence of a well-organized trade sector (40.7%). Most breeders (91%) say they do not use veterinarians for animal care. Breeders consider that duck breeding constitutes a source of income (73.3%), its adaptation to environmental conditions being easy (72.3%). Raising ducks guarantees the supply of fertilizer for the garden (67.9%). For 49.3% of breeders, selling ducks is easy.

According to 75% of breeders, valleys are more suitable than hills for raising wandering ducks because of the availability of water for swimming and the abundance of grasses as well as the presence of worms as source of proteins for ducks in addition to a larger uncultivated space.

KEYWORDS: breeding system, opportunity, duck.

RESUME: Cette étude a pour objectifs de relever les contraintes et les opportunités de l'élevage des canards en ville de Butembo. Pour ce faire, des enquêtes et observations ont été réalisées auprès de 81 éleveurs de canard en ville de Butembo. Les résultats montrent qu'il existe deux systèmes d'élevage de canards en ville de Butembo: 1. le système familial extensif avec canards en divagation et 2. Le système familial extensif de basse-cour avec canards en captivité. Les canards pèsent entre 2,4 et 3 kg pour les femelles contre 4,2 et 5,1 kg pour les mâles adultes. Le prix du canard oscille entre 5$ et 17$ avec une moyenne de prix de 12,9$. Le prix au kg de poids vif est d'environ 5 $. Le prix des canetons oscille entre 4$ et 6$ avec une moyenne de 4,8±1 $.

Les contraintes rencontrées par les éleveurs de canards sont de nature diverse dont les deux plus importantes sont de la méfiance du canard dans la société (70,3 %) et l'absence d'un point d'eau à proximité pour la nage (70,3 %). Les autres contraintes sont le manque d'espace confortable pour l'élevage (65,4 %), le coût élevé des ingrédients protéiques (62,9 %), la qualité déplorable des infrastructures d'élevage (56,7%), l'absence d'une filière bien organisée pour le commerce (40,7%). La plupart d'éleveurs (91 %) déclarent ne pas recourir aux vétérinaires pour les soins des animaux. Les éleveurs considèrent que l'élevage des canards constitue une source de revenu (73,3%), son adaptation aux conditions de l'environnement étant facile (72,3%). L'élevage des canards garantit l'apport d'engrais pour le jardin (67,9 %). Pour 49,3 % d'éleveurs, la vente des canards est aisée.

Selon 75 % d'éleveurs, les vallées sont plus propices que les collines à l'élevage des canards en divagation à cause de la disponibilité de l'eau pour la nage et l'abondance d'herbes de même que la présence des vers de terre pour l'alimentation protéique des canards en plus d'un espace non cultivé plus étendu.

MOTS-CLEFS: système d'élevage, opportunité, canard.

Corresponding Author: Mbusa Siviholya Kito

1 INTRODUCTION

L'élevage de canard peut jouer un rôle important dans l'économie du ménage particulièrement en Asie qui à elle seule fournit 82,6% de la production mondiale de viande de canard (Jha & Chakrabarti, 2017). Dans certains pays, le canard vient après le poulet pour la production de viande et d'œufs (Amanidja et al., 2018) potentialités peuvent être exploités pour réduire la pauvreté dans les ménages ou les communautés rurales (Jha & Chakrabarti, 2017). Ainsi le canard peut être élevé à grande échelle à des fins commerciales et à petite échelle pour la production de la viande ou d'œufs. Les canards sont des oiseaux rustiques et ont besoin de peu de soins. Ils peuvent s'adapter à presque tous les types de conditions environnementales. Ils ont également la tendance naturelle de se nourrir de mauvaises herbes aquatiques, d'algues, de légumineuses vertes, de champignons, de vers de terre, d'asticots, d'escargots, de divers types d'insectes, etc., ce qui réduit directement les coûts d'alimentation (Amanidja et al., 2018; Jha & Chakrabarti, 2017; Meulen & Dikken, 2000). Le canard présente un taux de mortalité faible. Les canes pondent sur une longue période. En Asie, les produits de canard tels que les œufs et la viande sont très demandés (Tai & Tai, 2001). L'élevage des canards de race locale constitue une source de revenus pour les paysans (Fasina et al., 2007) et représente l'une des rares opportunités d'épargne et d'investissement (Sharma, 2007). Néanmoins, peu d'études ont porté sur l'élevage de canards contrairement aux multiples recherches sur la productivité du poulet de race locale (Kone & Danho, 2008; Kouadio et al., 2013). Le rapport de la Kone & Danho (2008) mentionne les canards parmi les espèces aviaires rencontrées en milieu rural et urbain mais aucune statistique fiable ne permet de déterminer l'effectif et les conditions d'élevage du canard en Afrique subsaharienne.

En République Démocratique du Congo, le développement du secteur de l'élevage est une pièce importante de la stratégie de lutte contre l'insécurité alimentaire. A ce titre, par son cycle de production court, la volaille est une solution abordable par la plupart d'agriculteurs (Moula et al., 2012). Certains auteurs comme Tona et al. (2011) ont constaté que les contraintes auxquelles sont confrontés les éleveurs de canards à Kinshasa portent sur le manque d'espace, l'alimentation déséquilibrée, la mortalité, la qualité déplorable des infrastructures d'élevage et les problèmes liés aux paramètres de reproduction. Mais en ville de Butembo, très peu d'études se sont focalisées sur l'élevage du canard comparativement aux autres espèces avicoles. Il y existe plusieurs défis à relever dont celui de mieux organiser la filière de cet élevage pour qu'il contribue à l'approvisionnement. C'est la raison d'être la présente recherche qui vise à identifier les contraintes et opportunités de l'élevage de canard en ville de Butembo en vue de disposer d'informations pouvant servir de guide dans le projet de développement cette filière au niveau local.

2 MATÉRIELS ET MÉTHODES

L'étude s'étend sur une période de 7 mois soit d'avril à octobre 2023 pour cerner la plupart de questions y relatives en ville de Butembo. Sur le plan spatial, ce travail s'est réalisé en ville de Butembo. La ville de Butembo est située dans la partie septentrionale de la province du Nord-Kivu, au nord-est de la RDC entre 0°05' et 0°10' de latitude nord et 29°17' et 29°18' de longitude est. La ville se trouve à environ 15 Km au nord de l'équateur, à proximité de la dorsale occidentale du rift albertin. La zone urbaine est bâtie sur un territoire à relief accidenté avec des altitudes variant entre 1 463 m et 2 030 m (Sahani, 2011).

Le milieu de Butembo appartient au climat du Kivu montagneux. Il est qualifié de « subtropical tempéré par l'altitude » (Vyakuno, 2006). La température moyenne est d'environ 18 °C, avec deux saisons de pluie, de mars-mai et d'août-novembre. Les deux saisons relativement sèches vont de juin à juillet et de janvier à février. La pluviométrie moyenne annuelle est estimée à 1365 mm (Sahani, 2011).

2.1 POPULATION D'ÉTUDE

Pour atteindre nos objectifs, des enquêtes complétées par des observations ont été menées dans les 4 communes de la ville de Butembo. Le choix des personnes à interviewer a été fait suivant la méthode d'échantillonnage aléatoire simple qui a consisté à interviewer les éleveurs des canards rencontrés à leurs domiciles ou fermes. Un échantillon constitué de 81 éleveurs de canard a été constitué pour la collecte des données en raison de 20 éleveurs pour chacune de commune de la ville de Butembo. L'échantillon considéré n'a posé aucune condition sur le sexe, le niveau d'étude, l'Etat civil, l'ancienneté, le groupe socioprofessionnel et l'âge des individus qui le constitue.

2.2 COLLECTE DES DONNÉES

L'étude s'étend sur une période de 7 mois soit d'avril 2023 à octobre 2023. L'enquête était bien facilitée par un questionnaire préalablement établi. Le questionnaire a été alors formalisé moyennant l'outil Kobotoolbox afin d'être téléchargé sur un Smartphone via l'application V1.25.1. Les données récoltées demeuraient relatives aux caractéristiques sociodémographiques des enquêtés, à la caractérisation de l'élevage de canard et aux divers opportunités et contraintes issues de l'élevage du canard en ville de Butembo.

2.3 ANALYSE DES DONNÉES

L'analyse statistique des variables qualitatives s'est réalisée grâce au calcul de la fréquence de citation (%). En effet, pour les questions à réponses multiples, les pourcentages de chaque modalité ont été calculés par rapport au nombre total de répondants selon l'équation (1).

$$\text{Fréquence de citation} = \frac{Fréquence\ observée\ (F.o)}{Frequence\ attendue\ (F.\alpha)} \times 100 \quad (1)$$

Dans cette équation, la fréquence observée est le nombre d'enquêtés ayant coché une modalité (assertion) et la fréquence attendue est le nombre total de répondants à la question concernée. Les variables quantitatives ont été analysées grâce au paramètre de position qui est la moyenne arithmétique.

3 RÉSULTATS

3.1 CARACTERISTIQUES DES ÉLEVEURS DE CANARD ENQUETES

Les tableaux 1 et 2 résument les caractéristiques des éleveurs des canards en ville de Butembo.

Tableau 1. Caractéristiques sociodémographiques des enquêtés

Variables	Modalités	Effectifs	Pourcentages
Communes	Mususa	21	25,9
	Vulamba	20	24,6
	Kimemi	20	24,6
	Vulengera	20	24,6
Sexe	Masculin	58	71,6
	Féminin	23	28,4
Activités principales	Agriculture	25	30.8
	Commerce	23	28,3
	Etudiants	14	17,2
	Fonction publique	12	14,8
	Fonction libérale	4	4,9
	Autres	3	3,7
Niveau d'études	Universitaire	44	54,3
	Secondaire	26	32
	Primaire	7	8,6
	Postuniversitaire	4	4,9

Conformément au tableau 1, les enquêtés sont répartis équitablement dans les quatre communes de la ville. Les éleveurs de canard sont de deux genres avec une prépondérance d'hommes (71,6 %). Les éleveurs de canards sont principalement des personnes qui ont fréquenté l'université (54,3 %). Des personnes ayant un niveau d'étude limité au niveau secondaire sont également représentées (32 %). Bien que ces personnes s'offrent à l'élevage de canard, leur activité principale reste l'agriculture (30,8 %). Des personnes exerçant le métier de commerce sont également représentées (28,3%).

Tableau 2. Caractéristiques sociodémographiques des enquêtés

Variables	Moyenne	Minimum	Maximum	Coefficient de variation
Age	30,5	18	65	30,1%
Taille du ménage	8	3	15	71,5%

Le tableau 2 témoigne d'une hétérogénéité de l'âge des enquêtés avec une variation assez élevée autour de la moyenne. La taille des ménages des éleveurs des canards est très variable.

3.2 SYSTEMES D'ELEVAGES DES CANARDS EN VILLE DE BUTEMBO

Différents systèmes d'élevage de canard sont rencontrés en ville de Butembo: le système familial extensif avec canards en divagation (92,6 %) où les éleveurs laissent les animaux divaguer pendant la journée à la recherche de nourriture et le système familial extensif de bassecour avec canards en captivité (7,4%). En captivité, les canards sont enfermés dans un enclos ou dans un abri de nuit et bénéficient d'une alimentation par l'éleveur au cours de la journée.

La main-d'œuvre dans les élevages est essentiellement familiale (97,6 %) et rares sont les élevages qui engagent des ouvriers (2,4 %). Dans 38,2 % de cas, ce sont les enfants qui s'occupent du suivi de l'élevage alors que tous les membres du ménage s'en occupent dans 35,8 % de cas. Au sein du ménage, les hommes sont responsables des élevages de canards dans 28 % alors que les femmes au niveau du ménage ne s'en occupent qu'en 17 %.

Pour la moitié d'éleveurs de canards (50,6%), la cuisine reste logement le plus approprié pour l'élevage tandis que pour d'autres éleveurs (41,9%) exercent l'élevage des canards se passe dans une chambre spécifique destinée allouée à l'activité alors que les moins nombreux sont ceux qui élèvent dans des cages (9,8 %). Les canards en ville de Butembo sont élevés dans des logements allant de 2 m^2 de superficie à 50 m^2 de superficie avec une moyenne de 10,9 m^2. L'effectif de canard dans les élevages varie de 2 à 30 individus avec une moyenne de 9 individus. La superficie occupée pour le logement d'un canard est d'environ 1 m^2. Dans 38,20 % de cas, l'élevage des canards est associé à celui d'autres volailles qui partagent le même logement avec les autres canards ainsi que le même régime alimentaire. Ces éleveurs qui diversifient les spéculations possèdent l'un ou l'autre de spéculations comme des poules, des pigeons, des oies, des porcs, des lapins, des cobayes, des chèvres ou des moutons.

3.3 CONTRAINTES RENCONTREES EN L'ELEVAGE DE CANARDS EN VILLE DE BUTEMBO

Les contraintes rencontrées par les éleveurs de canards en ville de Butembo sont de nature diverse principalement la méfiance de la population en rapport avec la consommation des productions zootechniques des canards (chair et œufs) au sein la société (70,3 %) et le manque d'un point d'eau à proximité pour les canards (70,3 %). Les autres contraintes sont le manque d'espace confortable pour l'élevage (65,4 %), le coût élevé des ingrédients protéiques (62,9 %), la qualité déplorable des infrastructures d'élevage (56, 7 %), l'absence d'une filière bien organisée pour le commerce (40,7%), le prix d'achat élevé des canetons (27,1%), alimentation déséquilibrée (22,2%) et enfin la mortalité des animaux (13,5%) pour différentes causes dont le froid, les accidents d'élevage, les prédateurs et les maladies parasitaires (notamment les infestations par les vers intestinaux) et infectieuses.

Toutefois, plupart d'éleveurs des canards (72,8 %) déclarent ne pas constater de maladies dans leurs élevages. Ces éleveurs ne sont pas formés pour déceler des cas des maladies qui peuvent silencieusement affecter la croissance des animaux et leur production en œufs. Parmi les 27,2 % de ceux qui constatent des maladies, il existe une répartition équitable entre ceux qui font recours à un vétérinaire en cas de maladie et ceux qui ne le font pas. Dans la catégorie de ceux qui ne font pas recours aux vétérinaires, 38,2% soignent eux-mêmes leurs canards, 12, 3% se méfient de maladies même s'ils les constatent et 2,47% disent manquer de moyens pour payer les vétérinaires et les médicaments.

3.4 OPPORTUNITES DE L'ELEVAGE DES CANARDS EN VILLE DE BUTEMBO

Les opportunités que les éleveurs tirent de l'élevage de canard sont de divers types. Les éleveurs considèrent que la première opportunité tirée de cet élevage est qu'il est une source de revenus (73,3%), suivis de son adaptation facile aux conditions de l'environnement (72,3%), l'apport de l'engrais pour le jardin (67,9 %), la vente facile (49, 3%), une alimentation facile (25,9%), une mortalité faible (48,1 %), un coût de production faible (8,6%) comparé aux autres volailles.

Beaucoup d'éleveurs (95%) vendent les produits issus de leur élevage. En même temps, 79 % d'éleveurs déclarent élever le canard pour la consommation au sein même du ménage des éleveurs et très peu d'éleveurs (1,2%) en font de dons. L'élevage des canards permet de générer un revenu pour l'éleveur et de lutter contre l'insécurité alimentaire.

Les éleveurs rencontrés dans la vallée principalement en commune Kimemi à Butembo ont exprimé que la vallée offre un accès plus facile à l'eau douce dont les canards ont besoin pour nager, se nourrir et s'épanouir. L'élevage des canards dans la vallée offre des possibilités de verdure herbacée pour l'alimentation, les algues, les vers de terre et les larves d'insectes qui se développent dans les milieux humides, enrichis de matières organiques et de limons.

3.5 ALIMENTATION DES CANARDS EN VILLE DE BUTEMBO

Les restes de cuisine apparaissent dans 88,8 % comme compléments alimentaires. Les céréales dont essentiellement du maïs grain (95 %) sont les ressources alimentaires qui apparaissent en 95,4 % dans les formulations alimentaires des canards en plus du tourteau palmiste (3,5 %). Les formulations concentrées importées restent les moins utilisées dans l'alimentation complémentaire avec une fréquence de citation de 3,7 %. Dans 70,8 % de cas, les éleveurs donnent aux canards des mélanges alimentaires formulés localement

par eux-mêmes mais recourent en 8,5 % aux mélanges alimentaires formulés localement par d'autres personnes. Dans 17 % les éleveurs recourent aux concentrés locaux et aux concentrés importés à la fois.



Fig. 1. Canetons en alimentation

3.6 COMMERCIALISATION DES CANARDS

Les canards sont vendus à des revendeurs de volailles ou à des particuliers. Les occasions de vente pour les éleveurs sont le plus souvent occasionnelles. Les canards pèsent entre 2,4 et 3 kg pour les femelles contre 4,2 et 5,1 kg pour les mâles adultes. Le prix du canard oscille entre 5$ et 17$ avec une moyenne de prix de 12,9$. Le prix au kg de poids vif est d'environ 5 $ au kg. Le prix des canetons oscille entre 4$ et 6$ avec une moyenne de 4,8±1 $. Le calcul montre que le prix moyen du canard adulte est de 5,0±1,2 dollars par kg de poids vif indépendamment du sexe des canards.

4 DISCUSSION DES RÉSULTATS

Les résultats ont montré qu'il existe deux systèmes d'élevage des canards en ville de Butembo. Le système familial extensif avec des canards en divagation reste le plus dominant (92,6%) tandis que le système familial extensif avec canards en captivité reste le moins populaire. Les proportions des éleveurs qui donnent des concentrés aux animaux d'élevage restent faibles dans le milieu d'études. Ces observations sont presqu'en accord avec celles de Amanidja et al. (2018) qui ont rapporté que 88,62 % des canards étaient élevés dans un système de divagation.

La plupart des élevages du canard en ville de Butembo sont mis en cuisine (50,2%) alors que 41,9% sont mis dans une chambre spécifique destinée à l'élevage. L'élevage est pratiquement familial. Ils sont moins nombreux les entrepreneurs qui élèvent les canards dans des cages (9,8%). Dans la même logique, les élevages des canards qui engagent un employé sont assez rares. Les observations similaires ont été réalisées par Oguntundji et Ayorinde (2015), Adeyemi et al. (2008) et Baruwa et al. (2018) au Nigéria. Même en Côte-d'Ivoire, les canards sont élevés dans un système familial extensif en divagation où les oiseaux parcourent le village à la recherche d'aliments toute la journée (Amanidja et al., 2018). Les éleveurs produisent du canard pour la vente ou l'autoconsommation en ville de Butembo.

Les canards sont vendus à des revendeurs de volailles ou à des particuliers avec des prix fluctuant entre 5$ et 17$ avec une moyenne de prix de 12,9$. Pour les canetons le prix oscille entre 4$ et 6$ avec une moyenne de 4,8 $. Toutefois, les occasions de vente pour les éleveurs sont le plus souvent occasionnelles. Ces résultats corroborent ceux des autres auteurs qui ont travaillé sur la même spéculation (Adeyemi et al., 2008; Amanidja et al., 2018; Baruwa et al., 2018; Oguntunji & Ayorinde, 2015).

Quant à ce qui concerne l'apparition des pathologies dans l'élevage des canards à Butembo, une certaine proportion d'éleveurs (12, 3%) se méfie des maladies même s'ils les constatent. Sanfo et al. (2007) rapportent eux aussi que le suivi sanitaire des canards est léger et se limite souvent aux soins médicaux par l'éleveur lui-même. Pour Houessionon et al. (2020), les canards résistent mieux aux maladies que les poules et sont même moins exigeants pour l'habitat.

Les contraintes les plus rencontrés par les éleveurs dans le milieu d'étude sont de la méfiance du canard dans la société, le mangue d'espace confortable pour l'élevage, le coût élevé des ingredients proteiques, la qualité déplorable des infrastrures d'élevage, l'absence d'une filière bien organisée pour le commerce, le prix d'achat élévé des canetons, une alimentation déséquilibrée et enfin la mortaité. Ces résultats sont similaires à ceux de Tona et al (2011) dans une étude sur les opportunités et contraintes auxquelles est soumis l'élevage de canards en ville de Kinshasa en République Démocratique du Congo.

5 CONCLUSION

La présente étude a porté sur les contraintes et les opportunités l'élevage des canards en milieu urbain de Butembo. Les résultats ont révélé que l'élevage des canards est de type familial avec les canards en divagation. L'enfant reste la personne la plus impliquée dans l'activité d'entretien des canards dans les ménages. En ce sens, l'amélioration du rendement et de la rentabilité de l'élevage des canards doit passer par la professionnalisation des éleveurs en offrant une alimentation soutenue et des conditions d'élevage améliorées qui permettent un accès facile à l'eau. La filière de commercialisation des productions zootechniques des canards doit être améliorée avec la possibilité de conservation des viandes de canard et de vente en fonction de la demande. Une formation pour les éleveurs sur la zootechnie des canards, sur les maladies et sur les soins vétérinaires appropriés doit être assurée par les services étatiques attitrés en collaboration avec les universités. Dans la même logique, il sera important de mettre en place une coordination des éleveurs des canards en vue de faciliter l'obtention de différents services et des orientations pour les soins vétérinaires, les aliments appropriés, les géniteurs de qualité et la commercialisation des productions zootechniques des canards.

REFERENCES

[1] Adeyemi, O. A., Sobayo, R. A., & Aluko, F. A. (2008). A survey of duck farming activities in Abeokuta metropolis of Ogun State, Nigeria. *Nig. Poult. Sci. J, 5* (1), 23-29.

[2] Alexandre, T., Bindille Jerome, & André, B. (2011). Amélioration de la Filière Canard À Kinshasa R D C. *International Book Market Service Limited, 201*.

[3] Amanidja, B. D., Komara, M., Soro, D., Logboh, G. L. A. E., & Atcho, O. (2018). Analyse diagnostique de l'élevage des canards de race locale (Cairina Moschata Linnaeus, 1758) dans le sud forestier de la Côte d'Ivoire. *European Scientific Journal ESJ, 14* (36). https://doi.org/10.19044/esj.2018.v14n36p488.

[4] Baruwa, I. O., Tijani, A. A., & Alimi, T. (2018). Determinants of technical efficiency in duck production in southwest Nigeria. *AGRICULTURA TROPICA ET SUBTROPICA, 51*.

[5] Fasina, F. O., Wai, M. D., Mohammed, S. N., & Onyekonwu, O. N. (2007). Contribution de l'aviculture aux revenus des ménages : Le cas de la municipalité de Jos South (Nigeria). *Aviculture Familiale, 17* (1-2), 30-34.

[6] Houessionon, J. B., Bonou, G. A., Ahounou, G. S., Dahouda, M., Dougnon, T. J., Mensah, G. A., Bani Kogui, S., & Youssao Abdou Karim, I. (2020). Caractéristiques de l'élevage du canard de Barbarie dans les zones agro-écologiques du Sud-Bénin. *Journal of Applied Biosciences, 145,* 14862-14879. https://doi.org/10.35759/JABs.145.3.

[7] Jha, B., & Chakrabarti, A. (2017). Duck farming : A potential source of livelihood in tribal village. *Journal of Animal Health and Production, 5,* 39-43. https://doi.org/10.17582/journal.jahp/2017/5.2.39.43.

[8] Kone, S., & Danho, T. (2008). *Côte d'Ivoire : Revue du secteur agricole* (Division de la production et de la santé animales de la FAO). FAO.

[9] Kouadio, K. E., Kreman, K., Kouadja, G. S., Kouao, B. J., & Fantodji, A. (2013). Influence du système d'élevage sur la reproduction de la poule locale Gallus domesticus en Côte d'Ivoire. *Journal of Applied Biosciences, 72,* 5830-5837. https://doi.org/10.4314/jab.v72i1.99669.

[10] Meulen, S. J. V., & Dikken, G. D. (2000). *L'élevage de canards*. Série – Agridoc.

[11] Moula, N., Detiffe, N., Farnir, F., Antoine-Moussiaux, N., & Leroy, P. (2012). Aviculture familiale au Bas-Congo, République Démocratique du Congo (RDC). *Livestock research for rural development, 24* (5), 1-15.

[12] Oguntunji, A., & Ayorinde, K. L. (2015). Duck production in Nigeria : Flock characteristics, management and mortality. *Archiva Zootechnica, 18* (1), 27-40.

[13] Sahani, W. M. (2011). Contexte urbain et climatique des risques hydrologiques en ville de Butembo (Nord-Kivu) [Thèse de doctorat]. Université de Liège.

[14] Sanfo, R., Boly, H., Sawadogo, L., & Ogle, B. (2007). Caractéristiques de l'élevage villageois de la pintade locale Numida meleagris au centre de Burkina Faso. *Tropicultura, 25,* 31-36.

[15] Sharma, R. K. (2007). Rôle et pertinence de l'aviculture familiale rurale dans les les pays en voie de développement : Cas de l'Inde. *Aviculture familiale, 17* (1-2), 35-41.

[16] Tai, C., & Tai, J.-J. (2001). Future prospects of duck production in Asia. *Journal of Poultry Science - J POULT SCI, 38,* 99-112. https://doi.org/10.2141/jpsa.38.99.

[17] Tona, A. T., Bindelle, J., & Buldgen, A. (2011). Amélioration de la filière canard à Kinshasa R.D.C. : Tenir un élevage de canards à Kinshasa. Editions universitaires europeennes.

[18] Vyakuno, K. E. (2006). Pression anthropique et aménagement rationnel des hautes terres de Lubero en RDC. Rapports entre société et milieu physique dans une montagne équatoriale, Tom I [Thèse de doctorat]. Université de Toulouse 2- le Mirail.

International Journal of Innovation and Applied Studies
ISSN 2028-9324 Vol. 43 No. 2 Aug. 2024, pp. 350-358
© 2024 Innovative Space of Scientific Research Journals
http://www.ijias.issr-journals.org/

Dynamique temporelle des populations et nuisance culicidienne au cours de la mise en œuvre d'un barrage hydro-agricole Bouaké, Centre de la Côte-d'Ivoire

[Temporal dynamic of Culicid population and nuisance during the construction of a small dam in Bouaké, Central Côte d'Ivoire]

Nana Rose Diakité[1], Mamadou Ouattara[1], Bamaro Coulibaly[3], Agodio Loukouri[1], Bassa Fidèle Kouakou[1], Adja Akré Maurice[1-3], and N'Goran K. Eliezer[1]

[1]Laboratoire de Biologie et Santé, Université Félix Houphouët-Boigny de Cocody, 22 BP 582, Abidjan, Côte d'Ivoire

[2]Centre Suisse de Recherches Scientifiques (CSRS), 01 BP 1303 Abidjan 01, Côte-d'Ivoire

[3]Institut Pierre Richet, Institut National de Santé Publique, 01 BP 1500, Bouaké, Côte d'Ivoire

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

ABSTRACT: An entomological study was conducted during the construction of a small hydro-agricultural dam at Raffierkro near Bouaké, in central Côte d'Ivoire, between June 2007 and November 2009. The objective of this research was to evaluate the variation in specific diversity, abundance and nuisance of mosquitoes species in correlation with the different stages of the dam implementation. Larvae were collected using a 'dipping' sampling method in irrigation canals, stagnant water footprints and fish breeding ponds to determine specific diversity. Adult mosquitoes were captured on human bait over 2 to 3 consecutive nights. A total of 20,925 adult mosquitoes and 489 larvae were collected, divided into 6 genera and 21 species, with the most prevalent being Anopheles gambiae and Mansonia africana. Abundances exhibited considerable variation from one year to the next, with a marked increase during the rice-growing season, which was accompanied by a significant nuisance, particularly in localities in proximity to the dam and rice-growing facilities. This study highlights the impact of the facilities on culicid dynamics, with potential implications for disease transmission.

KEYWORDS: dynamic, abundance, mosquitoes, small dam, Côte d'Ivoire.

RESUME: Une étude entomologique a été entreprise lors de la construction d'un petit barrage hydroagricole à Raffierkro près de Bouaké, au centre de la Côte d'Ivoire, entre juin 2007 et novembre 2009. L'objectif de cette recherche était d'évaluer la variation dans la diversité spécifique, l'abondance et les nuisances des différentes espèces de moustiques en corrélation avec les différentes étapes de mise en œuvre du barrage. Les larves ont été récoltées grâce à une méthode d'échantillonnage par «dipping» dans les canaux d'irrigation, les empreintes d'eau stagnante et les bassins destinés à la reproduction des poissons afin de déterminer la diversité spécifique. Quant aux moustiques adultes, ils ont été capturés sur appât humain pendant 2 à 3 nuits consécutives. Un total de 20 925 moustiques adultes et 489 larves repartis en 6 genres et 21 espèces dominées par les espèces *Anopheles gambiae* et *Mansonia africana* ont été collectées. Ces abondances ont varié considérablement d'une année à l'autre, avec une explosion au moment de la riziculture, corrélée à une forte nuisance en particulier dans les localités proches du barrage et des aménagements rizicoles. Cette étude met en lumière l'impact des aménagements sur la dynamique culicidienne avec les effets potentiels sur la transmission de maladies.

MOTS-CLEFS: dynamique, abondance, moustique, barrage hydroagricole, Côte d'Ivoire.

Corresponding Author: Nana Rose Diakité

1 INTRODUCTION

L'aménagement de petits réservoirs d'eau suscite de l'intérêt dans les pays tropicaux, pour les secteurs de l'agriculture, l'élevage et la pêche. Toutefois, les transformations de l'environnement engendrées ont des répercussions sur l'écologie des espèces animales notamment, celle des moustiques [1], [2], [3]. Ces aménagements liés à l'eau peuvent favoriser une augmentation des sites de reproduction larvaire, prolongeant ainsi la période de transmission de diverses maladies humaines [5], [6]. En effet, outre la nuisance causée [4], les moustiques sont des vecteurs du paludisme, de la filariose lymphatique, de la dengue et de la fièvre jaune. Plusieurs études menées en Afrique et plus spécifiquement en Côte d'Ivoire ont montré un lien entre les aménagements hydroagricoles et la prolifération des moustiques associée ou non à une recrudescence des cas de paludisme [7], [8], [9]. Face à cette réalité, une surveillance épidémiologique a été initiée lors de la construction du barrage hydroagricole de Raffierkro afin d'anticiper les effets négatifs potentiels [10]. Ce travail vise une meilleure compréhension de la dynamique de la diversité spécifique et de l'abondance relative, ainsi que de la nuisance des espèces culicidiennes et par conséquent la qualité de vie des populations humaines. Ces résultats serviront à élaborer des stratégies adéquates adaptées aux conditions locales de lutte contre les moustiques et de prévention contre le paludisme.

2 MATERIEL ET METHODES

2.1 SITE D'ETUDE ET CARACTERISTIQUES

L'étude s'est déroulée à proximité de Bouaké, dans la région centrale du pays (coordonnées géographiques: 7°44' de latitude N, 5°41' de longitude Ouest). Le climat est tropical humide, marqué par deux saisons distinctes: une saison sèche de novembre à février et une longue saison des pluies de mars à octobre. La température moyenne quotidienne oscille entre 23,7 et 33,8°C. La pluviométrie annuelle moyenne pour les années 2007-2009 a varié entre 1 229 et 1 334 mm. La végétation reflète le caractère transitionnel entre la forêt tropicale humide au sud et la savane au nord. L'étude a été conduite dans 5 villages (Raffierkro Ahougui, Kpokahankro, Koffikro et N'Douakro) localisés à proximité d'un petit barrage.

2.2 COLLECTE ET IDENTIFICATION MORPHOLOGIQUE DES LARVES ET DES ADULTES DE MOUSTIQUES

Les larves ont été prélevées de 9 h à 16 h dans tous les gîtes identifiés dans les localités d'étude par la méthode du « dipping » à l'aide d'une louche standard de 350 ml [11].

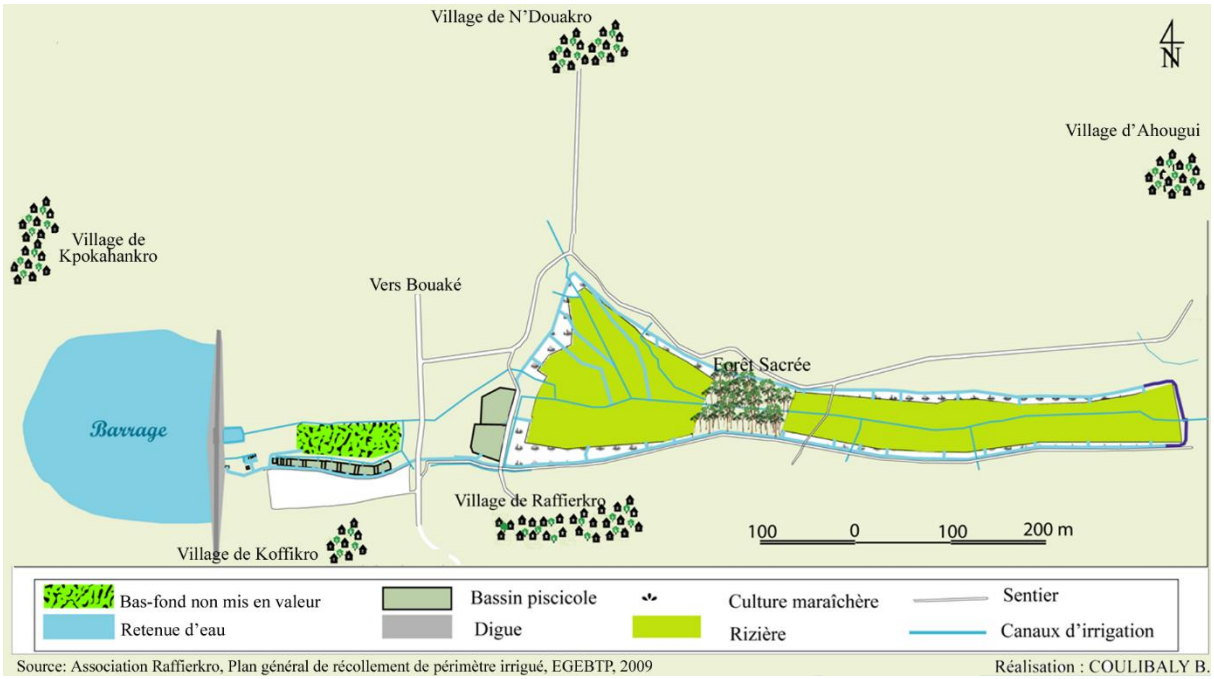


Fig. 1. Sites d'étude autour du barrage hydroagricole et des aménagements

Après chaque coup de louche, le contenu était transvasé dans un bac à fond blanc et le dénombrement des larves était fait pour 10 coups de louche. Le nombre de larves et de pupes a été enregistré dans chaque site de collecte et les spécimens ont été amenés au laboratoire pour la mise en eau. Après émergence des adultes ont été tués par congélation et identifiés morphologiquement [12]. La faune adulte a été collectée durant 9 mois, de juin 2007 à novembre 2009 subdivisée en trois grandes périodes. La première année correspondait à la construction du barrage et à sa mise en eau. Les aménagements ont suivi la deuxième année et la troisième année correspondait aux activités rizicoles. Les moustiques ont été collectés mensuellement pendant 2 à 3 nuits consécutives avec La méthode de collecte sur appâts humains [13]. Huit collecteurs ont été repartis en deux groupes de quatre individus. Dans le premier groupe, deux individus étaient installés dans des maisons, tandis que les deux autres collecteurs étaient installés dans des abris extérieurs sélectionnés de façon aléatoire. Les six premières heures ont été consacrées à la première équipe, qui a travaillé de 18h00 à minuit, puis la deuxième de minuit à 6h00. Avant la collecte, les personnes volontaires qui étaient utilisées comme appâts ont reçu un traitement antipaludique. Les moustiques capturés ont été conservés séparément dans des tubes contenant du silicagel. Les clés d'identification de Gilles et Coetzee, 1987 [14] ont permis d'identifier les espèces collectées.

2.3 ANALYSES STATISTIQUES

Les données ont été saisies deux fois et validées à l'aide du logiciel Microsoft Excel et analysées avec le logiciel STATA version 8.0 (STATA Corporation, Collège Station, États-Unis). Les intervalles de confiance ont permis de comparer les abondances de la faune culicidienne. Le test de Kruskal-Wallis (KW) a été utilisé pour la comparaison des densités agressives.

2.4 CONSIDERATION ÉTHIQUE ET TRAITEMENT

Cette étude a été approuvée par la commission de recherche institutionnelle du Centre Suisse de Recherches Scientifiques en Côte d'Ivoire et les autorités sanitaires de la région de Bouaké. Les membres de la communauté ont été informés des objectifs, des procédures ainsi que des risques et bénéfices potentiels associés à l'étude. Les individus analphabètes ont reçu ces informations dans la langue locale. Avant le début de l'étude, un consentement éclairé écrit a été recueilli auprès de tous les participants, y compris les volontaires agissant en tant qu'appâts nocturnes et les chefs de famille des maisons sentinelles. Afin de prévenir le paludisme, les volontaires ont bénéficié d'un traitement prophylactique. De plus, des moustiquaires imprégnées d'insecticide (MII) ont été mises à disposition pour l'ensemble de la population des cinq villages.

3 RESULTATS

3.1 DYNAMIQUE DE LA DIVERSITE ET DE L'ABONDANCE RELATIVE DE LA FAUNE CULICIDIENNE

3.1.1 GITES ET FAUNE LARVAIRE

Au total, dans les 5 localités, 17 types de gîtes larvaires ont été identifiés, répartis en 3 gîtes naturels et 14 gîtes anthropiques. Les localités de Raffierkro (12) et Ahougui (9) ont présenté une diversité plus marquée en termes de types de gîtes. Dans les différentes localités des gîtes spécifiques à Culex, Anopheles et des gîtes mixtes en fonction des genres de culicidés ont été observés. Au total, 489 larves ont été collectées, principalement dans les localités d'Ahougui (n=365) et de Raffierkro (n=117). Les proportions relatives des larves du genre Culex (52,5%; IC 95% 48,13-56,98) étaient comparables à celles du genre Anopheles (52,5 %; IC 95% 48,13-56,98). Toutefois, ces proportions ont présenté des variations significatives au sein des différentes localités. À Ahougui, le genre Culex (58,9 %; IC 95% 53,8-63,9) s'est révélé prédominant par rapport au genre Anopheles (41,1%; IC 95% 36,0-46,14). En revanche, à Raffiekro, le genre Anopheles a montré une nette domination (71%; IC 95% 62,7-79,14) par rapport au genre Culex (29 %; IC 95% 20,8-37,2)

Suite à l'émergence, les espèces *An. gambiae, An. ziemanni* et *An. pharoensis* ont été identifiées à Ahougui, tandis qu'à Raffierkro ce sont les deux premières espèces. L'espèce *An. gambiae* a enregistré la plus forte proportion, atteignant respectivement 89,5 % et 71 % dans ces deux localités. En ce qui concerne les moustiques du genre Culex observés, *Cx. quinquefasciatus* s'est révélé être l'espèce prédominante, représentant 95,5 % à Ahougui et 82,2 % à Raffierkro. D'autres espèces de moustiques identifiées incluaient *Cx. decens, Cx. tigripes* et *Cx annulioris*. À N'Douakro également, le genre Culex était largement représenté par l'unique présence de l'espèce *Cx.quinquefasciatus* (100%).

3.1.2 FAUNE CULICIDIENNE IMAGINALE

Au total, 24 826 moustiques ont été collectés dans les cinq localités étudiées, comprenant six genres et vingt et un espèces. L'effectif des culicidés capturés a varié de 4491 moustiques la première année, à 6287 la deuxième année puis à 14 048 moustiques la troisième année. Cette croissance exponentielle a été observée dans toutes les localités d'étude. Quatre genres (Anopheles, Culex, Aedes et Mansonia) se sont retrouvés de manière constante dans toutes les localités, tandis que les genres Eretmapodites et Coquelletidia ont été exclusivement observés à N'Douakro. Le genre Anopheles a prédominé dans chacune des localités, avec des proportions variant entre 69,8 % à N'Douakro et 88,2 % à Ahougui. Il était a suivi du genre Mansonia, dont la présence a varié entre 10,8 % à Ahougui et 30,5 % à Koffikro. Les genres Culex et Aedes ont été identifiés avec des proportions inférieures à 10% (Figure 2).

Huit espèces d'Anopheles ont été identifiées (*An. gambiae, An. funestus, An. nili, An. pharoensis, An. ziemanni, An. wellcomei, An. brohieri* et *An. coustani*). L'espèce majoritaire était *An. gambiae* avec des proportions allant de 50,6 % à Koffikro à 72,6 % à Raffierkro. Les autres espèces sont moins abondantes avec des proportions inférieures à 12,5 %. Le nombre d'espèces du genre Anopheles, a augmenté au cours du temps passant de 3 à 7 à Ahougui, de 3 à 4 à Koffikro et Raffierkro. L'espèce *An. nili,* absente au cours de la première année a été identifiée la seconde année à Ahougui, Kpokahankro et N'Douakro, puis dans toutes les localités la troisième année. *Anopheles coustani* et *An. ziemanni* n'ont plus été identifiées après la première année à N'Douakro et à Ahougui. Un spécimen de *An. brohieri* a été récolté la troisième année. Les espèces *Ma. africana* et *Ma. uniformis* ont eu une présence constante dans l'ensemble des localités. A l'exception de la localité de Kpokahankro, qui a présenté des proportions à la hausse de la première à la deuxième année, toutes les autres localités ont connu des baisses de la première à la troisième année. Les espèces *Culex annulioris* et *Cx. quinquefasciatus* ont présenté, une tendance à la hausse de la première à la deuxième année, puis une tendance à la baisse de la deuxième à la troisième année. Enfin, *Aedes vittatus* et *Ae.aegypti,* ont été rares dans les cinq localités avec des proportions inférieures à 1 % (Tableau I et II).

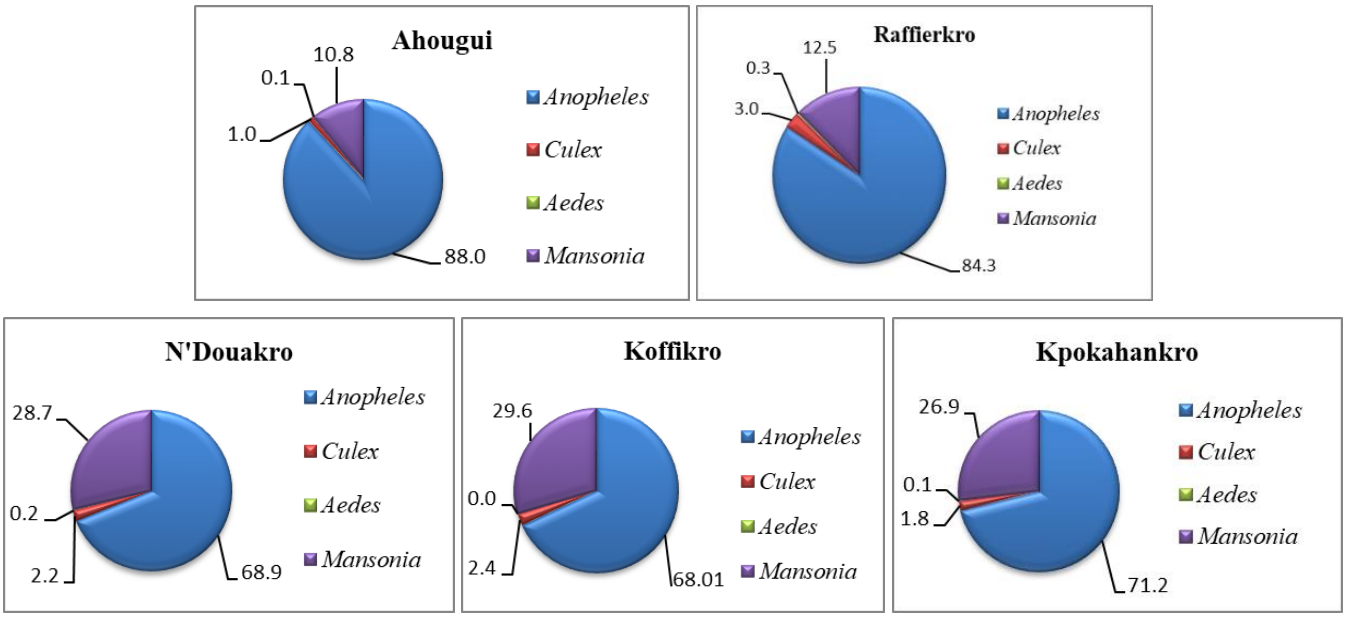


Fig. 2. Proportion des genres de culicidés capturés au cours des prospections dans les cinq localités

Tableau 1. ***Composition de la faune culicidienne au cours des 3 années d'étude dans les villages de Ahougui, Koffikro et Kpokahankro***

Espèces	Localités								
	Ahougui			Koffikro			Kpokahankro		
	An1	An2	An3	An1	An2	An3	An1	An2	An3
	(n) %			(n) %			(n) %		
An. gambiae	(820) 48,8	(1082) 69,5	(3020) 80,9	(92) 18,9	(188) 22	(1639) 64	(240) 31,2	(679) 40,4	(1995) 79,9
An. funestus	(399) 23,7	(102) 6,6	(88) 2,3	(85) 17,5	(54) 6,3	(121) 4,7	(153) 19,9	(87) 5,2	(68) 2,7
An. nili	0	(62) 3,9	(101) 2,7	0	0	(7) 0,3	0	(3) 0,2	(1)
An. pharoensis	(34) 2,0	(130) 8,4	(285) 7,6	(30) 6,2	(265) 31,1	(174) 6,8	(27) 3,5	(210) 12,5	(53) 2,1
An. brohieri	0	0	(1)	0	0	0	0	0	0
An. coustani	0	(3) 0,2	0	0	0	0	0	0	0
An. ziemanni	0	0	(1)	0	0	0	(1) 0,1	0	0
An. wellcomei	0	(2) 0,1	(1)	0	0	0	0	(1) 0,1	(1)
Cx. decens	0	0	0	0	(1) 0,1	0	0	(2) 0,1	0
Cx. annulioris	(15) 0,9	(33) 2,1	(3) 0,1	(10) 2,1	(40) 4,7	(16) 0,6	(14) 1,8	(34) 2	(15) 0,6
Cx. quinquefasciatus	(4) 0,2	(7) 0,4	(11) 0,3	(2) 0,4	(7) 0,8	(14) 0,5	(9) 1,2	(4) 0,2	(12) 0,5
Cx. poïcilipes	0	0	0	(2) 0,4	0	0	0	0	0
Ae. aegypti	(1) 0,1	(2) 0,1	0	0	0	0	0	(2) 0,1	(1)
Ae. vittatus	0	(1) 0,1	0	0	0	(1)	0	(2) 0,1	0
Ae. africanus	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Ae. palpalis	(2) 0,1	0	0	0	0	0	0	0	0
Ae. sp	(1) 0,1	0	0	0	0	0	(1) 0,1	0	0
Ma. africana	(292) 17,4	(77) 4,9	(104) 2,8	(189) 38,9	(212) 24,8	(419) 16,4	(268) 34,9	(616) 36,6	(258) 10,3
Ma. uniformis	(112) 6,7	(55) 3,5	(114) 3,1	(76) 15,6	(86) 10,1	(171) 6,7	(55) 7,16	(41) 2,4	(92) 3,7
Eretmapodites sp	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Nbre espèce	**10**	12	**11**	**8**	**8**	**9**	**9**	12	10

Tableau 2. Composition de la faune culicidienne au cours des trois années d'étude dans les villages de N'Douakro et Raffierkro

Espèces	Localités					
	N'Douakro			Raffierkro		
	An1	An2	An3	An1	An2	An3
	(n) %			(n) %		
An. gambiae	(186) 32,8	(191) 39,5	(1280) 60,3	(497) 50,2	(1063) 62	(2607) 83,1
An. funestus	(102) 18	(25) 5,2	(22) 1	(122) 12,3	(62) 3,6	(83) 2,6
An. nili	0	(9) 1,9	(62) 2,9	0	0	(9) 0,3
An. pharoensis	(3) 0,53	(87) 18	(214) 10,1	(71) 7,2	(236) 13,8	(173) 5,5
An. brohieri	0	0	0	0	0	0
An. coustani	(2) 0,35	0	0	0	0	0
An. ziemanni	0	0	1 (0,1)	0	0	0
An. wellcomei	0	0	0	0	0	0
Cx. decens	0	(2) 0,4	0	0	0	0
Cx. annulioris	(6) 1,1	(10) 2,1	7 (0,3)	(51) 5,1	(89) 5,2	(21) 0,7
Cx. quinquefasciatus	(4) 0,7	(16) 3,3	24 (1,1)	(6) 0,6	(4) 0,2	(3) 0,1
Cx. poïcilipes	0	0	0	0	0	0
Ae. aegypti	0	0	4 (0,2)	(4) 0,4	(5) 0,3	(1)
Ae. vittatus	0	(2) 0,4	0	0	(1) 0,1	(4) 0,1
Ae. africanus	0	0	0	0	(1) 0,1	0
Ae. palpalis	0	0	0	(1) 0,1	0	0
Ae. sp	0	0	0	(1) 0,1	0	0
Ma. africana	(188) 33,2	(68) 14,1	(367) 17,3	(163) 16,4	(222) 12,9	(176) 5,6
Ma. uniformis	(75) 13,2	(73) 15,1	(140) 6,6	(74) 7,4	(31) 1,81	(62) 2
Eretmapodites sp	(1) 0,2	0	1 (1,0)	0	0	0
Nbre espèce	**9**	**10**	**11**	**10**	**10**	**10**

3.2 NUISANCE CULICIDIENNE

La nuisance évaluée dans l'ensemble de la zone, au cours des 3 années d'étude est estimée en moyenne à 75,7 p/h/n IC (46,3-198,3) en 328 hommes nuit pour l'ensemble des espèces. Le nombre de piqûres reçues par un homme au cours de la première année est de 46,8 piqûres. Ce nombre moyen croît à 56,1 piqûres la deuxième année, puis à 117 piqûres la troisième année. Cette tendance à la hausse de la nuisance, de la première année à la troisième est observée dans toutes les localités.

Au cours du temps, la nuisance n'a montré aucune différence significative entre les localités. La première année, le maximum de piqûres est enregistré à Ahougui avec 60 p/h/n IC (23,8-143,8) et le minimum à Kpokahankro avec 38,4 p/h/n IC (34,7-111,5) (KW=4,22; p = 0,376). La deuxième année, le maximun est passé à 70 p/h/n IC (20,4-160,5) à Kpokahankro et le minimun est enregistré à N'Douakro avec 24,1 p/h/n IC (7,5- 55,6) (KW=6,58; p = 0,159). La troisième année c'est une explosion, l'abondance relative la plus faible est toujours enregistrée à N'Douakro avec 88,2 p/h/n IC (83,9-260,3), correspondant au double de l'année précédente et le maximun est enregistré à Ahougui avec 155,3 p/h/n IC (107,5-418,1) (KW = 1,93; p = 0,747). Au sein des localités, elle a été comparable au cours des 3 périodes d'étude (KW = 2,8; p = 0,246). La nuisance est principalement causée par les moustiques appartenant aux genres Anopheles suivi de ceux du genre Mansonia (Figure 3). Au cours de la première et de la troisième année, la nuisance causée par le genre Anopheles était comparable dans toutes les localités (KW = 2,53; p = 0,638). Cependant, au cours de la deuxième année, le village de N'Douakro a présenté une densité faible 15,6 p/h/n IC (3,5-27,7) inférieure à celles des quatre autres localités (KW=6,0; p <0,001) qui sont comparables entre elles. (KW = 7,19; p = 0,125). Aucune différence n'a été observée concernant la nuisance occasionnée par les moustiques du genre Mansonia dans les localités d'étude, au cours du temps (KW = 7,17; p = 0,127).

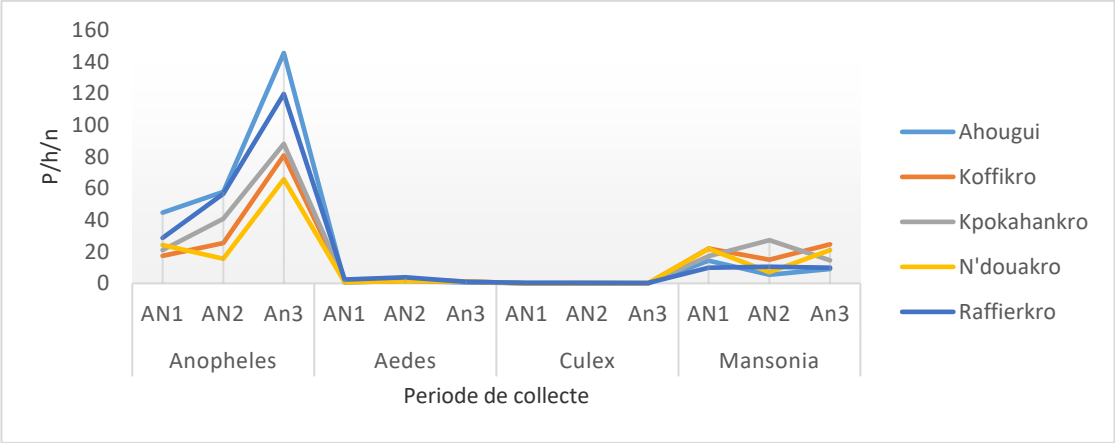


Fig. 3. Nuisance des populations de moustiques au cours du temps dans les localités d'étude exprimée en nombre de piqûre par homme par nuit (p/h/n)

4 DISCUSSION

Cette étude a permis d'étudier l'écologie de la faune culicidienne autour du barrage de Raffierkro et des villages environnants, avant la mise en eau et deux annnées après. Les localités de Raffierkro et d'Ahougui en raison de leur proximité d'avec le barrage et ses aménagements et la présence de nombreux gîtes larvaires issus des travaux ont été les plus impactées. Elles ont ainsi présenté une forte diversité et abondance de la faune culicidienne. Les résultats obtenus pour les larves et les adultes ont révélé une similitude entre les deux groupes: les espèces de moustiques capturées en grand nombre au stade adulte l'étaient presque toutes sous forme larvaire. La forte dominance des larves d'*Anopheles gambiae* au niveau des parcelles rizicoles lors du repiquage du riz indique que les casiers de riz et les aménagements sont des gîtes propices au développement des larves de *An. gambiae.* Des densités particulièrement élevées observées dans les localités d'Ahougui et de Raffierkro, notamment lors de la deuxième et la troisième année seraient le fait de leur proximité d'avec ces casiers. Des résultats similaires ont été observés par de nombreux autres auteurs qui ont mené leurs recherches dans les mêmes écosystèmes en Côte d'Ivoire. [15], [16], [17]. Il est probable que l'absence des larves du genre Mansonia soit certainement liée au fait qu'elles vivent fixées sur les végétaux aquatiques dans des gîtes naturels pas toujours accessibles [18].

La non capture des larves des espèces *An. funestus* et *An. nili,* pourrait être liée à la faiblesse de leur effectif dans les gîtes et au fait que les prospections larvaires n'ont pas couvert toute la période d'étude. En effet, les larves de *An. funestus* sont essentiellement observées dans les cours d'eau et les retenues d'eau envahies d'herbes et celles de *An. nili* s.l. sont typiques des végétations bordant les rives des rivières et des fleuves [19], [20]. En ce qui concerne la qualité, la faune recensée dans la région de Raffierkro présente quelques différences d'avec celles obtenues à Alloukoukro et Tolakouadiokro, deux villages proches de Bouaké [21], [22]. Certaines espèces non observées dans la zone de Bouaké sont apparues au fil du temps et ont toutes été identifiées dans les villages d'Ahougui, de Kpokahankro et de N'Douakro. La faible représentation de ces espèces indique leur rareté, qui peut être liée soit à leur écologie, soit à leurs habitudes alimentaires. Ce sont à l'origine des espèces zoophiles vivant dans la savane et qui font souvent des incursions occasionnelles dans la mosaïque forêt-savane. La rareté des espèces du genre *Aedes* pendant la période d'étude pourrait être liée principalement à des horaires de capture inappropriés: la période d'infestation pour cette espèce débute à 16 heures et ne coïncide pas avec les heures de capture qui débutent à 18 heures, soit 2 heures plus tard. Des résultats similaires ont été obtenus pour cette espèce dans le nord et le centre de la Côte d'Ivoire [17]. Par ailleurs, lors des premières phases de la culture du riz, les casiers rizicoles ont constitué des gîtes favorables au développement des larves des moustiques en général et particulièrement celles d'anophèles [23]. L'explosion culicidienne au cours de la troisième année, correlée à un taux élevé de nuisance ressentie par les populations est principalement imputable à l'émergence anophélienne issue des casiers rizicoles. Ces forts taux de piqûre peuvent entrainer ou pas la transmisssion des plasmodies à l'homme [15], [24].

5 CONCLUSION

La construction du barrage et des aménagements associés, a eu une influence marquée sur la faune culicidienne. La diversité spécifique s'est enrichie et les abondances de la faune culicidienne ont connu une forte croissance en particulier au moment des premières cultures de riz. Les densités agressives des moustiques ont ainsi augmenté dans toutes les localités au

cours du temps entrainant une incidence sur la nuisance et par conséquent sur la qualité de vie des populations riveraines surtout celles plus proches du barrage. Les conséquences de cette forte nuisance des culicidés sur la transmission des parasites dans ces zones restent à évaluer. Une attention particulière doit être portée aux populations locales pour éviter les risques sanitaires dus principalement à *An. gambiae, An. nili* et *Ma africana* vecteurs respectifs du paludisme et de la filariose lymphatique.

REFERENCES

[1] J. Keiser, M.C. Castro, M.F Maltese, R. Bos, M.Tanner, and B.H.Singer, «Effect of irrigation and large dams on the burden of malaria on a global and regional scale». *The American Journal of Tropical Medicine and Hygiene.* 2005; 72: 3926-406.

[2] J. Lautze, M. McCartney, P. Kirshen, D. Olana, G. Jayasinghe, and A. Spielman, «Effect of a large dam on malaria risk: the Koka Reservoir in Ethiopia». *Tropical Medicine and International Health.* 2007; 12: 982–9.

[3] – S. Kibret, J. Lautze, M. McCartney,. L. Nhamo and Y.Guiyun, «Malaria around large dams in Africa: effect of environmental and transmission endemicity factors» Malaria Journal 18, 303 (2019). https://doi.org/10.1186/s12936-019-2933-5.

[4] E.Tia, P. Gazin, J.F.Molez, A.Koné, L.L. Lochouarn, «Aménagements hydro-agricoles et nuisance culicidienne. L'exemple de Banzon (Burkina Faso) ». *Cahier Santé,* 1992 2: 114-118.

[5] M. C. Henry, C. Rogier, I. Nzeyimana, J. Dossou-Yovo, S. B.Assy, M. Audibert, J.Mathonnat, A. Keuiidjan, T.Teuscher and P.Carnevale, «Inland valley rice production systems and malaria infection and disease in the savannah of Côte d'Ivoire» *Tropical Medecine International Health,* 2003 8: 449-458.

[6] T. A. Ghebreyesus, M. Haile, K. H. Witten, A., A. M.Yohannes, M.Yohannes, H. D.Teklehaimanot, S. W. Lindsay, and P.Byass, «Incidence of malaria among children living near dams in northern Ethiopia: community based incidence survey». *British Medical Journal* 1999, 319, 663–666.

[7] Y. L. Konan, A. B. Koné,. J.M. C. Doannio, D. Fofana, P. Odehouri-Koudou, «Transmission du paludisme à Tiassalékro, village de riziculture irriguée situé en zone sud forestière de Côte d'Ivoire» *Bulletin de la Société de Pathologie Exotique,* 2009, 102: 26-30.

[8] A. N. Betsi, S. E. Tchicaya., and B. G. Koudou. «Forte prolifération de larves de An. gambiae et *An. funestus* en milieux rizicoles irrigués et non irrigués dans la région forestière ouest de la Côte-d'Ivoire» *Bulletin de la Société de Pathologie Exotique,* 2012, 105: 220-229.

[9] Y. A. Afrane, B. W. Lawson, R. Brenya, T. Kruppa, and G. Yan. « The ecology of mosquitoes in an irrigated vegetable farm in Kumasi, Ghana: abundance, productivity and survivorship ». *Parasites and Vectors,* 2012, 5: 233.

[10] N: R. Diakité, A.M. Adja, T.Von Stamm, J.Utzinge and K. E.N'Goran. «Situation épidémiologique avant la mise en eau du barrage hydroagricole de cinq villages de Bouaké, centre Côte-d'Ivoire. *Bulletin de la Societé de Pathologie Exotique*. 2010; 103: 22–28. doi: 10.1007/s13149-009-0029-4.

[11] K.K. Brisco, J. Anthony, A.J. Cornel, Y. Lee, J. Mouatcho and L. Braack, "Comparing efficacy of a sweep net and a dip method for collection of mosquito larvae in large bodies of water in South Africa". F1000Research, 5, 713, 2016.

[12] D. Fontenille, A. Cohuet, P. H Awono-ambene, C. Antonio-Nkondjio, P Wondji, P. kengne., I. Dia, D. Boccolini, J. B Duchemin, V. Rajaonarivelo, R. Dabire, M. Adja-Akre, C. Ceainu, G. Le Goff, F. Simard.. «Systématique et biologie des Anophèles vecteurs de Plasmodium en Afrique, données récentes». Médecine Tropicale; 63 : 247-253, 2003.

[13] M.T. Gillies, and B. De Meillon, «The anophelinae of Africa South of the Sahara (Ethiopian zoogeographical region)». South African Institute for Medical Research, 2nd ed. 343, 1968.

[14] WHO. Manual on practical entomology in malaria. Part II. Methods and techniques. Geneva: World Health Organization; 1975.

[15] A. N. Betsi, S. E. Tchicaya et G. B. Koudou, «Forte prolifération de larves de An. gambiae et An. funestus en milieux rizicoles irrigués et non irrigués dans la région forestière ouest de la Côte-d'Ivoire». Bulletin de la Société de Pathologie Exotique, 105, 220-229, 2012.

[16] J. Dossou-Yovo, J.M. C. Doannio, S. Diarrassouba and G. Chauvancy, «Impact d'aménagements de rizières sur la transmission du paludisme dans la ville de Bouaké, Côte d'Ivoire». Bulletin de la Société de Pathologie Exotique, 91, 327-333, 1998.

[17] J. M. C. Doannio, J. Dossou-Yovo, S. Diarrassouba, M. E. Rakotondraibé, G. Chauvancy, F. Chandre, F. Rivière et P. Carnevale, «La dynamique de la transmission du paludisme à Kafiné, un village rizicole en zone de savane humide de Côte d'Ivoire». Bulletin de la Société de Pathologie Exotique , 95: 11-16, 2002.

[18] P. A. Ntonga, M. E. Bakwo, P. Belong, S. Kekeunou, G. Foko and J. Messi, «Abondance et diversité de la faune culicidienne à Yaoundé Cameroun» Faunistic Entomology, 62, 115-124, 2010.

[19] A. M. Adja, E. K. N'Goran, B. G. Koudou, I. Dia, P. Kengne, D. Fontenille and F. Chandre, «Contribution of Anopheles funestus, An. gambiae and An. nili (Diptera: Culicidae) to the perennial malaria transmission in the southern and western forest areas of Côte d'Ivoire». Annals of Tropical Medicine Parasitology, 105, 13-24, 2011.

[20] H. P. Awono-Ambène, P. Kengne, F. Simard, C. Antonio-Nkondjio and D. Fontenille, «Description and bionomics of Anopheles (cellia) ovengensis (Diptera : Culicidae), a new malaria vector species of the Anopheles nili group from south Cameroon». Journal of Medical Entomology, 41, 561-568, 2004.

[21] J. Dossou-yovo, «Etude éthologique des moustiques vecteurs du paludisme en rapport avec les aspects parasitologiques de la transmission du Plasmodium dans la région de Bouaké». Thèse de doctorat d'Etat en Entomologie Médicale. Université Cocody, Abidjan, Côte d'Ivoire, 277, 2000.

[22] B. G. Koudou, A. M. Adja, B. Matthys, M. Doumbia, G. Cissé, M. Koné, M. Tanner et J. Utzinger, «Pratiques agricoles et transmission du paludisme dans deux zones écoépidémiologiques au centre de la Côte-d'Ivoire ». Bulletin de la Société de Pathologie Exotique, 100, 124-126, 2007.

[23] A. Loukouri, N.R. Diakité, K.F.Bassa, A.M.Akré, K.E.N'Goran, «Diversité des moustiques et dynamique d'An. gambiae s.s. dans une riziculture irriguée et trois villages de Bouaké en zone préforestière du centre de la Côte d'Ivoire», Revue africaine de Biologie Médicale.2020; 5 (10): 815-824.

[24] M. S. Sissoko, A. Dicko, O. J. T. Briet, M. S. Sissoko, I. Sagara, H. Keita, M. Sogoba, C. Rogier, Y. Touré and O Doumbo, «Malaria incidence in relation to rice cultivation in the irrigated Sahel of Mali». Acta Tropica, 89,161-170, 2004.

International Journal of Innovation and Applied Studies
ISSN 2028-9324 Vol. 43 No. 2 Aug. 2024, pp. 359-365
© 2024 Innovative Space of Scientific Research Journals
http://www.ijias.issr-journals.org/

Teachers' View on Bunia Secondary School 3rd Form Pupils' Poor Performance in English Composition Writing

Lotsove Makuru Tryphonette

English Department, ISP Bunia, Ituri, Bunia, RD Congo

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

ABSTRACT: This study aims to get teachers of English's view on 3rform pupils' poor performance on composition writing. The research adopted descriptive and exploratory designs. For collection of data, questionnaire was used as technique. It was addressed to 30 secondary school teachers of English teaching in secondary schools located in Mbunya township of Bunia. Sampling was done randomly among a population of 45 secondary school teachers. Data were coded and analyzed using the Descriptive Statistics such as frequencies and percentages with the help of statistical package for social sciences (SPSS). Then, they were presented using frequency tables. Findings showed that problems encountered by pupils in composition lesson are as follows limited vocabulary, word misspelling, lesson teaching time management, incorrect structuring of sentences and conjugation of English verbs including lack of dictionary.

KEYWORDS: english composition, writing, teaching, performance, learning, skill.

1 INTRODUCTION

English has become the most spoken and written language all over the world; developing writing is essential to learners to improve communication skills and understanding of how English language works. In the DRC, the lesson of composition writing is usually regarded as a reinforcement activity that is supposed to be taught after vocabulary, grammar and reading comprehension lessons. The reasons are that it gives pupils practice and opportunity to develop their writing skill, aids pupils to organize their ideas in written form and reinforces word spelling awareness. The teaching of writing skill through its program states that composition is one of the most important classroom reinforcement activities enabling pupils to learn the English language and communicate more clearly. For writer, the reason is that Composition writing provides pupils with practice to develop clear thinking and physical evidence of their achievement. However, it has been noticed that pupils poorly perform in composition writing practices; they lack the ability to achieve writing competence. i.e the capacity to effectively use writing skill knowledge and produce a well written text when demanded is limited. Agrees that Writing has become the most troublesome and challenging area of language learners; its learning requires adequate language knowledge including the ability to express ideas and thoughts in words. This study investigates teachers view on 3rd form pupils' poor performance in composition writing.

This topic has also been discussed by previous researchers. Reference says that composition writing is a necessary tool for learners to carry out learning activities because it improves their writing skills and gives opportunity to communicate their thoughts and ideas more effectively and organise their arguments in a coherent way. This way, pupils practice grammar rules, punctuations, as well as other aspects of the target language; composition writing pushes them to think beyond what they learn in the classroom, develop their research skills and improve on argumentation, they have to develop their knowledge of other subjects and value their education. This scholar's views on the importance of composition writing is still relevant as the benefit of composition lesson are many. As far as factors contributing to poor performance in English composition writing are concerned, researcher revealed that poor attitude, contact time, composition writing skills, poor teaching methods and techniques and teachers lacking skills in the areas are limits to its teaching. This researcher showed that the performance of pupils is usually low in composition writing because teachers lack skills in various important areas of the teaching of the lesson.

Corresponding Author: Lotsove Makuru Tryphonette

They include composition skills, lack of practice, lack of time, lack of motivation, feedback from the teacher and the nature of writing process. Moreover, according to the writer factors affecting pupils' composition learning are over crowdedness in schools, use of pidgin in schools, teaching methods, marking of assignments and evaluation, engagements of teachers, lack of use of library, little or no practice of essay writing and mental retardation.

Therefore, the article mainly concentrates on the following question what are teachers' views on 3rd form pupils' poor performance in composition writing lesson? The secondary questions guiding the research are: Why are pupils performing poorly in composition lesson? How does it impact the learning of the English language? The study aims essentially at finding out teachers' view on the factors influencing the teaching of composition lesson in Bunia secondary schools. The hypotheses to collect throughout the present work are teachers' opinions on poor achievement of pupils in composition writing. So, writing is still an important skill in ELT as it develops pupil's creative and critical thinking skills for effective communication in the target language; but there are many factors contributing to 3rd form pupils' poor performance in English composition lessons taught in Bunia secondary schools. Composition practice initiation should be well-organized since it improves writing skills and increases confidence; it should be well-planned and taught through effective strategies.

2 RESEARCH METHODOLOGY

2.1 RESEARCH DESIGN

Descriptive and exploratory survey constituted the main frameworks for conducting this study. The first was adopted for the description of the characteristics of particular individuals and groups. The exploratory survey dimension was applied to explore and understand the phenomenon, generating insights and source ideas coming from informants that are secondary school teachers of English. Their views were considered critical and contributed a lot in the elaboration of the present scientific work.

2.2 POPULATION

The study targeted teachers of English teaching in3rd forms of Bunia secondary schools located in Mbunya Township as population. Indeed, it sought to assess their views on pupils' poor performance in composition writing practices. Indeed, the lesson is taught as a reinforcement activity to enhance pupils writing skill and provide communication. the total number of teachers of English found in Mbunya township is 47.

2.3 SAMPLE SIZE

In this study, the sample comprised 30 teachers out of 47 found in the township; which was representative. Simple random sampling was used for selection. Following Stocker's formula of sampling, 64% of 47 were taken into consideration. After establishing sampling strategy, the method involved selecting participants at random to reach the required number of subjects for the sample. In fact, one teacher was taken from each school, and the selection requirements were respected. The reason was that every member had an equal chance to be selected. From the entire population

2.4 INSTRUMENTS

Data collection was done using an anonymous questionnaire as the main technique. The instrument contained open and closed ended questions. For close- ended ones, the respondents had to choose from a predetermined set of answers typically one word answers such as yes/no, or a set of multiple choice questions. Whereas for open ended questions, they had freedom to share their thoughts and opinions in-depth by replying in their own words. It was the case of self- administered questions without the presence of the researcher. This strategy was used so that the respondents could complete the questionnaire in their private time and to avoid the potential effect of the researcher's presence. The questionnaire concentrated on 'Teachers' views on pupils' poor performance in composition writing. The aim was to know how pupils of Bunia secondary schools behave during composition lesson. The results obtained from the above instrument, were used to determine the challenges affecting the learning of English composition skill in Bunia secondary schools. Data were analyzed using simple descriptive statistics (means, frequencies, percentages) to show the general tendencies in the data. It consisted of identifying each variable before being presented through tables. Then, data were coded considering the arrangement in the questionnaires under thematic categories before being converted to frequencies and percentages.

3 RESULTS

As far as data presentation is concerned, frequency tables below were used to show each value's occurrence. The analysis is based on data collected from teachers of English on 3rd form pupils' poor performance in English composition writing taught in Bunia secondary schools.

Table 1. Educational Level

Level	F	%
Certificated	1	3.3
Undergraduate	19	63.3
Graduate	10	33.3
Other possibilities	0	0
TOTAL	30	100

Source: primary data

Comments: it results from the chart above that 19 teachers (63.3%) are undergraduate, 1 teacher (3.3%) is certificated in English and 10 (33.3%) others are graduate in English.

Table 2. Teachers' experience in ELT

How long have you been teaching English?	F	%
One year	3	30
Two years	11	36.6
Six years	8	26.6
Nine years	2	6.6
More	6	20
TOTAL	**30**	**100**

Source: primary data

As far as table 2 is concerned, one can notice that only 6 (20%) of the questioned teachers have more than nine year experience in ELT in secondary schools, Whereas 3 (30%), have just accomplished a year, 11 (36,6%) of them have reached two years, and 8 (26.6%) others have taught for six years.

Table 3. The extent to which composition is taught

How often do you teach composition lesson in 3rd form pedagogy?	f	%
Rarely	13	43,3
Frequently	4	13.3
Sometimes	10	33.3
Occasionally	2	6.6
TOTAL	**30**	**100**

Source: primary data

The table above shows that 13 teachers of English, covering 43.3% rarely teach composition lesson and 10 of them (33.3 %) sometimes organise its teaching. However, only 4 (13.3 %) teach it frequently.

Table 4. The fact that pupils really write in composition

Do your pupils actually write during composition lesson?	F	%
Yes	7	23.3
No	23	76.6
TOTAL	30	100

Source: primary data

The chart above shows that out of 30 teachers who were questioned, 7 (23.3%) said that their pupils actually write during composition lesson. But 23 (76.6%) other teachers declared that most of them are unable to write during composition lesson.

Table 5. Strategy used for the teaching of composition

Strategy for composition	F	%
Through sentence order	5	16.6
by filling the blanks	16	53.3
By following lesson steps	7	23.3
By using description	2	6.6
TOTAL	30	100

Source: primary data

Throughout chart 5, it has been revealed that 7 (23.3%) teachers follow the different steps of the lesson to teach composition writing. whereas 5 (16.6%) of them mainly use sentence order strategy. But 16 teachers (53%) apply fill in the blanks.

Table 6. The extent to which composition influences pupils' writing skill

How does composition writing lesson influence your pupils' writing skill?	F	%
Positively	11	36.6
Negatively	19	63.3
TOTAL	**30**	**100**

Source: primary data

According to the chart above 11 (36.6%) teachers stated that composition lesson in 3rd form pedagogy influences their pupils writing skill in a positive way because it let them practice the language use. But 19 (63.3%) others said that composition lesson negatively influences their pupils learning.

Table 7. Problems encountered by pupils in composition lesson

What problem do 3rd form pedagogy pupils face in writing assessments?	F	%
Limited vocabulary	11	33.3
Word misspelling	7	23.3
Lesson time mismanagement	5	13.3
incorrect structuring of sentences	2	6.6
conjugation of English verbs	4	13.3
Lack of dictionary	1	3.3
TOTAL	**30**	**100**

Source: primary data

Concerning challenges faced by pupils, 11 (33.3%) teachers stated that the problem that 3rd form pedagogy pupils face during composition lesson is lack of words to generate their ideas, 7 (23.3%) of them said that their pupils encounter problem when spelling English words; for 5 (16.6%) others time management negatively affects pupils' performance during composition writing, still for 2 (6.6%) others pupils poorly write as they difficultly structure well English sentences, whereas 4 (13.3%) raised conjugation of verbs as one of problems. And a teacher evoked lack of English dictionary in the school.

Table 8. Impact of poor performance on the development of writing skill

What is the effect of poor performance of composition lesson on 3rd form pedagogy pupils?	F	%
no improvement in writing skill	3	9
limited vocabulary	10	33.3
No mastering of English grammar	8	26.6
misspelling of English words	9	30
TOTAL	**30**	**100**

Source: primary data

so far as the chart above is concerned, on the 30 teachers questioned on the effects of poor performance of 3rd form pupils, 3 teachers (9%) stated pupils are likely not to improve their writing skill in English. 10 teachers (33.3%) said that pupils may not enrich their vocabulary to back up their speech and write down their ideas. 8 teachers (26.6%) said that pupils may not be able to structure well English sentences and 9 of them (30%) said, they cannot master English word spelling.

Table 9. Remedies to pupils' poor performance in composition writing

What is the remedy that you provide to solve the problem?	F	%
Teaching composition writing correctly and regularly	17	56.6
Teaching vocabulary words and their spelling	4	13,3
Giving enough time for the practice	3	10
Pupils should use dictionary	3	10
assign homework on composition	1	3.3
Practice on verb tenses	2	6.6
TOTAL	30	100

Source: primary data

As far as remedies to pupils' poor performance are concerned, 17 (56.6%) teachers invited teachers of English to teach composition lesson regularly and make it attractive to pupils, 4 (13,3%) of them provided the teaching of vocabulary words and spelling, 3 (10%) others stated that teachers should be giving enough time for composition writing practice, still 3 (10%) others suggested the use of dictionary to check the meaning of words and their spelling, whereas for a teacher (3.3%) teachers should be giving pupils homework for composition practice and 2 other said teachers should let pupils practice language structure and verb tenses.

4 DISCUSSION

This study gathers teachers' view on 3rd form pupils' poor performance in English composition writing; it has been noticed that there are several reasons why 3rd form pupils poorly perform in composition lesson. The first is that pupils are not interested in it as composition writing is not taught regularly. In many cases, pupils neglect the exercise; as they cannot be concentered and even write one paragraph; they like composition exercises such as filling gaps and ordering sentence words. For [9] negative attitudes to writing are manifested in a delaying and competing written assignments. Furthermore, in researcher [10] opinion, worry and fear are other negative factors impacting pupil's performance in composition writing because instead of focusing on ideas and quickly writing down their thoughts, they are held up and diverted by worries about how to formulate them and find English letters to start writing. Similarly, [11] adds that the poor performance impact negatively on pupils' learning of English language; with low esteem and lack of self- confidence, pupils are demotivated.

According to the respondents, pupils have ideas but miss words to generate them as [12] explains that limited vocabulary hinders expressing ideas when dealing with a composition writing as it restricts the range of words and phrases that could be used to convey the thoughts or arguments. This way they may struggle to express their ideas accurately and precisely and lead to repetitive and monotonous writing. This is due to the fact that pupils are not well prepared for the task. Teachers also revealed when lesson time is not well managed; pupils are unable to finish composition writing exercises in time because there is time constraint. They do not master English word spelling.

In addition, grammar is another aspect of language that pupils do not master well. They face problem of verb tenses to help them construct correct sentences. Similarly, the researcher [13] states that when referring to grammar, student make mistakes in verb-subjects agreement, pronouns, tenses, articles, prepositions and basic sentence structures. [15] argues composition refers to the process of collecting thoughts, arranging them in accordance with recognised standards form. This is why he suggests that first students have a fair knowledge of English language. i.e knowledge of sufficient English vocabulary, structure and spellings, then have ideas and good level of mental development to arrange them.

It was also found that teachers teaching at the level of 3rd form pedagogy section do not use appropriate methods for composition lesson; they ignore that the way it is taught has a significant effect on student' s attitudes towards the skill. **As result,** teachers should know that when pupils have positive attitude towards a language, they gain positive orientations and increase achievements or proficiency.

Referring to Mohammed (2012) pupils` poor performance in composition lesson occurs because of poor teaching of English tenses and grammar, there is lack of inventive ideas from teachers, their unproductive teaching methods, inadequate vocabulary, "and weak sentence structure, inexperienced teachers, inappropriate use of vocabulary and rhetorical convention. This writer's arguments are relevant to this finding that 3rd form pedagogy pupils' have very low capacity in sentence construction.

As solutions, writer [18] suggested that teachers should relentlessly control what pupils write first by scribbling relevant words to fill appropriate spaces given them in composition writing process. And the same writer adds that there should be qualified trained teachers for this level i.e. a teacher employed to teach English language in general must be the ones who are well endowed in with teaching material and effective methodology. Furthermore, reference [17] suggested that there should be the adoption of an instructional framework for writing based on purposeful eclecticism since writing is a basic skill to teach in language study. And it is believed to be the hardest one to teach and learn. The reason is that writing composition requires an amount of effort and practice on the part of learners in order to reach the standard acceptable level.

5 CONCLUSION

This article is essentially concerned with issues related to Bunia secondary school pupils' performance in composition writing. It has assessed the reasons why pupils performed poorly in English composition writing and their effects on the target language learning. The study is structured as follows; it starts with an introduction followed by the research methodology. Then comes the presentation of the results of the research. The findings are discussed in the last part. A conclusion put an end to the elaboration of the article. The primary aim of this work was to examine the reasons why 3rd form pedagogy pupils poorly perform in composition writing. It also aimed at investigating on its impacts on pupils' learning of English language.

To reach it, the study was conducted using descriptive design. For data collection, the main concern was survey method applied using a questionnaire that was submitted to teachers of English teaching in 3rd form of secondary schools. Besides, documentary technique was also used to find relevant material related to the topic. Data were coded and analyzed using the descriptive statistics such as frequencies and percentages, then data were presented using frequency tables. The study has revealed that 3rd form pupils poorly perform because they miss words to use in order to write down their ideas and thoughts, they misspell them. Pupils are not given enough time for writing composition. Pupils are unable to structure English sentences correctly and conjugate verbs. There is lack of books such as dictionary, textbook and so forth. As effects of poor performance on the learning of English language, it has been noticed that there is no improvement in writing skill as well as in oral skill because pupils are not interested in writing practice, they can't master the different components of the language. Regarding the above results I suggest the followings:

- Respect of the different recommendations of the national program regarding the teaching of composition writing in secondary school levels;
- Plan composition writing lesson regularly, use appropriate methods to motivate pupils participate actively;
- Equip secondary schools with muni libraries to encourage pupils in self-discovery and spelling of English language words.

REFERENCES

[1] EPSP (2007) Program National d'Anglais: Enseignement Secondaire General, EDIDEPS.
[2] Improving students critical thinking through creative writing tasks. Academia.edu https//w.w.w academia.edu
[3] Qab Jabali (2018) *Students Attitudes towards EFL University Writing: a Case Study at An-najah National University,* Palestine; Language Faculty of Humanities, An-najah National University, Nablus, Palestine.
[4] Anna Phiri & Stanley kalasa (2023) factors contributing to poor academic performance in English composition writing among grade 12 learners in Kabwe district, Zambia. International, journal of science and research archive.
[5] *Writing skill problems: causes and solutions;* EA Journals https://eajournals.org/ijelt/wp-ontent>2023/09.
[6] CC Aikman (1985) Writing Anxiety- Barrier to Success ed 262191.
[7] Factors affecting written composition in some selected; Joe project schools, Abuja Nigeria.
[8] Harris & Graham (1985) Learning Disabilities Research almost 30 Years of Writing Research.
[9] Snow, C.E, Burns, M.S & Griffin, P (1998) *Preventing Reading Difficulties in Young Children,* Washington DC: National Research Counsil.
[10] How does limited vocabulary hinders expressing ideas in essay writing; SCISPACE.
[11] Muhammad, f& al (2016) ESLl Learners Writing Skills: Problems, Factors and Suggestions; Journal of Education and Social Sciences4 (2), 81-92, 2016.
[12] Helping your Child Overcome Challenges in Composition Writing; British Counsel, Malaysia.
[13] Dunia Navarro Ramirez (2006) the Use of Guided Composition through Topics in Order to Help Students Develop their Writing Skills; vol.VII, num.12,2006, pp.77-89 Intersedes, issn: 2215-2458.
[14] Muhammad &al (2021) The Causes of English Writing Anxiety Among Pakistani ESL Students: Perceptions of Teachers and Students; Pakistan journal of humanities and social sciences 9 (1), 21-27, 2021.
[15] Miloud, B (2015) Writing Deficiency among EFL university Students: Causes and Solutions: the Case of English LMD Students at Djilali Liabes University, Advances in Language and Literary Studies, Vol l n4 p92-1o2 Aug 2015.
[16] Farris (2015) investigating the causes and effects of poor performance of male students in English.
[17] Emejidio Gepila JR (2024) Examining the Writing Composition Competency of Grade Seven Students; Academia; University of Warsa.

International Journal of Innovation and Applied Studies
ISSN 2028-9324 Vol. 43 No. 2 Aug. 2024, pp. 366-373
© 2024 Innovative Space of Scientific Research Journals
http://www.ijias.issr-journals.org/

Difficulties Faced by Bunia Secondary School Teachers of English in Applying Bloom's Taxonomy to Classroom Questioning Strategy (DR Congo)

Lotsove Makuru Tryphonette

English Department, ISP Bunia, Ituri, Bunia, RD Congo

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

ABSTRACT: The purpose of this study was to assess challenges faced by teachers of English course when using Bloom's taxonomy in Bunia secondary schools. The main objective was to know whether they apply Bloom's taxonomy in English language teaching process as one of questioning strategies. The assumption of this study is that questioning is an integral part of teaching practice since there is no teaching without posing questions. The methodology of this research adopted descriptive research design. For Data collection, simple random technique was applied to deal with sampling. Questionnaire and documentary techniques were selected for carrying out the research. Questionnaire protocol was distributed to 40 teachers of English teaching in 4th form of Bunia secondary schools. As far as data analysis was concerned, Statistical Package for Social Sciences software technique was applied to get frequencies and percentages. The results revealed that these teachers face various difficulties when questioning pupils in the classroom, low level pupils are not able to understand questions asked by their teachers. As these pupils do not participate in class, they become resistant and refuse to answer instead of making mistakes. Teachers are obliged either to work only with bright pupils or use French to reformulate some questions to be well understood. In addition, it has been found that teachers of English are unable to apply Bloom's taxonomy and classify questions according to their different levels; the main problem is that they misunderstand its use. As many pupils' level is low, they difficultly answer high order questions.

KEYWORDS: Bloom's taxonomy, teaching, application, questioning, learning.

1 INTRODUCTION

Question is at the very heart of practices used by both teachers and pupils in the teaching-learning process occurring in classroom talk; one of the features of teacher's talk is to ask questions. Among researchers investigating on the topic, writer acknowledges that teachers can ask up to 80 questions in a one-hour teaching session. Similarly, agrees that teachers ask 93% of questions asked in class to keep learners actively involved in lessons.

Questions are considered as powerful teaching tools leading to knowledge learning; this is to say that teachers use questions for effective instruction in teaching and learning setting. They give opportunities for the teacher to identify learning challenges, meet learners' real needs, and accomplish learning achievements. Speaking of Socratic questioning, identifies spontaneous, exploratory and focused: they are used to support critical thinking and active classroom discussion; admits that questioning is a popular teaching style but teachers misuse it.

In language teaching classroom, questions constitute the most common form of didactic strategy used to guiding interaction between pupils and teachers, vice versa and pupils and pupils to enhance class participation. In addition, reference dealing with questioning strategies states the way students respond to teachers' questions influences the quality of classroom discussion and the effectiveness of instruction; having different qualities questions influence students' participation and involvement in language practice. Thus, the influence that questioning has on English lesson delivery has been investigated by many researchers; they have also demonstrated its relevance when properly applied. For by asking questions teachers can engage students to think about the content of a lesson and simultaneously get feedback from them to demonstrate the effect of teaching. Also investigating on the nature of questioning in English Classroom using communicative language teaching

approach found out that proper questioning practice can facilitate the student to master communication skills as it creates scope for learners to interact among themselves and develop critical thinking.

The writer states that Bloom's taxonomy is a useful tool for teachers to revisit teaching when applying a questioning strategy. It categorizes cognitive levels into several domains and was developed to provide a common language for teachers to exchange learning and assessment methods. The framework is used for evaluating a complexity of assignments, increasing the rigor of a lesson, simplifying an activity to help pupils personalize learning and providing an order for cognitive behavior in learning contexts. It enables teachers formulate a wider range of questions; eliciting responses in knowledge, comprehension, and application domains which are considered to be lower-order questions, while questions in the analysis, synthesis, and evaluation domains are known as higher-order questions. The latter category contains that prompt deeper and critical thinking. However, teachers are to be encouraged to ask questions addressing all cognitive domains and use a good mix of questions during each teaching session because the excessive use of one type of questions can lead to negative outcomes.

Teachers of English teaching in 4th forms of Bunia secondary schools are not aware of the effects of questions they ask and pay little attention to the types they ask pupils forgetting that the formulation of a good question is a creative act; they use poorly constructed questions that are likely to stifle the learning of English language by creating confusion and limiting creative thinking. English course classes are passive as their questions do not scaffold communication.

The following main research question leads to the investigation of the current study:

- What are difficulties faced by teachers of English when applying Bloom's taxonomy to their questioning practice? The secondary ones are formulated as follows
- What are difficulties faced by teachers of English when asking question in EFL classroom?
- Why don't they apply Bloom's taxonomy in their questioning strategy?

Questions constitute kinds of signal stimulus or teaching indications causing pupils to react during lessons; they lead pupils to self-discovery and self-learning under teacher's guidance to achieve comprehensive teaching goals. Thus, the work understudy aims to

- Identify the difficulties that teachers of English teaching in 4th form face when asking questions in class
- Find out the reasons why they are unable to apply Bloom's taxonomy since it should help them vary questions they ask.

2 RESEARCH METHODOLOGY

2.1 RESEARCH DESIGN

Descriptive survey design was used in conducting the research. Descriptive survey research uses both quantitative and qualitative research methods. As a survey method it helps researchers to identify characteristics in the target market and particular population; they are either identified, observed or measured to guide decisions. descriptive research is carried in a natural environment. For this study, informants were teachers of English teaching in 4th form. Collecting their views on the application of Bloom's taxonomy in English lesson teaching classroom considered critical and contributed a lot in the elaboration of the present scientific work.

2.2 POPULATION

The population targeted for this research, are full-time teachers of English teaching in 4th form of secondary level in Bunia Town. According to the statistics, there are 123 secondary schools in Bunia. But as the study was concerned with 4th form classes, 12 schools were excluded because they were in progression and had not yet organized 4th form classes. To avoid envisaged complexities, part-time teachers were not taken into account either. Many teachers were found teaching in two or three schools Thus, the population included 92 teachers of English.

2.3 SAMPLE SIZE

Adopting mainly a descriptive research method, the collection of data took place in forty bunia secondary schools selected at random following simple random sampling. One teacher was taken in a school. Following stocker's formula, the sample was constituted of 45% of the population (92); this way forty teachers of English teaching in 4th form participated in the study.

2.4 INSTRUMENTS

For Data collection, the researcher relied on survey method whereby questionnaire was used as the main technique. It contained open and closed ended questions. For the latter category, respondents simply selected answers from the list given or ticked the best answer from the option given. For open ended questions, respondents were left free to answer in their own words. It was the type of self- administered questions without the presence of the researcher. It was helpful in the way that it enabled respondents to complete the questionnaire in private and to avoid the potential threat or pressure to participate caused by the researcher's presence.

The questionnaire concentrated on 'teachers' difficulties in the application of Bloom's taxonomy in English course teaching classroom. Another focus was put on the difficulties that they encounter in asking questions. There were both a closed-ended and an open-ended section in the questionnaire. Statistical Package for Social Sciences (SPSS) software technique served for data analysis to get frequencies and percentages. Data were coded and presented in frequency tables. Then, the coded data were converted into frequencies and percentages. The results obtained were used to show why teachers of English were unable to apply Bloom's taxonomy to questioning strategy used in their teaching.

3 RESULTS

The data presented in frequency tables below reflect individual teachers' opinions on the application of Bloom's taxonomy in English teaching classroom.

Table 1. Frequency of Teachers Questions

How often do you ask question during a lesson?		F	%
	Frequently	39	97,5
	Occasionally	1	2,5
	Total	40	100,0

Source: Primary data

It results form table 1 that, 39 teachers of English, representing 97.5% frequently pose questions when teaching a lesson but one of them does it occasionally.

Table 2. Time of Asking Question

At what time of a lesson do you ask pupils questions?		F	%
	At the beginning of the lesson	1	2,5
	At the middle of the lesson	1	2,5
	At the end of the lesson	2	5,0
	At any time	36	90,0
	Total	40	100,0

Source: Primary data

Concerning classroom questioning, 36 teachers of English, representing 90 % state that they pose questions at any time. 2 (2.5%) of them ask questions only at the end of their lesson and 1 teacher does it at the beginning of a lesson whereas the last spoke of the middle part of the lesson.

Table 3. Importance of Question

What is the importance of questions you ask in classroom?		F	%
	To check if what pupils have learned have been understood	13	32,5
	To attract pupils' attention and cause their curiosity and interest	4	10,0
	To help pupils participate in class actively and activate class atmosphere	9	22,5
	To open pupils' thoughts and inspiration to be developed	5	12,5
	To encourage pupils to speak and promote interaction among pupils.	4	10,0
	Total	35	87,5
No answer		5	12,5
Total		40	100,0

Source: Primary data

It is understood from the table and chart above that 13 (37.14%) teachers of English ask questions to check if what pupils have learned is understood, 9 of them say question's role is to help pupils participate and teachers think questions open pupils' thoughts and inspire their thinking to be developed. For 5 questions encourage pupils to speak and promote interaction in classroom

Table 4. Difficulty faced when asking questions

What is the main difficulty you face when asking questions?		F	%
	Low level pupils do not understand my questions	10	25,0
	Some questions are asked in French	1	2,5
	My questions are answered only by bright pupils	9	22,5
	Sometimes pupils do not react to questions	5	12,5
	Lower -order questions are frequently asked	2	5,0
	Some pupils are resistant and refuse to answer questions	4	10,0
	It is difficult to use different level questions	7	17,5
	No answer	2	5,0
Total		40	100,0

Source: Primary data

Concerning difficulty faced by teachers when questioning in class, 10 (26.32%) of them said weak pupils do not understand their questions, and 7 (23.68%) work with bright pupils and (18.42%) teachers find it hard sometimes to balance questions. For 5 (13.16%) others sometimes there is no reaction from pupils that way they ask some questions in French.

Table 5. How teacher Overcome it

How do you overcome it?		F	%
	-Translate questions into French	2	5,0
	-Reformulate it using easy words	14	35,0
	-Use gesture and drawings	2	5,0
	-Explain it	8	20,0
	-Use exercises	1	2,5
	-Encourage pupils to participate	5	12,5
	-Change Teaching methodology	2	5,0
	-Weak pupils are asked to repeat correct answer	2	5,0
No answer		4	10,0
Total		40	100,0

Source: Primary data

Concerning strategy that teachers use to overcome difficulties faced when questioning, 14 teachers representing 35 %stated that they reformulate questions using easy words, 8 (20%) of them said they explain questions and 5 others encourage pupils to participate. Still 2 (5%) teachers translate questions into French, 2 (5%) others use gesture and drawing and 2 (5%) last teachers ask weak pupils to repeat correct answers.

Table 6. If Questions Foster Communication in Classroom

Do you think good questions can improve pupils' communicative ability?		**F**	**%**
	If well- distributed, questions oblige pupils to speak the target language	15	37,5
	Questions give opportunity for classroom interaction.	4	10,0
	They enable teachers to control permanently the progress of pupils	2	5,0
	They encourage Pupils to speak	18	45,0
No answer		1	2,5
Total		40	100,0

Source: Primary data

About the extent to which questioning helps pupils to develop communicative competence, 18 teachers covering (45%) agreed that it encourages pupils to speak the language and 15 of them stated that questioning obliges most of pupils to speak and confirmed that it creates interaction. Whereas for 4 others, questions foster classsroom communication

Table 7. Teachers Knowledge of Bloom's Taxonomy

What do you know about Bloom's taxonomy?		**F**	**%**
	It is a taxonomy which helps to plan and ask well-thought and structured questions	4	10,0
	It enables Teachers to gauge the levels of their class and vary questions	10	25,0
	It is a multilayer taxonomy that helps to categorize questions	5	12,5
	Its six levels are knowledge, comprehension, application, analysis, synthesis and evaluation	18	45,0
	I know nothing about it	1	2,5
No answer		2	5,0
Total		40	100,0

Source: Primary source (2019)

It results from the table and chart that 18 (32,7%) teachers of English know Bloom's taxonomy as a framework having six levels that are knowledge, comprehension, application, analysis, synthesis and evaluation, 10 (18,2%) of them declared that Bloom's taxonomy enables teachers to gauge pupils level and vary questions and 5 teachers think that it is multi-layer taxonomy that helps to categorize questions asked by teachers. For 5 others, Bloom's taxonomy enables teachers to ask well-thought questions but 1 teacher knows nothing about it.

Table 8. Difficulty of Using Bloom's Taxonomy

What difficulty do you face when applying Bloom's taxonomy?		**F**	**%**
	I do not know how to use it	1	2,5
	Pupils hardly respond to higher level questions	22	55,0
	It is difficult to apply it because of pupils' low level	10	25,0
	I am unable to classify questions according to bloom's taxonomy	3	7,5
No answer		4	10,0
Total		40	100,0

Source: Primary source (2019)

Concerning the difficulties faced by English teachers in using Bloom's taxonomy, 22 (55%) of them declared that when respecting the different levels, pupils hardly answer higher order questions, 10 teachers, representing 25%estimated that it is

difficult to use the taxonomy because of its levels and 3 (7,5%) others stated that they were unable to classify questions according to the frame

Table 9. How to Encourage Teachers of English to Use Bloom's Taxonomy

How should teachers be encouraged to use Bloom's Taxonomy in EFL classroom?		F	%
	Seminars	8	20,0
	Recycling	11	27,5
	Minimining talk	8	20,0
	Apply the taxonomy	4	10,0
No answer		9	22,5
Total		40	100,0

Source: Primary data

Concerning the strategy to use in order to encourage teachers to use bloom's taxonomy in ELT, 11 (25%) teachers suggested recycling, 8 of them proposed organization of seminars and 8 others estimated that teachers should minimize talk. For 4 others, it should be applied correctly.

Table 10. If Effective Use of Bloom's Taxonomy Can Enhance English Language Learning

Do you have the feeling that Bloom taxonomy can enhance English language learning?		F	%
	Yes	37	92,5
	No	2	5,0
No answer		1	2,5
Total		40	100,0

Source: Primary data

To know if the use of Bloom's taxonomy can help the learning of English language 37 teachers, representing 94.87 % agree and recommend that teachers be able to apply bloom's taxonomy but 2 others disagree.

4 DISCUSSION

Based on the analysis of the findings, it has been understood that teachers of English teach without any specific questioning strategy; they frequently use questions when teaching but do not organize their questioning activity correctly; there is no question planning strategy among them. [3] adds in the second part of his book that mastering appropriate techniques for asking questions should be part of every teachers' routine to help students understand the content of a class and promote communication; when they prepare lesson, they should foresee questions to use for introducing or clarifying major ideas or concepts of lesson at appropriate moment of the lesson to scaffold students learning and promote gradual mastery of discussion. This is crucial for keeping the flow of ideas and interaction alive when asking right questions since the process of asking question act is a catalyst for curiosity, critical thinking, engagement, effective communication, a growth mindset and inclusivity.

However, concerning difficulties teachers encounter when asking questions; the study noted that pupils are unable to respond to teachers' questions because they do not understand them. As pupils have little knowledge of the target language; they complain saying that some of teachers questions are difficult. This is why pupils cannot interact with the teacher in class and practice the target language. This challenge does not only result from the ineffectiveness of questioning technique used by teachers but also because pupils are not accustomed to various kinds of questions. Asking good questions should increase pupils' engagement or boost their participation and interaction if well-distributed since questions get learners to think, explore, analyses, debate or examine information in a deep way.

As far as the use of Bloom's taxonomy is concerned, the research showed that, neither school authorities nor language teachers apply the framework in their teaching. Among them, it is known as a theoretical approach that cannot be applied in language teaching to evaluate language performance. A few acknowledge having studied the theory but not applied it. This is the reason why, they do not have any theory to rely on for implementing effective questioning strategy in the teaching and learning processes of English language. They ignore that Bloom's taxonomy helps to measure the different levels of learning

and assess language learning. Teachers do not know how to use it; they have vague knowledge about the theory. In addition, teachers of English think using Bloom's taxonomy is challenging and time consuming because some of its levels are difficult and complex. [12] Admits teachers' limited knowledge of the concept has impact on them not only in the use but also in the formulation of question types to match the different levels. As a remedy, these teachers have suggested recycling or training to reinforce their capacity.

5 CONCLUSION

This study searches to understand why 4th form pupils are challenged to answer questions asked by their teachers in classroom and know the reasons why they cannot apply Bloom's Taxonomy to their questioning strategy. It also intended to check if question asked in classroom are varied. In the light of the results, the following conclusion were drawn. Almost every lesson starts with questions i.e teachers pose questions at any time of their lesson. The majority of questions asked by teachers of English are not understood because of pupils' level. Good inquiry from teachers' strategy must respond to pupils' questions in a manner that encourages verbal interaction.

This study is set out to identify the types of questions asked by teachers of English and categorize them on the basis of Bloom's Taxonomy. It also intended to check if classroom questioning enhance pupils' communicative competence. However, in the light of the results and discussion the following conclusion were drawn. Almost every lesson starts with question and ends with a task assigned through questions i.e teachers pose questions at any time of their lesson. The majority of questions asked should bring positive relationship between the critical thinking ability of language learners and their language performance because a crucial skill to be practiced in language classrooms. In shedding some light on the importance of teacher' questioning skills, the study invites teachers to apply questioning skill to enhance learners' speaking skill. They have to apply comfortable and appropriate questioning strategies that are suitable for pupils and the classroom situation. Therefore, some pedagogical purposes of questioning are to be achieved, including development of pupils' language proficiency, measuring their abilities, and motivating them to speak the target language.

Findings finally has supported that good questioning is a basic method to implement by a teacher of English to build interaction in classroom and stimulate students to perform their speaking skill in the target language. With regard to the above results I suggest the followings:

- Application of Bloom's taxonomy as one of strategies used when questioning;
- Recycling of teachers of English for effective questioning in EFL.

REFERENCES

[1] Iksan & Daniel (2015) Types of wait time during verbal questioning in the science classroom; international research in higher education1 (1) DOI: 10.5430/irhe.v1n1p72.

[2] Tamas & Wang (2017) Questioning as an effective tool to enhance students'interaction in the English classroom DOI; 10.46932/SFJDV2N2-185...

[3] Ornstein, A (1988; 72) *The essence of good teaching* –part II, volume 72, issue 55 https://doi.org/101177/019263658807250514.

[4] Sri Wana AM & Mohammad Basri Jafar, Kisman Salija (2023) *Teachers Questioning Strategies in Teaching English at Secondary School;* Journal of Art, Humanity& Sociol Studies Vol. 3 No 5, 2023.

[5] Rasel Babu (2014) the nature of questioning in English classroom using communicative language teaching approach at junior secondary level; DOI; 10.13140/RG.2.1808.4727.

[6] Bloom, B., Englehart, M. Furst, E., Hill, W., & Krathwohl, D. (1956). *Taxonomy of Educational Objectives: The Classification of Educational Goals*. *Handbook I: Cognitive Domain*. New York, NY: Longman Robyn, E. (2014). *Bloom's taxonomy.* Denver, CO: E.

[7] Krzl Light Nunes (2022) Using Bloom's Taxonomy in the ESL/EFL Classroom; Pedagogy TESOL/TEFL Strategies& Methodology); Bridge UNIVERSE.

[8] Richard paul & LINDA ELDER (2006) the thinker's guide to the art of socratic questioning; thinker's guide; foundation for critical thinking, world cat.

[9] Chuska, K 1995 Improving classroom questions: a teacher's guide to increasing student motivation, participation, and high level thinking. Blooming, in: phi delta kappa educational foundation.

[10] Rudi H & YUNI B () Challenges teachers face in applying higher order thinking skills; a case study at Madami super camp English course. English department, University of Mataram.

[11] Henson, MT (1979) *Questioning as a Mode of Instruction*. The Clearing house 53 1979; 14-16.

[12] Nguthiru, Challenges facing teachers in setting school based mathematics tests using bloom's taxonomy in secondary schools of Njoro District, Kenya.

[13] *The Importance of Asking Questions in the Classroom;* global Indian International Schools. Globalindianschool.org

International Journal of Innovation and Applied Studies
ISSN 2028-9324 Vol. 43 No. 2 Aug. 2024, pp. 374-382
© 2024 Innovative Space of Scientific Research Journals
http://www.ijias.issr-journals.org/

Experimental study and simulation of the thermal behavior of recovered Iroko wood flour bricks stabilized with recovered high density polyethylene resin

Doumbia Ahmed[1], Traoré Seydou[2], and Séri Séri Chardin[2]

[1]Faculty of Environment, Jean Lorougnon Guédé University, Daloa, Côte d'Ivoire

[2]Faculty of Structural Sciences, Materials and Technologies, Félix Houphouët-Boigny University, Abidjan, Côte d'Ivoire

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

ABSTRACT: The use of new materials for thermal comfort is becoming more and more a priority in the construction of comfortable and economical homes. It is in this context that, in our previous work, we developed bricks based on Iroko wood flour compressed and stabilized with recycled High Density Polyethylene (HDPE) resin. There are six samples with respective contents of 10, 20, 30, 40, 50 and 60%. This article aims to present an experimental study followed by a simulation using the Cast3M calculation code of their thermal behavior. To do this, we first determined their thermophysical properties which are thermal conductivity, specific heat and thermal diffusivity. Then, after a study of the depth of heat diffusion in the different samples, we moved on to the simulation phase. It focused on the analysis of the effects of the HDPE rate, the thickness of the bricks and the air temperature. As results, the values of thermal conductivity, specific heat and thermal diffusivity, for all the composites, vary respectively from 0.310 to 0.365 $W.m^{-1}.K^{-1,}$ from 2.691 to 2.460 $kJ.kg^{-1}.K^{-1}$ and from 1.662 to 1.981.10-$7m^2.s^{-1}$. Thermal conductivity, thermal diffusivity and diffusion depth increase with increasing HDPE content; while the specific heat decreases. It also appears that for the temperature of 45°C imposed for a thickness greater than 2.7 cm, it is necessary to wait a time greater than at least 22 hours to reach a stationary state on the opposite side. From all of the above, it could be affirmed that the elaborate bricks have intrinsic capacities to be used in the construction of thermally comfortable habitats in local temperature conditions such as those of the Ivory Coast.

KEYWORDS: Iroko wood, PEHD, Bricks, Thermal, simulation, Cast3M.

1 INTRODUCTION

Global energy consumption in buildings represents approximately 40% of total energy consumption [1]. In sub-Saharan Africa, this consumption is of the order of 50 to 70% [2]. Indeed, to improve thermal comfort in a hot country like Ivory Coast, the use of air conditioning is necessary. However, savings can be made if the choice of construction materials takes into account the thermal comfort of buildings in order to reduce air conditioning needs [3]. To improve this comfort in buildings and reduce energy consumption, it is more than necessary to use particularly efficient materials, providing good thermal insulation. It is in this context that we have developed composites based on compressed Iroko wood flour and stabilized by recovered HDPE resin. The study involved six samples with respective proportions equal to 10, 20, 30, 40, 50 and 60%. The mechanical and hydraulic behaviors were evaluated in our previous studies [4]. In this work, the objective is to determine the thermophysical properties and simulate the thermal behavior using the Cast3M calculation code. To do this, we first evaluated thermal conductivity, specific heat and thermal diffusivity. The values obtained will then allow us to study the diffusion time in the bricks before carrying out a simulation. This last step focused on the influences of HDPE content, air temperature and brick thickness. The results show that the values of thermal conductivity, specific heat and thermal diffusivity, for all the composites, vary respectively from 0.310 to 0.365 $W.m^{-1}.K^{-1,}$ from 2.691 to 2.460 $kJ.kg^{-1}.K^{-1}$ and from 1.662 to 1.981.10-$7m^2.s^{-1}$. We also note that the conductivity values are close to those found in the work of Jamil et al. [5] and Emmanuel et al [3]. In addition, thermal conductivities are lower than those of compressed bricks stabilized with cement, sawdust and pozzolan, whose average values are between 0.55 to 0.95 $W.m^{-1}.K^{-1}$ [6].

Corresponding Author: Doumbia Ahmed

According to the above, these composites could be used in the construction of economical and comfortable habitats with a compromise between mechanical, water and thermal conditions in thermal conditions like those of Côte d'Ivoire.

2 PRESENTATION OF STUDY MATERIALS

The samples studied in this work are composite bricks made from compressed Iroko wood flour and stabilized with recycled HDPE resin. They were developed during our previous work [4]. Figure 1 and Table 1 respectively present the photos and the different HDPE contents.

Table 1. Sample nomenclature

%PEHD	10	20	30	40	50	60
Samples names	CBP10	CBP20	CBP30	CBP40	CBP50	CBP60



Fig. 1. Photographs of the bricks

In this work, the specimens are homogeneous and isotropic as revealed by our previous studies [4].

3 METHODS

3.1 THERMOPHYSICAL PROPERTIES

Knowledge of the thermophysical properties of materials is essential for the analysis of their behavior. Indeed, one of the aspects for choosing one material over another is its ability to propagate or store heat. In this part of the study, it is a question of measuring the thermophysical characteristics which are thermal conductivity, specific heat and thermal diffusivity.

To do this, we use the KD2-Pro double needle probe [7]. In order to solve the heat transfer equation by the transient linear heat source propagation method in a semi-infinite medium, the Craslaw and Jaeger model is used by this device. This equation is published in IEEI standards |8]. This method has a simple instrumentation which allows rapid measurement. It also offers the possibility of working in-situ in various hygrometric conditions [3]. All operations are performed 20 times on each of 6 samples.

Error calculations were carried out on the measurements according to the following formula:

$$Error = \frac{v_{exp} - v_{theo}}{v_{\mathrm{e}}} \quad (1)$$

Where v_{exp}d v_{theo} are respectively the experimental and theoretical values of the measured quantity, Error is the error in the measurements.

3.2 HEAT DIFFUSION TIME

Thermal diffusivity characterizes the propagation of heat in a material. It is the ratio of thermal conductivity and specific heat mass:

$$\alpha = \frac{\lambda}{\rho C_p} \quad (2)$$

Where α ($m^2.s^{-1}$) is the thermal diffusivity, λ ($W.m^{-1}.K^{-1}$) the thermal conductivity, Cp ($KJ.kg^{-1}.K^{-1}$ the specific heat mass and ρ ($kg.m^{-3}$) the density of the test piece.

It therefore determines the speed with which heat propagates in a material. The product of the surface heat capacity by the thermal resistance defines the relationship between the stressed thickness and the heat diffusion time inside the material [9].

$$t = Q_s R \quad (3)$$

$$t = e\rho C_p \frac{e}{\lambda} \quad (4)$$

$$t = \frac{e^2}{\alpha} \quad (5)$$

$$e = (\alpha t)^{\frac{1}{2}} \quad (6)$$

Where t (h) the travel time, Qs ($J/m^2.K$) surface heat capacity, R (m^2. K/W) thermal resistance and e (m) the thickness of the brick.

We will make graphical representations of the functions e (t) for times ranging from 0 to 5.104 seconds; for each type of brick.

3.3 SIMULATION OF HEAT PROPAGATION

At this stage, simulations of heat propagation are carried out by illustrating the influences of the HDPE content, the thickness of the sample and the air temperature on the temperature level over time. The bricks are parallelepiped shapes with dimensions Hxlxe = 20x10x3 cm^3 placed in air at temperature T_i. We associate a Cartesian frame of reference (xoy) with the physical model. The axis [ox) is counted positive from left to right and the axis [oy) is perpendicular in the opposite direction to that of gravity (Fig. 3.).

The bricks have an initial uniform temperature by default equal to To=25°C for a relative humidity of 72%. From the time t=0 seconds to t=5.104 seconds, they are subjected to a heat input T_i greater than To on the face Si, taken as the exterior face. This results in a transfer of heat by conduction in the material of the wall Si in contact with the superheated air on the face S_f, taken as the interior face. We then witness an evolution of the temperature of S_f.

The simulation is done using the Cast3M calculation code. The elements used are of type QUA4 appropriate to the geometry of the bricks in a plan study. The height H and the thickness e are respectively meshed with 30 and 10 elements. A preliminary study showed a deviation of the system beyond these values and becomes unstable (Fig. 2. and 4.)

We will accept the following hypotheses:

- Heat transfer is two-dimensional,
- The bricks are homogeneous and isotropic,
- The thermophysical properties are constant,
- Deformations over time are assumed to be negligible.

To study the influence of the HDPE rate, temperature measurements are taken 20 times from each sample. The same goes for the other measures.

Regarding the effect of thickness, we vary it by 1 cm, 1.5 cm, 2 cm, 2.5 cm and 2.7 cm. It focused on the CBP10 sample. A preliminary study showed that beyond 2.7 cm, the maximum temperature Tmax=Ti is not reached for approximately one day (24 hours).

The data obtained by the calculation in the Cast3M calculation code are reported in MatLab to make graphical representations which will be the subject of analysis.

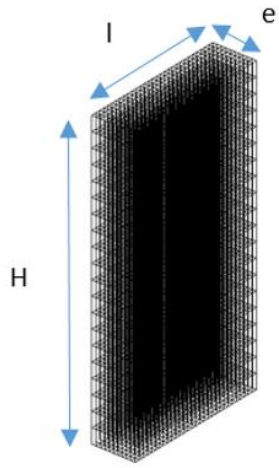


Fig. 2. 3D mesh view of the brick

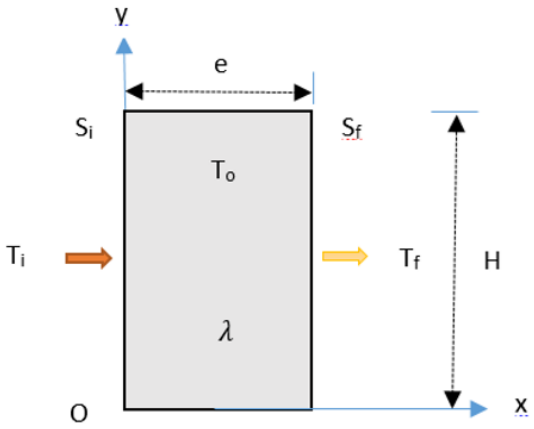


Fig. 3. Physical model

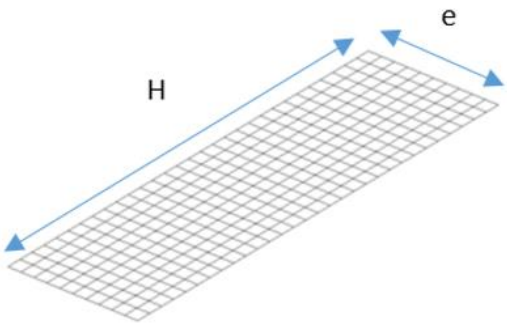


Fig. 4. 2D meshed view of the brick

4 Results And Discussions

4.1 Thermophysical Properties

Table 2 provides the experimental and theoretical values of thermal conductivities, specific heats and thermal diffusivities of the 6 different brick samples. We notice that the increase in density increases the thermal conductivity and thermal diffusivity. However, it reduces the specific heat.

Figure 5 shows an increase in conductivity as the HDPE content increases. This increase is due to the fact that the presence of HDPE resin in the matrix reduces porosity and air pockets at the interstices [4]. This results in a reduction in the thermal resistance of the material [9]. However, in Figure 6, we see a decrease in the specific heat with the increase in the HDPE content. The increase in conductivity automatically leads to a decrease in heat because the two quantities are inversely related. Figure 7 also shows that the thermal diffusivity increases with increasing HDPE content. This is completely normal because the increase in conductivity makes the composite more and more diffusive.

Thermal conductivities vary from 0.3 to 0.365 $Wm^{-1}K^{-1}$ for all samples. These values are close to those found by Y. Jamil et al. [5] and Emmanuel O [3]. They are lower than those of compressed bricks stabilized with cement, sawdust and pozzolan, whose average values are between 0.55 and 0.95 $Wm^{-1}K^{-1}$ [6]. This shows their good thermal resistance.

Table 2. Experimental and theoretical values of thermophysical properties

Samples	ρ (kg/m³)	λ(W.m⁻¹.K⁻¹)			C_p (kJ.kg⁻¹.K⁻¹)			α(10⁻⁷.m².s⁻¹)		
		Exp. Val.	Theo. Val.	Error	Exp. Val.	Theo. Val.	error	Exp. Val.	Theo. Val.	Error
CBP10	691.23	0.310	0.302	0.026	2.691	2.660	0.011	1.662	1.642	0.012
CBP20	709.11	0.319	0.314	0.015	2.642	2.620	0.008	1.710	1.690	0.011
CBP30	721.91	0.333	0.327	0.018	2.61	2.580	0.011	1.780	1.755	0.014
CBP40	741.20	0.342	0.339	0.008	2.573	2.540	0.012	1.850	1.800	0.027
CBP50	766.97	0.360	0.352	0.022	2.524	2.500	0.009	1.905	1.835	0.038
CBP60	816.68	0.365	0.364	0.002	2.491	2.460	0.012	1.981	1.871	0.058

Theoretical Value: Theo. Val., Experimental Value: Exp. Val.

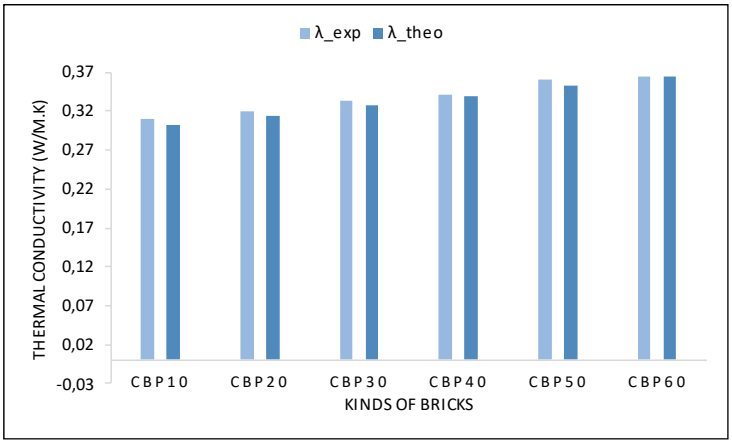


Fig. 5. Variation of experimental and theoretical thermal conductivities depending on brick type

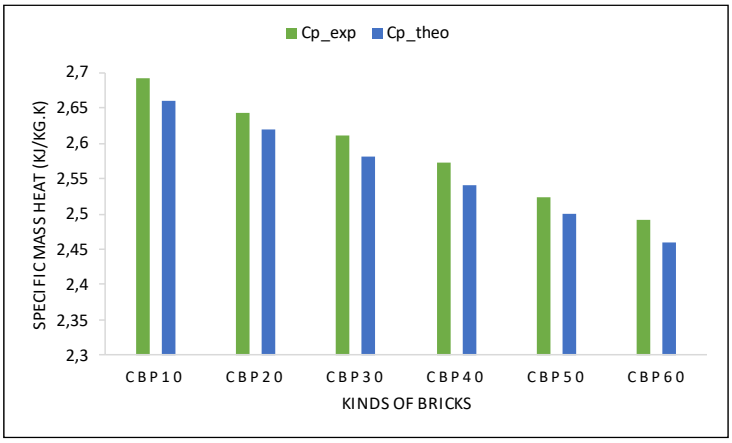


Fig. 6. Variation of experimental and theoretical specific heats depending on brick type

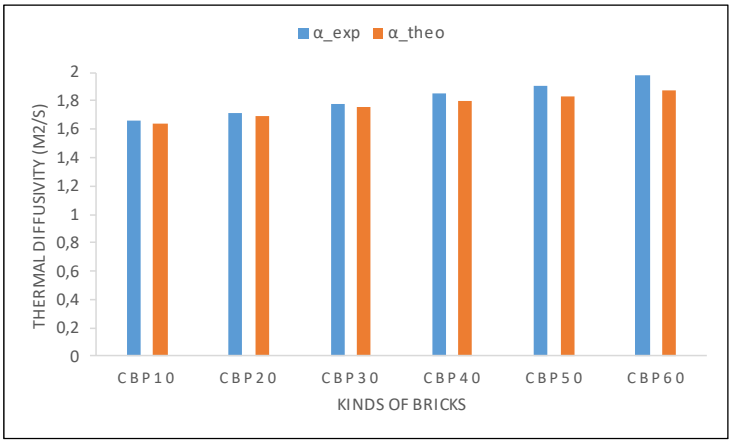


Fig. 7. Variation of experimental and theoretical thermal diffusivities depending on brick type

The errors calculated on the different measurements are low. They thus attest to the homogeneity of the samples.

4.2 HEAT DIFFUSION DEPTH

Figure 8 shows the evolution of the depth of heat diffusion following the thickness of the brick over time. We note an increase in this depth over time. For a period of 12 hours, the diffusion goes from a depth of 0 to 4.8 cm maximum for all samples. The diffusion, at each moment, is larger and smaller for the CBP60 and CBP10 type bricks respectively. This means that increasing the HDPE content increases the thermal penetration capacity of the composites. For example, for an exposure time of 12 hours, the characteristic thicknesses achieved are 4.3 cm, 4.4 cm, 4.5 cm, 4.6 cm and 4.8 cm respectively for samples CBP10, CBP20, CBP30, CBP40, CBP50 and CBP60. We observe that there is not too big a difference between the diffusion behaviors of the different materials. This is well confirmed by the experimental study. From all these results, we can say that whatever the sample, the depth of heat diffusion is less than 5 cm over a daily cycle of 12 hours of sunshine. It could be said that these bricks can be considered thermal insulators on the aforementioned time scale.

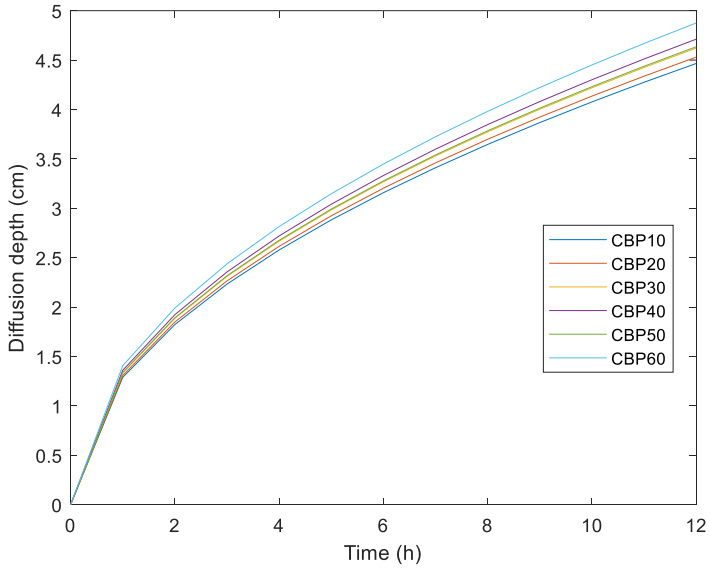


Fig. 8. Depth of heat diffusion over time

4.3 SIMULATION OF HEAT PROPAGATION

4.3.1 INFLUENCE OF HDPE CONTENT

In Figure 9, the evolution of the surface temperature S_f is presented for each sample in this study. For every 6 bricks, the temperatures on this face increase over time to reach a constant value close to the temperature T_i imposed on S_i. Thus, after 9 hours 40 minutes of exposure, the bricks reach the same temperature value. We note that the increase in temperatures over time is all the more significant as the heat capacity of the material is low. However, at the S_f face, the temperature reached in steady state is all the higher as the thermal conductivity of the sample is high. This result is corroborated by the analysis of thermophysical properties.

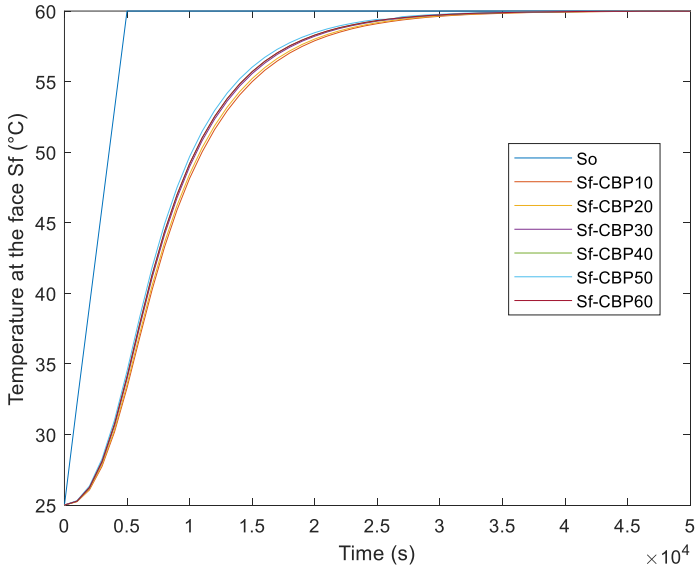


Fig. 9. Variation of temperature in the different bricks over time

4.3.2 INFLUENCE OF BRICK THICKNESS

Figure 10 illustrates the influence of the thickness of the bricks on the propagation of heat over time on the S_f face. The test focused on the CBP10 brick. It is observed that the temperature increases with time for all thicknesses at this terminal surface.

For example, for thicknesses e=1 cm, 1.5 cm and 2 cm, the steady state, corresponding to the temperature imposed on S_i, is reached after 3 hours 20 minutes and 7 hours 46 minutes respectively. While for e = 2.5 and 2.7 cm, even after 13 hours, this state is not reached. Preliminary calculations have shown that beyond 2.7 cm, the S_f face is practically no longer influenced by the effect of the imposed temperature until 23 hours 11 minutes. All this information clearly specifies the characteristic thickness of the bricks produced.

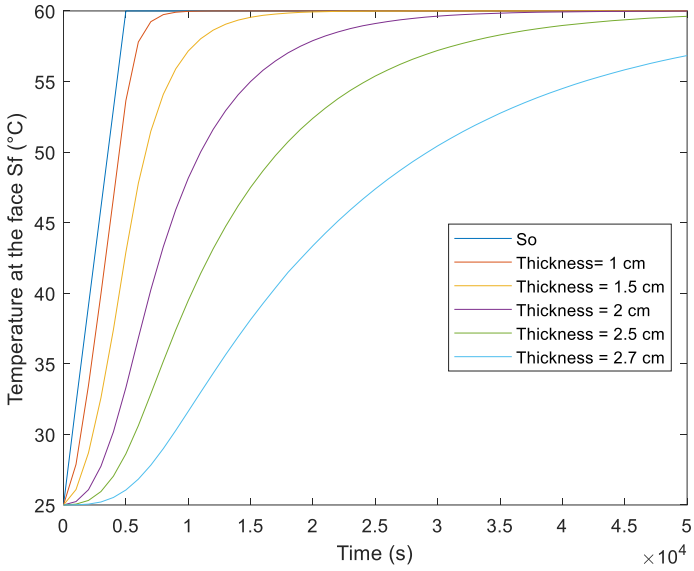


Fig. 10. Temperature variation in CBP10 brick at different thicknesses over time

4.3.3 INFLUENCE OF AIR TEMPERATURE

Figure 11 shows the evolution of the temperature at the S_f face for different air temperatures at an ambient relative humidity equal to 72%. The test temperatures are: 30, 35, 40 and 45°C. It is an analysis of spatial-temporal temperature distributions. The simulation focused on the CBP10 sample. The analysis of the profiles indicates that after each increase in the imposed temperature, the temperature at the terminal surface Sf of the brick tends to increase rapidly. This elevation is the result of heat transfer by convection to the Si surface and by conduction inside the composite.

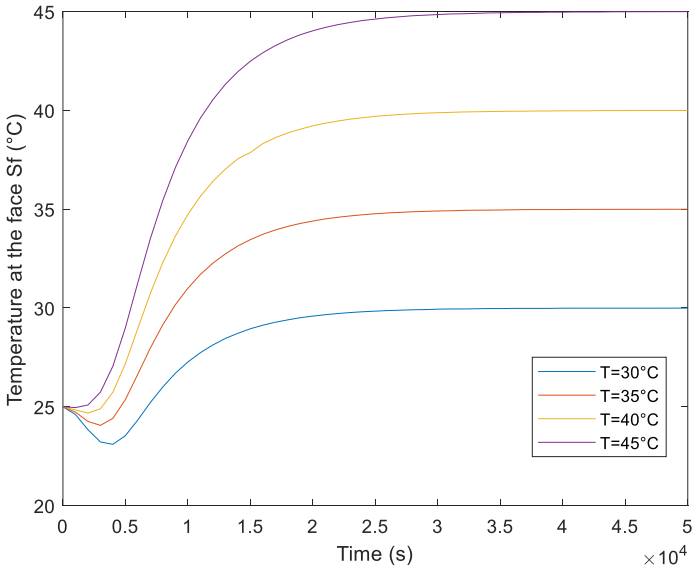


Fig. 11. Temperature variation in the CBP10 brick at different air temperatures over time

We observe a drop in temperature at the initial moments before the rapid rise in heat. Indeed, in contact with heat, the brick, through the S_i face, undergoes a structural shock which modifies the interfaces increasing the porosity. This increase in porosity promotes the release of heat instantly before the rapid rise due to the permanent presence of the T_i temperature. This drop-rise cycle of the surface temperature S_f is more remarkable for low air temperatures. This means that the larger these are, the more the cycle time is reduced.

Furthermore, in all cases, the maximum temperature is not reached before 8 hours 20 minutes of exposure.

5 CONCLUSION

This work consisted of investigating the thermal behavior of bricks made from Iroko wood flour compressed and stabilized with recycled High Density Polyethylene (HDPE) resin. The experimental study on the thermophysical properties indicates a good thermal performance of the bricks with a view to minimizing thermal inputs in residential buildings. For all samples, low values of thermal conductivity and diffusion depth are noted. All the bricks studied have thermal conductivities lower than 0.366 $Wm^{-1}K^{-1}$. In addition, the simulation, using the Cast3M calculation code, shows that the 3 cm thick bricks, with an imposed temperature of 60°C, do not reach a stationary state before 14 hours of exposure.

In this study, we developed new materials with a compromise between mechanical, water and thermal performances. On an ecological level, the use of these materials helps to reduce the quantity of waste that pollutes our cities. The thermal performance of the bricks produced shows that they could be used in the usual thermal conditions in Ivory Coast.

Our following article will focus on the study and simulation of the behavior of these bricks in bending by analysis of the state of stress and deformation.

ACKNOWLEDGMENT

We would like to thank the Systems and Structures Modeling Service (DM2S) of the Nuclear Energy Department of the Atomic Energy and Alternative Energies Commission (CEA) for making the Cast3M software available.

REFERENCES

[1] N. Fezzioui, M. Benyamine, N. Tadj, B. Draoui, S. Larbi, Performance énergétique d'une maison à patio dans le contexte maghrébin (Algérie, Maroc, Tunisie et Libye). Revue des Energies Renouvelables 15 (3), pp399 – 405, 2012.

[2] Les systèmes de ventilation et climatisation. Institut de l'Energie et de l'Environnement de la Francophonie (IEPF), Fiche technique PRISME nº 2, 2001.

[3] Emmanuel O et al., Caractérisation mécanique et thermophysique des blocs de terre comprimée stabilisée au papier (cellulose) et/ou au ciment, Journal Of Materials And Engineering Structures 2, pp 68–76, 2015.

[4] Ahmed Doumbia et al., analyse of Mechanical Behavior of Bricks Based on Iroko Sawdust Stabililized Using Recorvered High-density Polyethylene Resin, IJSEAS, Vol. 10, Issue 3, Mars 2024.

[5] Y. Jamil, S. Nasla, K. Bougtaib, K. Gueraoui and M. Cherraj; Thermal Characterizations Of Soil-Based Compressed Earth Blocks From The Province Of Rehamna In Morocco, JP Journal of Heat and Mass Transfer © 2021 Pushpa Publishing House, Prayagraj, India http://www.pphmj.com http://dx.doi.org/10.17654/0973576321001 Volume 24, Number 2, Pages 207-226, 2001.

[6] P. Meukam, Y. Jannot, A. Noumowe and T. C. Kofane, Thermo physical characteristics of economical building materials, Constr. Build. Mater. 18 (6), 437-443, 2004.

[7] Decagon, KD2 Pro Specifications, Decagon Inc., 2006.

[8] C25W/P442, Guide for Soil Thermal Resistivity Measurement, PE-IEEE Power and Energy Sociaty, 1981.

[9] L. Chahwane, Valorisation de l'inertie thermique pour la performance énergétique des bâtiments. Thèse de doctorat, Université de Grenoble, France, 2011.

International Journal of Innovation and Applied Studies
ISSN 2028-9324 Vol. 43 No. 2 Aug. 2024, pp. 383-395
© 2024 Innovative Space of Scientific Research Journals
http://www.ijias.issr-journals.org/

Rôle des femmes dans l'utilisation des produits issus des agroforêts à cacaoyers du centre de la Côte d'Ivoire

[Role of women in the use of products from cocoa agroforests in central Côte d'Ivoire]

Affia Sonmia Francia Kossonou[1-2], Kanga Justin Kouassi[1], Yao Bertin Kouakou[1], Venance-Pâques Gniayou Kouadio[1-3], Kouassi Bruno Kpangui[2-4], and Constant Yves Adou Yao[2-5-6]

[1]UFR Agroforestry, University Jean Lorougnon Guédé, Daloa, Côte d'Ivoire

[2]BioValSE research team, UPR Botany, UFR Biosciences, Félix Houphouët- Boigny University, Abidjan, Côte d'Ivoire

[3]UFR Biological Sciences, Peleforo Gon Coulibaly University, Korhogo, Côte d'Ivoire

[4]UFR Environnement, Jean Lorougnon Guédé University, Daloa, Côte d'Ivoire

[5]Swiss Center for Scientific Research (CSRS) - Abidjan, Côte d'Ivoire

[6]UFR Biosciences, Félix Houphouet-Boigny University, Abidjan, Côte d'Ivoire

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

ABSTRACT: Semi-structured interviews were conducted with 268 women in the Sous-préfecture of Kokumbo in central Côte d'Ivoire, in order to provide information on the role of women in the gathering, processing and marketing of products from species associated with cocoa trees in agroforestry systems. These interviews were coupled with direct observations alongside the women involved. The data collected was analyzed using descriptive statistics. The results of the investigations indicated that the majority of women (74.25%) of age to collect products from cocoa agroforests are between 16 and 50 years old. Over 65% of the women were illiterate, and 31.34% were heads of cocoa farms. The majority (41.05%) of women surveyed are actively involved in harvesting the associated products. Product processing in the study area is carried out entirely by women (100%). Processed products enable women to make better use of their produce. Also, it is during the lean season that the products bring in the most profit. Harvested produce is used primarily for household food consumption, with the surplus sold on the market. Income from the sale of cocoa products contributes to improving household living conditions, and also to the financial empowerment of women, while preserving the forest. The domestication of certain associated products should be envisaged by the women in order to have them available all year round for household consumption and eventual commercialization.

KEYWORDS: Women, Involvement, Uses, Associated species, Cocoa agroforests, Côte d'Ivoire.

RESUME: Dans l'optique de renseigner le rôle des femmes dans la cueillette, la transformation et de la commercialisation des produits issus des espèces associées aux cacaoyers des systèmes agroforestiers dans le Centre de la Côte d'Ivoire, des entretiens semi-structurés ont été menés auprès de 268 femmes de la Sous-préfecture de Kokumbo. Ces entretiens ont été couplé à des observations directes aux côtés des actrices. Les données recueillies ont été analysées à l'aide de statistiques descriptives. Les résultats des investigations ont indiqué que la majorité des femmes (74,25 %) en âge de collecter les produits issus des agroforêts à cacaoyers, ont entre 16 et 50 ans. Plus de 65 % des femmes sont analphabètes et 31,34 % sont chefs d'une exploitation cacaoyère. La majorité (41,05 %) des femmes interrogées participent activement à la récolte des produits

associés. La transformation des produits dans la zone d'étude est assurée par les femmes dans la totalité (100 %). Les produits transformés permettent aux femmes de tirer un meilleur profit de leur produit. Aussi, c'est lors des périodes de soudure que les produits rapportent le plus de bénénfices. Les produits récoltés sont destinés premièrement à la consommation alimentaire du ménage et le surplus est commercialisé. Les revenus issus de la vente des produits issus des cacaoyères contribuent à l'amélioration des conditions de vie des ménages et aussi à l'autonomisation financière des femmes tout en preservant la forêt. La domestication de certains produits associées doit être envisagée par les femmes afin d'en disposer toute l'année pour la consommation du ménage et de leur commercialisation éventuelle.

MOTS-CLEFS: Femmes, Implication, Usages, Espèces associées, Agroforêts à cacaoyers, Côte d'Ivoire.

1 INTRODUCTION

The main challenge facing global agriculture is to feed an ever-growing human population and provide energy and biomaterials while preserving natural resources [1], [2], [3], [4]. In the current context, notably the food crisis, climate change and the reduction in land available for agriculture, agroforestry systems appear to be a viable alternative in line with the Millennium Development Goals for combating world poverty [5]. Of all agroforestry systems, those based on the cocoa tree (*Theobroma cacao* L.) are of particular interest, as cocoa cultivation is generally considered to be a determining factor in deforestation in the tropics [6]. Cocoa agroforests are found in Asia, Latin America and Africa. Those best described in the literature are found in Indonesia [7], Mexico [8] and Brazil, where they are called cabrucas [9], as well as in Ghana [10], Nigeria [11], Cameroon [12], [13] and Côte d'Ivoire [14], [15]. Cocoa trees are the main component of these systems and are associated with other woody tree species that male and female farmers value and use according to their needs and knowledge of the environment.

Women possess extensive indigenous knowledge of the medicinal, nutritional, spiritual and economic uses of a wide range of non-timber forest products [16]. This knowledge has been passed down through generations from mothers to daughters. From their daily work, rural women have acquired close knowledge of their immediate environment, including the use of plants.

To achieve the goal of biodiversity conservation, a socially equitable system that promotes gender equality and empowers women needs to be established in rural areas living in cocoa production zones [17]. Women's participation in income management is increasingly seen as a means of achieving more sustainable development [18]. The efficient use of products from species associated with cocoa trees in cocoa-producing areas saves forest resources [19]. Conservation of forest biodiversity will be a mirage if the natural resources required by women in cocoa-producing areas cannot be met outside the boundaries [17]. In today's context, where forests are increasingly rare and the few that remain are protected by law due to their massive destruction for agriculture, agroforestry systems appear to be privileged places for supplying peasant populations [17].

Cocoa agroforests can meet women's natural resource needs. No women's empowerment initiative can be undertaken without knowing the role of women in the harvesting, processing and marketing of products, as well as the use of their income after sale. This study was therefore carried out to provide scientific knowledge on women's involvement in the use of products from species associated with cocoa trees in the forest-savanna transition zone in central Côte d'Ivoire. The aim was to describe the socio-economic characteristics of women involved in agroforestry. To determine the proportion of women involved in the exploitation of products from species associated with cocoa trees. Secondly, to determine how the products are used, how they are processed and how they are marketed after processing. Finally, to list the expenses incurred by women in their households, using the profits from the sale of their products from cocoa-based agroforestry systems in the study area.

2 METHODOLOGY

2.1 STUDY SITE

The study was conducted in the Toumodi department in central Côte d'Ivoire. The studies were carried out in five (5) villages hosting cocoa-based agroforestry systems identified by [14]. These were: Niamkey-Konankro, Langossou, N'Dakro, Bonikro and Kimoukro (Figure 1). The interest of the study area lies in the fact that it is part of one of the former large production areas commonly known as the cocoa loops (boucle du Centre-ouest) in Côte d'Ivoire. It is also an ecological zone of forest-savanna transition, where cocoa farming is carried out in the form of agroforests to cope with unfavorable environmental conditions. There are 3 types of agroforestry system [14]: simple FAS, complex FAS and young complex FAS (mixed). The relief of the study

area, consisting of low plateaus and a low-lying system of ripples and hills, belongs to "the Baoulé chain" [15]. This system known as “la chaîne baoulé” stretches from Mount Kokumbo in the southwest to Fétékro in the northeast. Altitudes range from 100 m to 550 m, and the main peaks include Kokumbo-Boka (505 m) and Orumbo-Boka (527 m). The equatorial climate is characterized by two seasons. The rainy season begins in February and ends in October, and the dry season runs from November to January. Average annual rainfall is 1176 mm, while annual temperatures vary between 26.5°C and 28°C [19].

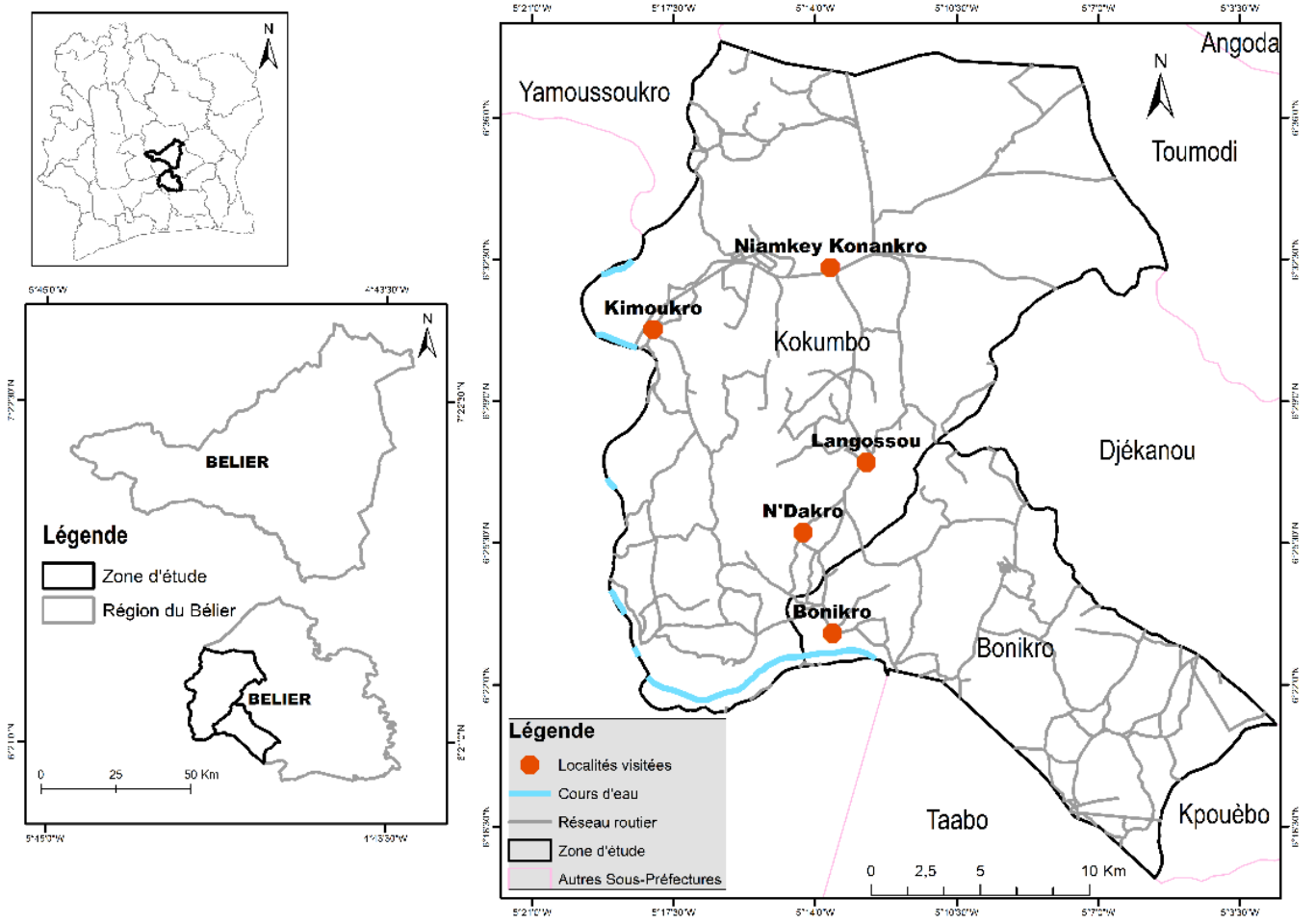


Fig. 1. Location of the study area

The zone’s climate and rainfall provide the minimum conditions for the development of cocoa production. According to Guillaumet and Adjonohoun (1971), the vegetation consists of a mosaic of Guinean savannahs and semi-deciduous dense rainforests with *Celtis spp* (Ulmaceae) and *Triplochiton scleroxylon* (Malvaceae). All these species, participate in the good development of cocoa trees by circumventing the natural conditions of this area which are considered unfavorable to cocoa cultivation (Kpangui et al., 2015).

2.2 DATA COLLECTION

Data for the study were obtained from two sources: semi-structured interviews and direct observation alongside actresses. The interviews consisted of questioning women involved in cocoa agroforestry in the localities visited, using a questionnaire that focused essentially on their socio-demographic profile, their role in harvesting, processing and marketing the products, and the use of their income after sale. However, the direct observations consisted of accompanying the interviewed women in their daily lives and in the places where the harvested products were processed (the kitchens). The aim of these observations was firstly to verify information on the activities carried out by these women on the cocoa farms in relation to the harvesting of the products. It was also an opportunity for us to verify the plant species associated with cocoa trees cited by the women during the interviews. Secondly, the observations enabled us to assist women in harvesting agricultural products associated

with cocoa trees, processing them (preparation of attiéké, cakes, doughnuts, drying products, etc.) at the preparation sites, and preserving and selling the harvested products at the markets. A total of 268 women working in cocoa agroforests in central Côte d'Ivoire were sampled for the study.

2.3 DATA ANALYSIS

Descriptive statistics were used to analyze the data. These included numbers, frequencies and percentages.

3 RESULTS

3.1 SOCIO-ECONOMIC CHARACTERISTICS OF RESPONDENTS

The socio-economic characteristics of respondents in the study area are presented in Table 1. A total of 268 women were interviewed in the five villages visited. Of all the women farmers interviewed during the study, 31.34% were female cocoa farm owners, and 68.66% were involved in cocoa farming through their husbands (bean farmer's wives). Nearly 85% of the women surveyed were married, compared with 15% who were single.

Most women (74.25%) involved in cocoa farming are young and under 50, while the remaining 25.75% are over 50. Thus, the proportion of women with schooling is 34.7% of all those surveyed, equivalent to 65.3% who are illiterate. Among women with schooling, those who said they had attended up to primary school were the most numerous (29.85%). Women with secondary education, on the other hand, are poorly represented, accounting for 4.85% of all educated women surveyed.

Tableau 1. Summary of information on women farmers in the Bélier

Variables	Description	% rate	Total
Level of education	No schooling	65.3	175
	Primary	29.85	80
	Secondary	4.85	13
Age groups	Under 50	74.25	199
	Over 50	25.75	69
Marital status	Married	84.33	226
	Single	15.67	42
Farm manager	Owner	31.34	84
	Non-owner	68.66	68,66

3.2 WOMEN'S PARTICIPATION IN DECISIONS TO CONSERVE OR INTRODUCE SPECIES INTO COCOA FARMS

The conservation or introduction of species into the cocoa farm depends on both men and women. However, the proportions differ according to the woman's status in relation to the cocoa plantation. If the woman is the head of the farm, 89.79% of her decisions as to which species to introduce and keep are made by her, with advice from her husband (7.18%) or friends and relatives (3.03%). When the wife is not the farm manager, it is her husband who controls the species to be combined, with a proportion of 91%. However, with her husband's permission, she may associate any food-producing species that can provide her with an income while covering the household's food requirements, at a rate of 6.1%. She also has the option of asking her husband to retain (2.90%) fruit species useful to her and the family.

3.3 COMPOSITION AND FLORISTIC DIVERSITY OF COCOA-BASED AGROFORESTRY SYSTEMS

The synthesis of survey data and direct observations yielded a list of 79 plant species in 67 genera and 31 families. The most represented genera are Solanum, Citrus and Cola. The Malvaceae (13 species), Solanaceae (7 species) and Fabaceae (6 species) families are the most diverse.

The majority of cocoa companion species are native to the Guinean-Congolese region (42%). They are followed by introduced species with a proportion of 29%.

Most of the species recorded are mesophanerophytes (32%), followed by microphanerophytes (28%). In terms of morphological types, trees dominate at 65%.

3.4 HARVESTING PRODUCTS FROM SPECIES ASSOCIATED WITH COCOA TREES IN THE STUDY AREA

Our investigations revealed that 41.05% of women were involved in harvesting products, compared with 58.95%, divided between their husbands (23.51%), children (20.52%), occasional harvesters known as "tréclés" (10.82%) in the study area, and labourers (4.1%). Figure 2 shows a woman collecting *Garcinia kola* (petit kola) fruits in her cocoa grove.

Women's involvement in collecting produce in the zone was mainly part-time (69.37%). On the other hand, 30.63% (Figure 3) are full-time collectors. What's more, 74.63% (Figure 4) of respondents collected from cocoa agroforests, 17% from fallow land and 8.37% from forests.

The transport of collected products from the fields to the village is mainly carried out by buyers (81.34%). They are followed by women and children at 42.54% and 22.39% respectively (Figure 5).

3.5 USE OF PRODUCTS FROM SPECIES ASSOCIATED WITH COCOA TREES IN THE STUDY AREA

Our surveys revealed that in the study area, women attribute 3 main functions to the products harvested from species associated with cocoa trees: self-consumption, sale and social use. Women are most interested in plant products collected for self-consumption, with a proportion of 53.32%. The sale of products is in second place with 45.18%. The function of least interest to the women interviewed is social (1.56%). The three species whose different parts are most used by women are listed in Table 2.



Fig. 2. Woman picking Garcinia kola fruit from her cocoa field in Niamkey-Konankro

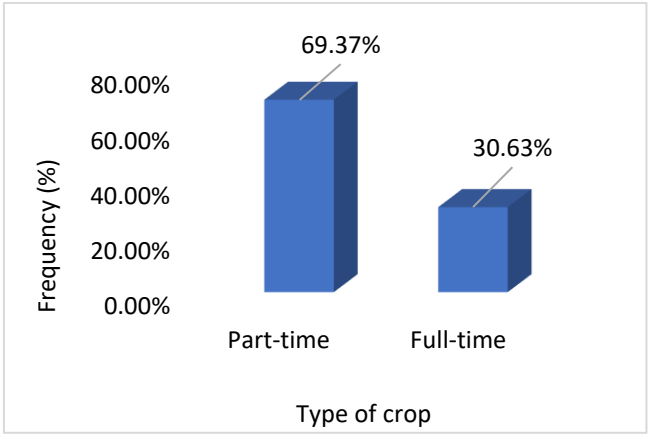


Fig. 3. Proportion of women's time spent collecting cocoa products

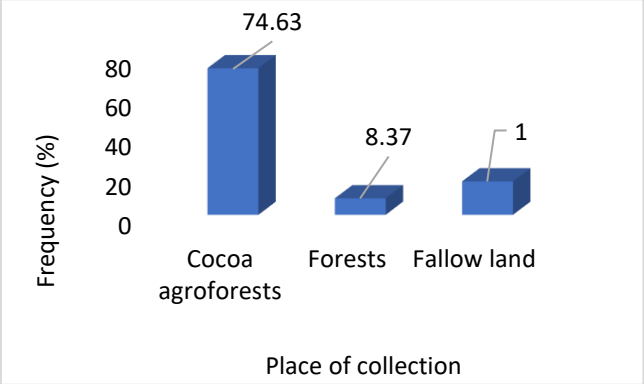


Fig. 4. Origin of products harvested by women in the study area

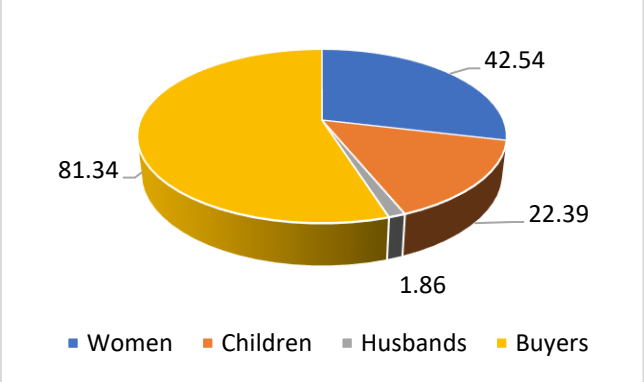


Fig. 5. People transporting products from species associated with harvested cocoa trees

Tableau 2. List of the top three (3) species whose different parts are most used by the women interviewed

Types of use	Scientific name	Plant parts used	Frequency of use
	Dioscorea spp.	Tuber	58.95 %
Food	*Musa paradisiaca*	Fruit	37.31 %
	Xanthosoma mafaffa	Tuber	29.85 %
	Musa paradisiaca	Fruit	25 %
Sales	*Persea americana*	Fruit	21 %
	Citrus sinensis	Fruit	12 %
	Musa paradisiaca	Fruit	16.55 %
Social	*Citrus sinensis*	Fruit	14.76 %
	Persea americana	Fruit	13.51 %

3.6 Processing And Marketing Of Harvested SAFC Products By Women In The Study Area

3.6.1 Product Processing

Interviews combined with direct observation show that women dominate this sector in its entirety, with a rate of 100%. They use rudimentary and archaic methods enabling them to add value to harvested products and market them at more profitable prices. *Manhiot esculenta* is the species whose product is mostly processed (into semolina commonly known as attiéké) by women in the study area (Figure 6).



Fig. 6. Preparation of attiéké (cassava semolina) by a woman in Bonikro

Next come *Musa paradisiaca, Dioscorea sp* and *Xanthossoma mafaffa,* which are served as foutou in restaurants and homes (Table 3). Aussu, dried young Ceiba pentandra leaves are ground into powder (commonly called namougou) for use as a sauce ingredient. And finally, *Abelmoschus esculentus* is dried and powdered (djumblé), sold on the market and used in sauces.

Tableau 3. Some products from cocoa agroforests processed by women

Scientific names	Vernacular names in baoulé	Processed products	Proportion (%)
Abelmoschus esculentus	Gbolou	Sauces, dried grains, powdered grains	31.72
Arachis hypogea	N'gatêh	Peanut paste, boiled seeds, roasted seeds, Sauce	41.04
Capsicum frutescens	Mankun n'	Dried fruit, spices	52.24
Carapa procera	Kodou	Soaps for personal hygiene	92.50
Ceiba pentandra	namougou	Sauce	3.73
Corchorus olitorius	Klalaa	Sauce	100
Elaeis guineensis	M'mé	Sauces, soaps, red oil	85.82
Dioscorea sp	Douo	''foutou'', grilled, boiled, braised	100
Garcinia kola	Petit kola	Dried almonds	20.52
Musa paradisiaca	Manda	''foutou'', grilled (alloco), boiled, braised, ''foufou''	80.22
Manhiot esculenta	Agba	''attiéké'', ''placali'', ''foutou'', ''cré-cré''	76.49
Xanthosoma mafaffa	Mankani	''foutou'', grilled, boiled, braised	69.03
Ricinodendron heudelotii	Akpi	Dried grains, spices, sauces	39.18
Zea mays	Ablé	Braised cob, boiled cob, dried grains, then wet and mashed ''cabatoh''	33.58

3.6.2 MARKETING PRODUCTS FROM SAFC

3.6.2.1 PROCESSED PRODUCTS

Products from species associated with cocoa trees are marketed mainly by women, and to a lesser extent by men. However, men only sell to wholesalers, while women sell to both retailers and wholesalers, commonly known as "logodougou". As production is unregulated, it is highly dependent on the seasons, with periods of great abundance, as well as periods of shortage when prices soar, leading the various players to store their production, which they can keep well in order to sell at better prices during the lean season.

Marketed products are mainly sold by number of organs or by heap (Figure 7), by box, bowl, bucket or bag.

This being the case, a 1000g box of dried okra (Figure 8) is sold at 3000 FCFA during the lean season, whereas the same box is sold at 1000-1500 FCFA during the production season. This is 2 to 3 times more expensive.

The 1000g box of akpi beans, which sells for 3000 FCFA during the production period, is 3 times more expensive than its initial price, and sells for 9000 FCFA or even 10000 FCFA during the lean season.

In the case of dried chillies, the same 1000g box fetches three times the price during the lean season. In fact, this quantity of pepper is sold at 500 FCFA during the period of abundance, whereas it is sold at 2000 FCFA during the period of shortage.

A bucket of eggplant (figure 9) sold at 500 FCFA in times of abundance increases to 4000 FCFA, a 7-fold gain. In order to have it available when it's hard to find, women dry their eggplant production to make a good and better profit.

Avocado is a highly commercialized product, with a bag of avocado that used to sell for 4000 FCFA rising to 8000 FCFA or even 12000 FCFA, i.e. 2 to 3 times more expensive than during the production period.

As for mandarin oranges, the price is multiplied by 4 during the lean season. This is also the case for plantains, whose price rises from 5000 FCFA to 18000 FCFA during the lean season.



Fig. 7. Heaps of "akpi" sold for 100 FCFA



Fig. 8. 1000g box of dried Abelmoschus esculentus (Okra) sold by Unprocessed products



Fig. 9. Bucket of Solanum melongena (eggplant) sold at 500FCFA during the production period

3.7 Main Expenses Incurred By Women With Income From Product Sales

Depending on their income from the sale of products from species associated with cocoa trees, wives share the family expenses with their husbands. The main expenses they incur are shown in table 4. After reinvestment in other, more lucrative activities, the top expenditure item is the purchase of condiments for food (76.12%). This is followed by children's school fees, which account for 48.13% of women's expenditure. Other expenses incurred by women include children's health care (44.77%), the purchase of agricultural inputs (33.58%) and, to a lesser extent, the purchase of clothing and footwear for children and themselves (5.60%). Also, 13.06% of women's other expenses are allocated to funerals, baptisms, weddings, the purchase of cell phones and communication credits, televisions and the supply of drinking water.

Tableau 4. Rates of women's main household expenditure after the sale of cocoa products

Main expense item	Frequency (%)
Food	76.12
Children's education	48.13
Health expenses	44.77
Purchase of inputs	33.58
Other	13.06
Clothing	5.60
Agricultural labor	4.85

4 Discussion

The results showed that most of the women involved in harvesting products from species associated with cocoa trees were young at 74.25% and under 50 years of age, while the remaining 25.75% were over 50. This result undoubtedly reveals the high productivity of women in the lower age bracket, which could be linked to vigor at this age. This concurs with the findings of [20], who reported high productivity in young rubber cones under the age of 18 46. On the other hand, the increasing age of women farmers imposes a constraint, because as their age increases, they have less capacity to contribute to field work. The high proportion of women under 50 involved in cocoa farming in the study area can be explained by the fact that it is when women are in this age bracket that they are economically more active [21]. In the study area, 65% of women involved in cocoa farming have never attended school. This low level of education among women could be explained by the reluctance of parents in previous decades to send young girls to school [22]. Indeed, for these parents, the woman's place is with her husband, in the household and for household activities. These findings are in line with those of [23] who, in his study in the Bahawalpur District of Pakistan, found that most respondents (66.7%) were illiterate, while 20% were at primary school and 10% at

baccalaureate level. Also, [24] found in their work in northern Jordan that 56.5% of rural women in the agricultural sector were illiterate. Our observations are also in line with those obtained by [25] in Ghana and Côte d'Ivoire. For this author, in the cocoa sector in Côte d'Ivoire, many women from rural communities have a low level of education. Nearly 85% of the women surveyed were married, compared with 15% who were single. This may be explained by the fact that women do not have easy access to land in the study area. Indeed, customary legislation does not allow women to inherit or have access to land. As a result, they are allocated a plot of land by their spouse or a family member on request, and participate as laborers on the family farm. However, these activities do not give them much financial autonomy. These results are in line with those of [19], who asserts that in the absence of a spouse, women only continue to cultivate the land with his or her agreement or that of his or her family. In the event of widowhood, they retain or leave the land on the decision of the family council. They have no control over this decision, which is motivated by their own status in the family, by the presence of children, particularly male children, by remarriage to another family member, by land availability, and so on.

The high percentage of women involved in the collection of products from species associated with cocoa trees is in line with reports by [16] and [26] that NTFP collection was dominated by women. This was also shown by the work of [27] during her work in cocoa crops in the Kokumbo sub-prefecture.

Women owners of cocoa farms take part in the majority (89.79%) of decisions concerning the species associated with cocoa trees. In fact, women's contributions to household agricultural decisions are a function of their financial contribution to household farming activities. These same assertions were made by [28], who emphasized that women's financial contribution to agricultural activities increases their involvement in decision-making concerning the allocation of agricultural resources. Our work is therefore identical to that of [29] in their study of the determinants of women's contribution to agricultural decision-making in cocoa-based agroforestry households in Ekiti State, Nigeria.

Women's active participation (41.05%) in harvesting non-timber forest products (NTFPs) from cocoa agroforests. This high level of participation is due to the fact that they use agroforestry products to ensure food and nutritional security at household level. This result is in line with those of [30] in Benin, where 90% of women collect shea nuts and fruits. This is also the case in Cameroon, according to [31], who claim that women and children gather the leaves of *Gnetum africanum,* used as a vegetable. Indeed, the diversity of vegetable species in terms of their leaves, fruits or edible organs can be harvested for sale or to feed the family by serving as a vitamin source [32]. The high rate of part-time harvesting (69.37%) could be due to the seasonal production of the species. This is in line with [26] observation that income from non-timber forest products merely supplements household income and tends to empower women economically. The high offtake of products in cacaya agroforests (74.63%) would be due to the availability of products in these systems. Our work confirms that of [33], [34] and [35], who have shown that agroforestry systems can diversify production through the simultaneous or sequential integration of trees and other woody or herbaceous plants, or animals, on farms, with the aim of improving social, economic and environmental benefits. It is well recognized that agroforestry systems of all kinds can deliver significant economic, social and environmental benefits at local, national and even global levels. According to [36], at the local level, not only can subsistence farmers practicing agroforestry see their socio-economic conditions improve, but the whole community can also reap the benefits.

Self-consumption (53.32%) is the primary function taken into account by women. For them, the species associated with cocoa trees help to provide foodstuffs such as leaves, condiments, wine, fruit and edible mushrooms. Such observations are contrary to those obtained by [37], [38] and [39]. For the latter, self-consumption would be ranked second to selling, which they favor. In addition, [27], working in the same study area as us, states that plants for food use rank third among the species used by the populations. This rank of self-consumption may be due to the fact that these authors had interviewed more men than women, as men's perception of these species differs from that of women. Furthermore, our results are in line with those of [40], who in their work on the diversification to be adopted for sustainable cocoa production in the implementation of the V4C project ranked the food use of species associated with cocoa trees in first place with rates of 49.2% and 51.38% respectively. The highly representative value attributed in this case to the sales function (45.18%), expresses the strategy of the actresses to diversify sources of income and even to live easily. Indeed, women farmers told us during the survey that their main objective in setting up cocoa farms was to earn money through the sale of dried beans. Following the drastic fall in the purchase price of merchantable cocoa to farmers, the introduction of fruit trees very quickly helped to increase incomes. Our work corroborates that of [41] on the cocoa crisis and producer strategies in the Meadji sub-prefecture in south-west Côte d'Ivoire.

The dominance of women in the processing (100%) of harvested products is due to the fact that they are the ones who best possess and master the know-how required to process agricultural products. These observations are similar to those of [42], who worked in Burkina Faso on the role and participation of women in the in situ conservation of agrobiodiversity. In the course of their work, these authors showed that women (95%) dominate the agricultural product processing sector. Also, this

result is also supported by that of [41] who in her work asserted that the marketing of most products from species associated with cocoa trees is carried out by women in southwest Côte d'Ivoire.

5 CONCLUSION

Women in Central Côte d'Ivoire are involved in the collection of products from species associated with cocoa trees, as this activity enables them to contribute to the improvement of their households' living conditions and, at the same time, to their financial empowerment. In central Côte d'Ivoire, mainly in the Toumodi Department, this study was undertaken to assess the role played by women in the processing and use of products from species associated with cocoa trees. The various surveys, statistical processing and analyses revealed that of the 268 women interviewed, 31.34% owned a cocoa farm, 84.33% were married and 74.25% were at least 50 years old. In the area, 34.7% of the women surveyed had attended school. In addition, the results of surveys coupled with direct observations in the plantations and itinerant surveys enabled us to identify a total of 79 plant species, divided into 67 genera and 31 families. The results also showed that women play an active role in harvesting the products, and are the ones who have the skills to process and sell them. Harvested produce is mainly used to feed the household, while the surplus is sold. Women benefit more from selling during the lean season. Income from the marketing of raw or processed products from cocoa agroforests enables women to contribute to their household expenses. In particular, they are able to pay for their children's schooling and health care, and improve their household's living conditions in terms of food and social conditions. Better organization of the marketing of their products could contribute to the autonomy of the women in this area and considerably improve the living conditions of their households. To this end, the Conseil Café Cacao should consider the domestication and free distribution of companion species of cocoa trees, which would be more profitable for women, so that they are available all year round to boost their incomes.

ACKNOWLEDGMENTS

The authors are indebted to all stakeholders at all levels of the cocoa bean production chain and the value chain for products from commercialized cocoa agroforests, including farmers and all women involved in the cocoa agroforests of Niamkey-Konankro, Langossou, N'Dakro, Bonikro and Kimoukro for their unreserved cooperation and answers to questions during the survey. Our sincere thanks also go to the anonymous reviewers for their valuable contribution to improving the quality of the manuscript.

REFERENCES

[1] M. Griffon, Développement durable et agriculture: la révolution doublement verte. *Cahiers Agricultures* 8: 259-267, 1999.

[2] D. Tilman, K. Cassman, P. Matson, R. Naylor and S. Polasky, Agricultural sustainability and intensive production practices. *Nature* 418: 671-677, 2002.

[3] ICRAF (World Agroforestry Centre), Quelle Diversification pour une production durable du cacao ? Expérience du projet V4C. ICRAF Abidjan, Côte d'Ivoire, 22 P, 2015.

[4] P. Jagoret, J. Kwesseu, C. Messie, I. Michel-Dounias and E. Malézieux, Farmers' assessment of the use and value of agrobiodiversity in plurispecific systems. An application to cocoa agroforests in central Cameroon. *Biodiversity and Conservation,* 2015. DOI: 10.1007/s10457-014-9698-1.

[5] D.P. Garrity, Agroforestry and the achievement of the Millennium Development Goals. *Agroforestry Systems,* 61: 5-17, 2004. DOI: 10.1023/B: AGFO.0000028986.37502.7c.

[6] J. Dixon, A. Gulliver and D. Gibbon, « Farming Systems and Poverty. Improving farmers livehoods in a changing world», Fao, Rome, 2001.

[7] J. Juhrbandt, T. Duwe, J. Barkmann, G. Gerold and R. Marggraf, Structure and management of cocoa agroforestry systems in Central Sulawesi across an intensification gradient. In: Tropical rainforests and agroforests under global change. Ecological and socioeconomic valuations. Tscharntke T., Leuschner C., Veldkamp E., Faust H., Guhardja E., Bidin A. (eds). Dordrecht, Pays-Bas, Springer: 115-140, 2010.

[8] M.G. Salgado-Mora, G. Ibarra-Núñez, J.E. Macías-Sámano and O. López-Báez, Diversidad arbórea en cacaotales des Soconusco, Chiapas, México. *Interciencia* 32: 763-768, 2007.

[9] F.O. Ruf and G. Schroth, Chocolate Forests and Monocultures: A Historical Review of Cocoa Growing and Its Conflicting Role in Tropical Deforestation and Forest Conservation. In Agroforestry and Biodiversity Conservation in Tropical Landscapes. Island Press, 1718, Connecticut Avenue, N.W., Suite 300, Washington, DC (USA), pp 107 – 134, 2004.

[10] A. Asare and D.A. Tetteh, The role of complex agroforestry systems in the conservation of forest tree diversity and structure in southeastern Ghana. *Agrofor Syst* 79: 355–368, 2010. Doi: 10.1007/10457-010-9311-1.

[11] D.O. Oke and K.A. Odebiyi, Traditional cocoa-based agroforestry and forest species conservation in Ondo State, Nigeria. *Agriculture, Ecosystems § Environment* 122: 305- 311, 2007. DOI: 10.1016/j.agee.2007.01.022

[12] B. Duguma, J. Gockowski and J. Bakala, Smallholder Cacao (Theobroma cacao Linn.) cultivation in agroforestry systems of West and Central Africa: challenges and opportunities. *Agroforestry Systems,* 51: 177-188, 2001. DOI: 10.1023/A: 1010747224249.

[13] S.A. Laird, G.L. Awung and R.J. Lysinge, Cocoa farms in the Mount Cameroon region: biological and cultural diversity in local livelihoods. *Biodiversity and Conservation* 16: 2401-2427, 2007. DOI: 10.1007/s10531-007-9188-0.

[14] K.B. Kpangui, D. Kouamé, B.Z.B. Gone, B.T.A. Vroh, B.J.C. Koffi and C.Y. Adou Yao, Typology of cocoa-based agroforestry systems in a forest-savannah transition zone: case study of Kokumbo (Centre, Côte d'İvoire). *International Journal of Agronomy and Agricultural Research (IJAAR)* 6 (3): 36-47, 2015.

[15] C.Y. Adou Yao, K.B. Kpangui, B.T.A. Vroh and D. Ouattara, Pratiques culturales, valeurs d'usage et perception des paysans des espèces compagnes du cacaoyer dans des agroforêts traditionnelles au centre de la Côte d'İvoire. Revue d'ethnoécologie. [En ligne], 9 2016, mis en ligne le 01 juillet 2016, consulté le 01 juillet 2016, 2016. URL: http://ethnoecologie.revues.org/2474; DOI: 10.4000/ethnoecologie.2474.

[16] C. Okpei, Women and Resource Use in the support zones villages of Cross River National Park, Okwango Division. In: Proceedings of a workshop on the Rain Rorest of South Eastern Nigeria and South Western Cameroon. 39 47. Obot and Barker (eds.), 1996.

[17] E.E. Dishan, R. Agishi, C. Akosim, Women's involvement in non timber forest products utilization in support zones of gashaka gumti national park. *Journal of research in forestry, wildlife and environment,* 2 (1), 2010. ISSN: 2141-1778.

[18] D.J. Sonwa, S.F. Weise, M. Tchatat, B.A. Nkongmeneck, A.A. Adesina, O. Ndoy et J. Gockowski, Rôle des agroforêts à cacao dans la foresterie paysanne et communautaire au sud-Cameroun. Document RDFN, 25: 12 p, 2001.

[19] A.S.F. Kossonou, Gestion des plantations et des espèces associées des systèmes agroforestiers à base de cacaoyers par les femmes dans le Département de Toumodi (Centre, Côte d'Ivoire). Thèse de Doctorat unique, UFR Biosciences, Université Félix Houphouët-Boigny, Abidjan, Côte d'Ivoire, 185 p, 2020.

[20] Y.D. Giroh, Analysis of the Technical Efficiency of Rubber Tapping in Rubber Research Institute of Nigeria, Benin City, Edo State, Nigeria. B. Tech. Project submitted to the Department of Agricultural Economics and Extension, Federal University of Technology, Yola. (Unpublished), 2007.

[21] M.O. Adetunji, O.A. Olaniyi and M.O. Raufu, Assessment of Benefits Derived by Cocoa Farmers from Cocoa Development Unit Activities of Oyo State. *Journal of Human Ecology* 22 (3): 211 – 214, 2007. https://doi.org/10.1080/09709274.2007.11906023.

[22] A.S.F. Kossonou, B.T.A. Vroh, F. Kouadio et C.Y. Adou Yao, Implication des femmes dans la gestion familiale des systèmes agroforestiers à cacaoyers au Centre de la Côte d'Ivoire. *International Journal of Innovation and Applied Studies (IJIAS),* 24 (3): 1401-1415, 2018.

[23] L.M. Rasheed, Women Farmer and Their Educational Needs in Small Ruminant Production in the Northern Badia Region of Jordan, American Eurasian *Journal of Agricultural and Environmental Sciences,* 2 (4): 369-374, 2004.

[24] N. Iftikhar, T. Ali, M. Ahmad, A. Maan and Qamar-ul-Haq, Training Needs of Rural Women in Agriculture: A Case Study of District Bahawalpur, Pakistan, *Pakistan Journal of Agriculture Sciences,* 46 (3): 200-204, 2009.

[25] Oxfam, Women's rights in the cocoa sector: example of emerging good pratices. Ghana, 32 p, 2016.

[26] P.F. Geithner, Multiple Use of Management of the Forest Resources. In: Giroh, Forestry for sustainable Rural Development. A review of Ford Foundation supported community forestry programmes in Asia. 25 29. Geithner, P.F. and Wallenberg, E. (eds.), 1998.

[27] K.B.Kpangui, Dynamique, diversité végétale et valeurs écologiques des agroforêts à base de cacaoyers de la Sous-préfecture de Kokumbo (Centre de la Côte d'İvoire). Thèse de Doctorat unique, UFR Biosciences, Université Félix Houphouët-Boigny, Abidjan, Côte d'İvoire, 163 p, 2015.

[28] CIAS, «Women on Dairy Farms; Juggling Roles and Responsibilities». Centre for Integrated Agricultural Systems (CIAS), 2004. Retrieved June 14, 2024, from http://www.cias. wisc.edu/archives/.

[29] A.A. Enete and A.T. Amusa, « determinants of women's contribution to farming decisions in cocoa based agroforestry households of Ekiti state, Nigeria«, Field Actions Science Reports [Online], Vol. 4 | 2010, Online since 15 February 2010, Connection on 11 October 2012. URL: http://factsreports.revues.org/396.Environment, 5 (12): 378 – 386, 2010.

[30] D.K. Koda, K. Adjossou, G.J. Djego et A.K. Guelly, Diversité et usages des espèces fruitières des systèmes agroforestiers à caféiers du Plateau-Akposso au Togo, *Afrique SCIENCE,* 12 (4): 113 – 119, 2016.

[31] E. Kiptot and S. Franzel, Gender and agroforestry in Africa: are women participating? ICRAF Occasional Paper No. 13. Nairobi: World Agroforestry Centre, 54 p, 2011.

[32] Q. Gausset, E.L. Yago-Ouattara and B. Belem, Gender and trees in Péni, south-western Burkina Faso. Women's needs, strategies and challenges, 2005. *Danish Journal of Geography,* 105 (1): 67-76. DOI: 10.1080/00167223.2005.10649527.

[33] E. Torquebiau, Are tropical agroforestry home gardens sustainable ? *Agriculture, Ecosystems and Environment,* 41: 189-207, 1992. DOI: 10.1016/0167-8809 (92) 90109-O.

[34] J. Haggar, A. Ayala, B. Diaz and C.U. Reyes, Participatory design or agroforestry systems: developing farmer participatory research methods in Mexico. *Development in Practice,* 11 (4): 417-424, 2001. DOI: 10.1080/09614520120066701.

[35] P.K.R. Nair, Do tropical homegardens elude science, or is it the other way around ? *Agroforestry Systems:* 53: 239–245, 2001. DOI: 10.1023/A: 1013388806993.

[36] F.C. Dussault, L'agroforesterie comme outil de développement durable dans les pays en voie de développement. Essai de Maîtrise, Faculté des Sciences, Université de Sherbrooke, Sherbrooke, Québec, Canada. 105 pp, 2008.

[37] N.H. Todem, «Bilan Financier Des Systèmes de Cacaoculture Du Centre- Cameroun.» Faculté d'Agronomie et des Sciences Agricoles, Université de Dschang, 47 P, 2005.

[38] B. Morgane, Contribution à l'évaluation des systèmes de culture plurispécifiques en milieu tropical. Cas des agroforêts à base de cacaoyers au Cameroun. Mémoire de master science et technologie du vivant.74 p, 2008.

[39] P.J.M. Kwesseu, Analyse qualitative des systèmes de cacaoculture dans la région du centre, Cameroun. Mémoire de fin d'année. [Online] Available: http://www.memoireonline.com/01/13/6852/m_Analysequalitative-des-systemes-de-cacaoculture-dans-la-region-du-centre-Cameroun0.html, 2010.

[40] ICRAF (World Agroforestry Centre), 2015. Quelle Diversification pour une production durable du cacao ? Expérience du projet V4C. ICRAF Abidjan, Côte d'Ivoire, 22 P.

[41] A.M. Tano, «Crise cacaoyère et stratégies des producteurs de la sous-préfecture de Meadji au sud-ouest ivoirien,» Thèse de Doctorat unique, UFR Economies et finances, Université Toulouse 2 Le Mirail (UT2 Le Mirail), Toulouse, France, 239 p, 2012.

[42] B. Dossou, D. Balma, M. Sawadogo et D. Jarvis, Le rôle et la participation des femmes dans le processus de conservation in situ de l'agrobiodiversité au Burkina Faso. In: Bezançon Gilles (ed.), Pham Jean-Louis (ed.). Ressources génétiques des mils en Afrique de l'Ouest: diversité, conservation et valorisation: actes de l'atelier «diversité, conservation et valorisation des ressources génétiques des mils». Paris (FRA), Niamey: IRD, ICRISAT, 2004, p. 151-161. (Colloques et Séminaires). ISSN 0767-2896 Diversité, Conservation et Valorisation des Ressources Génétiques des Mils: Atelier, 2002/05/28-29, Niamey, 2010.

International Journal of Innovation and Applied Studies
ISSN 2028-9324 Vol. 43 No. 2 Aug. 2024, pp. 396-408
© 2024 Innovative Space of Scientific Research Journals
http://www.ijias.issr-journals.org/

Investigation hydro géophysique dans les roches sédimentaire du socle cristallophyllien (Lubao, Lomami, RDC)

[Hydrogeophysical investigation in the sedimentary rocks of the crystallophyll basement (Lubao, Lomami, DRC)]

Mersa KABANGU[1], Fiston KALONJI[1], Tresor MULUMBA[1], Jerome MALEMBE[2], Ben NTAMBUE BAMUAKAMA[3], and Paul ONAWOTSHO OSANGOLENGA[3]

[1]Institut de Bâtiments et Travaux Publics, Mbujimayi, RD Congo

[2]Université de Lusambo, Lusambo, RD Congo

[3]Chercheur Indépendant, RD Congo

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

ABSTRACT: This water problem in our rural environments pushes us to evaluate how the use of geophysical methods in the crystallophyllian basement with a view to studying drilling data to investigate the subsurface in order to delimit the potential of groundwater in the crystallophyllian base, from the territory of Lubao, Province of Lomami in the DRC. The study area is surrounded by tributaries and water sources among others (the Kamina, the Tshisanpa, the Mitonga, and the Lufubu) of the Lomami basin whose water is generally of poor quality, requiring adequate treatment which is not guaranteed.

The area concerned by our study is characterized in the central part, Cretaceous sedimentary lands of Mesozoic age (Loïa Formation indicated above), composed essentially of soft sandstones with intercalations of argillite, separating them into different levels aquifers. These are subhorizontal tabular terrains, laterally homogeneous, containing confined aquifers, flowing into the valleys. The water is of good quality, alkaline (pH = 6.5), weakly mineralized and with low hardness...

Using geophysical methods (magnetotelluric) we carried out our study by carrying out several profiles including 7 (seven) were favorable in the area.

The Lubao aquifers are essentially underlying sandstones and limestones, which means that prolific aquifers are absent. However, the main water resource lies in the limestones and sandstones, the first water sources of which are at 30m.

The vertical results of the electrical surveys gave dominant 4 geoelectric layers. The underlying rocks correspond to an altered upper soil; Not all declined areas are prolific. Farm aquifers exist at different depths which vary between 150 and 180m.

The data collected and processed by sites show the possibility of capturing groundwater in sufficient quantity in the fissures and Karst.

Geoelectric prospecting by Magnetotelluric surveys does not give any quantitative information on the significant exploitation flow by drilling, but rather indicate the location (the favorable point) for carrying out water drilling.

KEYWORDS: water, environment, mineralized, geoelectric, soil, aquifer, Karst, magnetotelluric, rock.

RESUME: La problématique de l'eau dans notre milieu rural nous incite à évaluer l'utilisation des méthodes géophysiques dans le socle cristallin en vue d'étudier les données de forage pour investiguer le sous-sol afin de délimiter le potentiel des eaux souterraines dans le socle cristallin, à partir du territoire de Lubao, province de la Lomami en RDC. La zone d'étude est entourée d'affluents et de sources d'eau, notamment les rivières Kamina, Tshisanpa, Mitonga et Lufubu du bassin de la Lomami, dont les eaux sont généralement de mauvaise qualité et nécessitent un traitement adéquat qui n'est pas garanti.

La zone étudiée est caractérisée, dans sa partie centrale, par des terrains sédimentaires crétacés d'âge mésozoïque (Formation de Loïa indiquée ci-dessus), composés essentiellement de grès tendres avec des intercalations d'argilite, qui les séparent en aquifères de différents niveaux. Il s'agit de terrains tabulaires subhorizontaux, latéralement homogènes, contenant des aquifères captifs qui s'écoulent dans les vallées. L'eau est de bonne qualité, alcaline (pH = 6,5), faiblement minéralisée et de faible dureté...

À l'aide de méthodes géophysiques (magnétotelluriques) nous avons réalisé notre étude en effectuant plusieurs profils dont 7 (sept) étaient favorables dans la région.

Les aquifères du Lubao sont essentiellement des grès et des calcaires sous-jacents, ce qui signifie que les aquifères prolifiques sont absents. Cependant, la principale ressource en eau réside dans les calcaires et les grès dont les premières sources d'eau sont situées à 30 m.
Les résultats verticaux des sondages électriques ont donné 4 couches géoélectriques dominantes. Les roches sous-jacentes correspondent à des terrains superficiels altérés ; toutes les zones en aval ne sont pas prolifiques. Les aquifères de ferme existent à différentes profondeurs variantes entre 150 et 180m.
Les données collectées et traitées par les sites montrent la possibilité de capter des eaux souterraines en quantité suffisante dans les fissures et le karst.
La prospection géoélectrique par sondages magnétotelluriques ne fournit pas d'informations quantitatives sur le débit significatif pour l'exploitation par forage, mais indique la localisation (le point favorable) pour la réalisation d'un forage hydraulique.

MOTS-CLEFS: eau, environnement, géoélectrique, sol, aquifer, Karst, magnetotellurique, roche.

1 INTRODUCTION

Actuellement les eaux souterraines sont devenues importantes pour les besoins de l'homme dans les milieux ruraux. L'exploitation de l'eau souterraine joue un challenge important dans la vie sociale dans nos communautés. Les méthodes géophysique sont utilisées pour la réussite de plusieurs forages grâce à la détection des zones vulnérable à l'accumulation des eaux souterraine.

Plusieurs techniques géophysiques ont été appliquées aux eaux souterraines, certaines montrant des succès que d'autres pour cartographier ces points de forage en eau souterraine. Ce n'est pas l'eau souterraine qui est la cible de la géophysique, c'est plutôt la situation géologique dans laquelle l'eau existe. L'utilisation de la géophysique pour l'étude des eaux souterraines a été stimulée en partie par le désir de réduire le risque des forages négatifs (de trous secs) et aussi par la volonté de compenser les coûts liés à une mauvaise production d'eau souterraine [14].

Au cours de la dernière décennie, les prospections géophysiques ont permis une meilleure compréhension des eaux souterraines et de leurs intégrations dans le cycle de l'eau, car une grande partie de l'eau potable de la planète se trouve dans les eaux souterraines. Ces réserves invisibles représentent 150 fois les eaux de surface. Pour étudier les propriétés géophysiques des formations aquifères qui contiennent ces réserves, nous avons recourus aux méthodes électromagnétiques qui se sont avérées particulièrement applicables aux eaux souterraines. Pour étudier les propriétés des formations géologiques qui sont essentielle à l'hydrogéologie comme la porosité et la perméabilité des roches, le champ magnétique peut être corréler avec les signatures de conductivité électrique. Elles ont été largement utilisées dans les études géophysique des eaux souterraines en raison de la corrélation qui existe souvent entre les propriétés électriques, les formations géologiques et leurs contenue en fluide.

En fin de compte, l'objectif poursuivis dans cette étude, est d'identifier des zones dans le socle cristallophyllien favorables à l'implantation de forages à gros début en couplant les données géomorphologiques, hydrogéologiques et de télédétections pouvant alimenter la population dépourvue en eau potable.

2 LOCALISATION

Le Territoire de LUBAO est situé à 50 Km au Nord de la province de Lomami, en République Démocratique du Congo RDC avec comme coordonnées géographiques: Longitude 25°44'44,59"; Latitude 05°23'59"S et Altitude 694 mètre. Ce territoire est situé sur le tronçon Mbujimayi-Kabinda-Kindu Maniema qui est accessible par la route National n°2 (RN2).

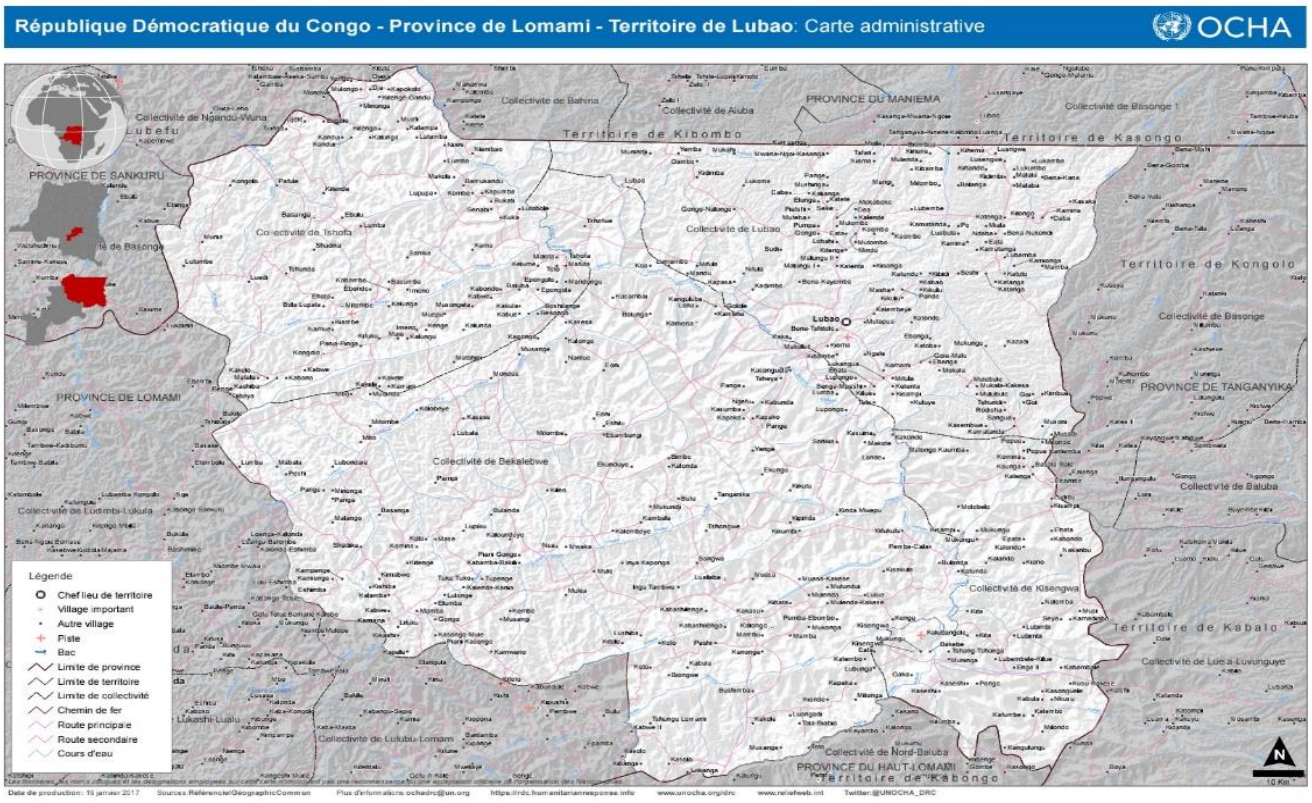


Fig. 1. Carte administrative de la zone d'étude

Source: Nos investigations à l'OCHA

3 GEOLOGIE DU SITE

Les observations faites sur terrains révèlent que la zone est dominée par la formation d'unité structurale: Le terrain sédimentaire post-cambrien et le socle cristallophyllien et sédimentaire d'âge antécambrien.

Les formations Phanérozoïques comprennent: les grès arkosiques brun-rouges alternant avec des couches de calcaire et de Shales appartenant au Groupe de la Loia d'âge Mésozoïque (Aptien: 145-112 Ma); les grès, argilites et calcaire gréseux du Groupe de la Haute Lueki (Karoo Supérieur: 286±7 Ma) d'âge Trias; les grès, argilites et psammites du Groupe de Lukuga (Karoo inférieur: 426±8 Ma) du Permo-Carbonifère [2].

4 POTENTIENLITE EN RESSOURCES EN EAU

L`hydrogéologie de la zone d`étude est caractérisée par deux types d`aquifères:

- La nappe superficielle localisée dans les formations de recouvrement et captées par les puits traditionnels peu profonds;
- La nappe profonde située dans les niveaux altérés et/ou fracturés de la roche saine.

Le site de LUBAO présente de potentiel pour les aquifères superficiels car les formations de surface sont non aquifères et celles Mésozoïques sont formées des grès argileux non aquifères. Le site est entouré des affluents et sources (Kamina, Tshisanpa, Mitonga et Lufubu) de la Lomami dont les eaux sont généralement de qualité médiocre, nécessitant un traitement adéquat non garantie [12].

Il existe dans les vallées des rivières des sources non-aménagées (implantées par la population locale), un puit de forage existe dans la concession de la cotonnière sur les coordonnées géographique, sud: 05°22'18.21", Est: 025°44"41.73" et 677m d'altitude, avec un débit d'exploitation de 1, 6 m^3/H. Le mini-réseau de la cotonnière, est tombé en panne juste quelques mois après sa réalisation, il n'est prévu aucun projet de sa réhabilitation.

La nappe superficielle est beaucoup influencée par les aléas climatiques, les fluctuations saisonnières et les pollutions d'origine diverses, subissant ainsi une forte baisse en saison sèche.

Quant à la nappe profonde, elle est moins tributaire de ces aléas et dépend du degré d`altération, de fracturation et/ou de fissuration de la roche saine ainsi que du mode d`alimentation.

Les formations superficielles quaternaires sablo-argileuses contiennent des nappes phréatiques, vulnérables à la pollution et de faible débit. Dans les vallées, les alluvions contiennent des anciennes terrasses graveleuses, en contact avec les eaux de rivière à travers des berges. Ces aquifères sont souvent exploitables. Il est quand même à noter que la grande majorité des sites se trouve sur des crêtes et sur des plateaux, loin des cours d'eau, et que les bas- fonds sont difficilement accessibles.

Il faudra noter que la durée normale de vie d'une pompe est généralement estimée à 10 ans et que même la durée de vie d'un forage peut être limitée dans le temps, surtout si l'ouvrage est surexploité ou non-exploité [10].

La géologie et l'hydrogéologie de la zone concernée est caractérisée par la présence, dans la partie centrale, des terrains sédimentaires du crétacique d'âge mésozoïque (Formation de la Loïa signalées ci-haut), composés essentiellement de grès tendres avec des intercalations d'argilites, les séparant en différents niveaux aquifères. Il s'agit de terrains tabulaires subhorizontaux, latéralement homogènes, contenant des aquifères captifs, jaillissants dans les vallées. L'eau est de bonne qualité, alcaline (pH = 8), faiblement minéralisée et à dureté faible…

Les grès de la Loïa étant généralement formés des grains fins, leurs valeurs de perméabilité sont relativement faibles. La profondeur du socle cristallin sous-jacent est relativement bien connue. Ce socle contient des aquifères discontinus, libres ou semi-captifs.

La capacité de renouvellement de la ressource en eau souterraine et les débits d'étiage des rivières dépendent de la recharge des nappes aquifères. Les études antérieures développées dans la région ont montré que la quantité de pluie estimée à partir de la précipitation et l'évapotranspiration dans la région varie entre 200 mm/an (pour des cycles secs) et 300 mm/an en moyenne (pour un cycle normal). Les ressources en eaux souterraines exploitables pour alimenter la population de LUBAO, seront captées dans l'aquifère cantonner dans la zone perméable (les grès) [13].

5 APPROCHE GEOPHYSIQUE

Le sondage électrique vertical Schlumberger est une investigation ponctuelle en fonction de la profondeur d`un site. Permet de déterminer la distribution de résistivité électrique d`un site en fonction de la profondeur en vue de l`établissement de la coupe géo-électrique du terrain en ce point [1].

En appliquant les méthodes géophysiques (magnétotelluriques), nous pouvons détecter les zones fractures et donner une profondeur approximative du forage à l'aide des approches hydro-géophysiques qui permet d'obtenir les mesures effectuées à la surface du sol, des informations sur la résistivité du sol rapportée à une certaine profondeur, à partir de la mesure simultanée des variations du champ magnétique et du champ tellurique [3]. Si l'on appelle ρ cette résistivité que l'on exprime en ohm-mètre, T la période du phénomène électromagnétique en secondes, Ex l'amplitude des variations du champ électrique en millivolts par kilomètre, Hy l'amplitude des variations du champ magnétique que l'on exprime en gammas et p la profondeur de pénétration, c'est-à-dire la profondeur pour laquelle l'amplitude de la densité de courant variable est réduite de la fraction 1/e, p s'exprimant en kilomètres, ce principe peut s'exprimer simplement au moyen de la relation suivante [15]:

$$\rho = 0{,}2\, T\left(\frac{Ex}{Hx}\right)^2$$

$$p = \frac{1}{2\pi}\sqrt{10\rho T}$$

La méthode magnétotellurique très rapide et facile à déployer même dans des zones très restreintes permet la définition aisée des zones contenant de l'eau souterraine et même la profondeur à forer. Les données acquises sont présentées sous-forme des courbes et des cartes [4].

Cette technique met en évidence nettement les zones souterraines les plus susceptibles à contenir de l'eau, caractérisées par des faibles potentiels électriques, les zones occupées par la roche non aquifère, caractérisées par des potentiels électriques moyennes selon la composition chimique de la roche et les zones de cavité ou des roches très dures caractérisées par des potentiels électriques très fortes [5].

Le traitement des données MT a été fait directement par l'appareil d'acquisition des données qui est muni d'un module de conversion des champs magnétique et électrique en différence de potentiel. Ces valeurs du potentiel électrique sont par la suite transformées en échelle logarithmique [6].

Chaque profil est représenté par des courbes de fréquences, une carte générée par défaut dans l'appareil en fonction de différents enregistrements et un fichier Excel en format csv qui contient les données en chaque station d'enregistrement. L'interprétation des données MT se fait soit à partir de la carte des profils ou soit à partir des courbes de fréquences générées par l'équipement. Dans un premier temps, il faut observer les courbes fournit par l'appareil. Pour les courbes tri-fréquences, nous avons une reconnaissance à trois niveaux, 170 Hz niveau superficiel, 67 Hz niveau moyen, 25 Hz pour le niveau inférieur (profond) mais l'on peut par déterminer la profondeur [7].

6 LEVE MAGNETOTELLURIQUE

Le levé magnétotellurique consiste à choisir une période (ou fréquence) donnée et à dessiner les cartes des résistivités apparente correspondant à cette période. Les cartes ainsi établies permettent de délimiter les zones conductrices et résistantes, plus ou moins superficielle selon la période choisie. La méthode Magnétotellurique est très rapide et facile à dépoiler même dans les zones très résistantes et permet la définition aisée des zones contenant de l'eau souterraine et même la profondeur à forer. Les données acquises sont présentées sous forme des courbes et de carte [8].

Cette technique met en évidence nettement les zones souterraines les plus susceptible à contenir de l'eau, caractérisé par les faibles potentiels électriques, les zones occupées par la roche non aquifère, caractérisé par des potentiels électriques moyenne selon la composition chimique de la roche et de zone de cavité ou de roche très dure caractérisé par des potentiels électriques très forte [11].

Dans le cadre de notre étude nous avons réalisé sept profils magnétotelluriques parallèles qui ont été exécutés au point cible par la technique tri-fréquence et le profil du milieu a été repris avec un levé multifréquence pour se rassurer des résultats obtenus par tri-fréquence et définir avec plus de certitude le point probable pour de forages. Le profil magnétotellurique orienté selon la rose de vent, avec une longueur variant pour chaque site en étude [9].

7 SONDAGES ELECTRIQUES

SE1: IMPLANTATION

Coordonnées GPS

- X = 05°23'06.43"
- Y = 025°44'23.42"
- Z = 690 m

Orientation: **Nord-Sud**

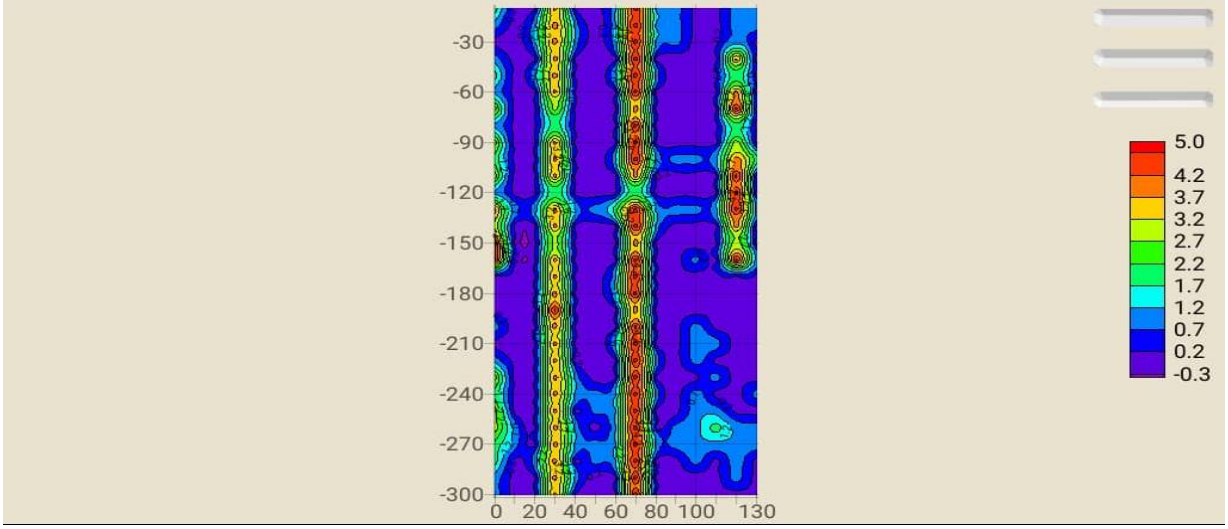


Fig. 2. Carte multifréquence en pseudo-section. Cette carte de pseudo-section montre des zones de fracture verticale du soubassement géologique. Ces zones constitueraient des potentiels aquifères

La couleur rouge représente un fort renforcement / une résistivité élevée de la formation de calcaire.

La Couleur orange représente moins que la formation de grés

La Couleur jaune représente une formation des grés tendre

La Couleur verte représente la formation des grés polymorphe

La couleur bleue représente la formation argileuse

La couleur marron représente la formation de roche molle / formation de roche aquifère, cette Couleur indique de riches chances d'obtenir de l'eau dans la zone.

Le Profil I de la fréquence obtenu sur le site de LUBAO, montre trois points de chute de potentiel électrique dont le troisième point 100, est très marqué.

Sur le graphique principal, on observe trois points de chute de valeur de potentiel électrique. Les points de chutes correspondent aux zones de faible résistivité, forte conductivité électrique. Comme la lecture se fait au milieu du dispositif de 30 m, ces points 10, 50 et 100 correspondent dans notre profil.

La lecture de la carte, pseudo-section verticale de profondeur versus distance, de multifréquence permet de retenir deux points potentiels où pourrait être réalisé un forage de captage d'eau. Il s'agit des points 10 et 100 situés sur l'institut de LUBAO.

Ces points correspondent aux zones de fractures très remarquables sur la carte. Cette carte montre des zones de fracture verticale du soubassement géologique. Ces zones constitueraient des potentiels aquifères comme aux points 10 et 100. Un forage localisé au point 10 d'une longueur de 150 mètre traverserait une lame d'eau presque à 30 mètre. Un forage localisé au point 100 d'une longueur de 160 mètre ou plus vu que la fracture parait plus important. Au point 50, la fissuration étant très prononcée, il y a risque d'éboulement ou de perte d'équipement de forage.

SE2: IMPLANTATION

Coordonnées GPS

- X = 05°23'06.77"
- Y = 025°44'22.69"
- Z = 682 m

Orientation: Nord-Sud

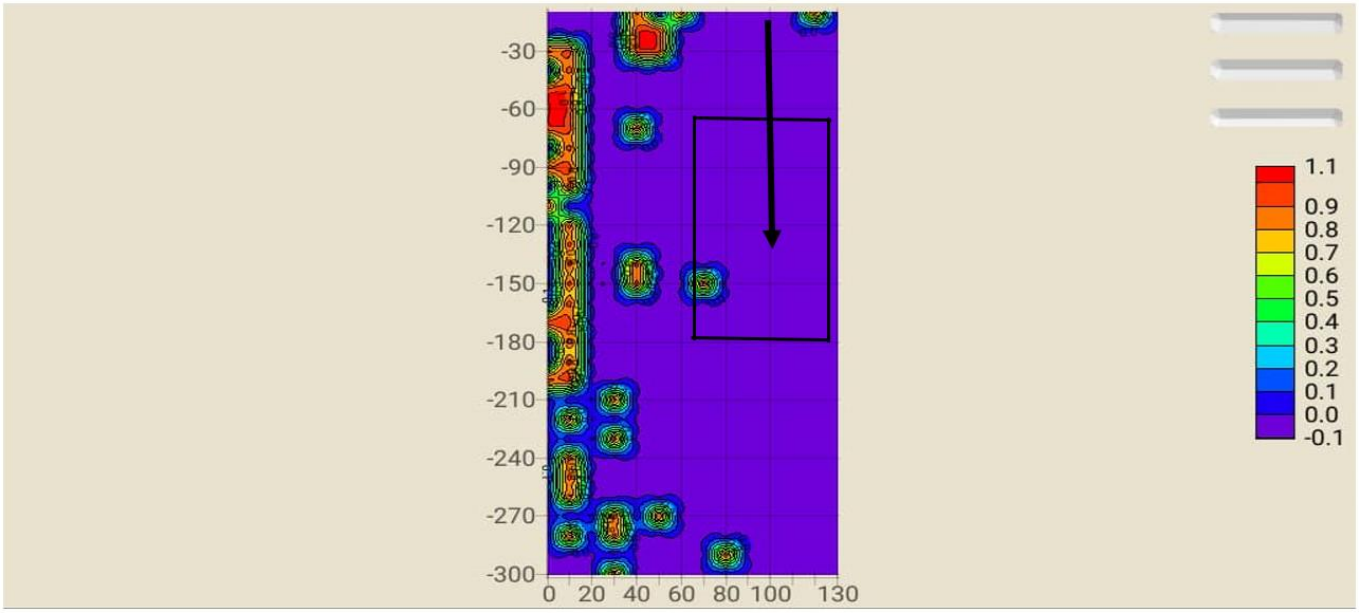


Fig. 3. ***Carte multifréquence en pseudo-section Cette carte de pseudo section montre des zones de fracture verticale du soubassement géologique. Ces zones constitueraient des potentiels aquifères***

La couleur rouge représente un fort renforcement / une résistivité élevée de la formation de calcaire.

La Couleur orange représente moins que la formation de grés

La Couleur jaune représente une formation des grés tendre

La Couleur verte représente la formation des grés polymorphe

La couleur bleue représente la formation argileuse

La couleur marron représente la formation de roche molle / formation de roche aquifère, cette Couleur indique de riches chances d'obtenir de l'eau dans la zone.

Le Profil II de la fréquence obtenu sur le site de LUBAO toujours dans la cour de l'institut de LUBAO, perpendiculaire au point 100 du précèdent profil dans le cadre de vérification de la conductivité de la nappe. Ce profil confirme ce potentiel électrique vérifié au point 100.

Sur le graphique, on observe les chutes de valeurs de potentiels électriques. Les points de chutes correspondent aux zones de faible résistivité, forte conductivité électrique. Comme la lecture se fait au milieu du dispositif de 30 mètre, ces points 70 jusque au point 130 correspondent dans notre profil.

La lecture de la carte, pseudo-section verticale de profondeur perçus la distance, de multifréquence qui permet de retenir les points potentiels où pourrait être réalisé les forages. Il s'agit des points entre 70 et 130 situés sur l'institut de LUBAO.

Un forage localisé au point 70 d'une longueur de 120 mètre traverserait une lame d'eau environ 30 mètre. Le forage localisé a d'autres points (80-130) d'une longueur de 160 mètre ou plus vu que la fracture parait plus importante.

SE3: IMPLANTATION

Coordonnées GPS

- X = 05°23'14.12"
- Y = 025°44'24.99"
- Z = 692 m

Orientation: Nord-Ouest

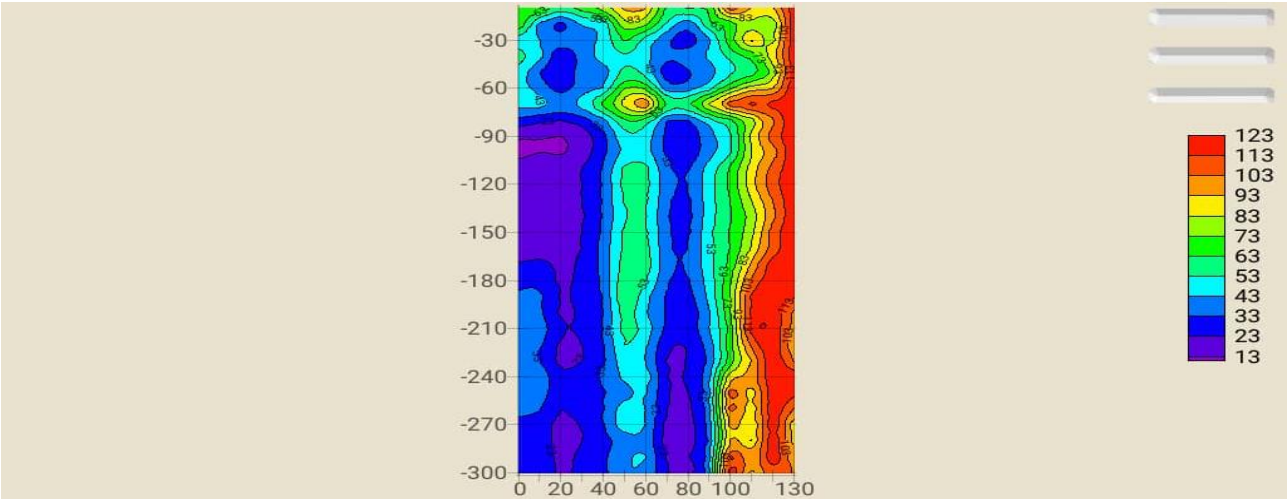


Fig. 4. ***Carte multifréquence en pseudo-section Cette carte de pseudo section montre des zones de fracture verticale du soubassement géologique. Ces zones constitueraient des potentiels aquifères***

La couleur rouge représente un fort renforcement / une résistivité élevée de la formation de calcaire.

La Couleur orange représente moins que la formation de grés

La Couleur jaune représente une formation des grés tendre

La Couleur verte représente la formation des grés polymorphe

La couleur bleue représente la formation argileuse

La couleur marron représente la formation de roche molle / formation de roche aquifère, cette Couleur indique de riches chances d'obtenir de l'eau dans la zone.

Le Profil III de la fréquence obtenu sur le site de LUBAO, dans la concession de l'ATA. Ce profil montre deux points de chute de potentiel électrique dont le premier au point 20, est très remarqué.

Sur le graphique principal, on observe deux points de chute de valeur de potentiel électrique. Les points de chutes correspondent aux zones de faible résistivité, forte conductivité électrique. Comme la lecture se fait au milieu du dispositif de 30 mètres, ces points 20 et 70 correspondent dans notre profil.

La lecture de la carte, pseudo-section verticale de profondeur perçus à la distance, de multifréquence permet de retenir deux points potentiels où pourrait être réalisé un forage de captage d'eau. Il s'agit des points 20 et 70 situés dans la concession de l'ATA. Un forage localisé au point 20 d'une longueur de 150 mètres traverserait une lame d'eau presque à 25 mètre.

8 LEVE MAGNETO-TELLURIQUE AU VILLAGE DE BASHILANGE

Le profil IV multi-fréquence du premier profil est représenté sur les Figures ci-dessous. Cette figure montre plusieurs points de chute potentielle électrique aux stations 13 et 18. Ce qui indique que l'on a une forte probabilité de trouver de l'eau en forant en ces points.

Le profil IV magnéto-tellurique en bas montre une prédominance des valeurs de forte résistivité, si l'on se réfère à la charte des couleurs présentée ci-haut (Figure 2 et 3). Cela traduit que la zone est caractérisée par des formations résistantes, dures comme témoigné par les résultats du sondage électrique vertical. Ces zones de terrain dur alternent avec des zones de résistivité moyenne. Les zones de résistivité moyenne sont marquées par de fractures marquées par des petites chutes vers le bas des courbes. Le fait que ces zones de rebroussements coïncident avec celles des chutes de potentiel électrique de la carte des courbes montre qu'il s'agit des zones potentielles d'accumulation d'eau.

Ainsi pour ce profil IV, nous recommandons l'exécution du puits de captage au point situé à la station 13 et/ou celui de mesure 18, points situés à 17 et 22 m du début du profil, points correspondant aux coordonnées UTM 9408049.791 N et 296000.963 E

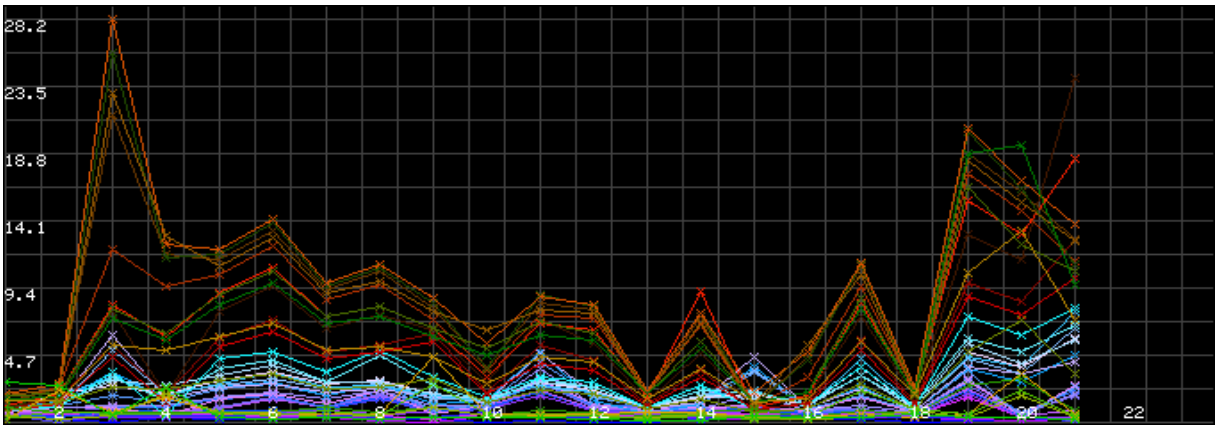


Figure 5A : Profil IV de fréquence obtenu sur le site de Bashilange

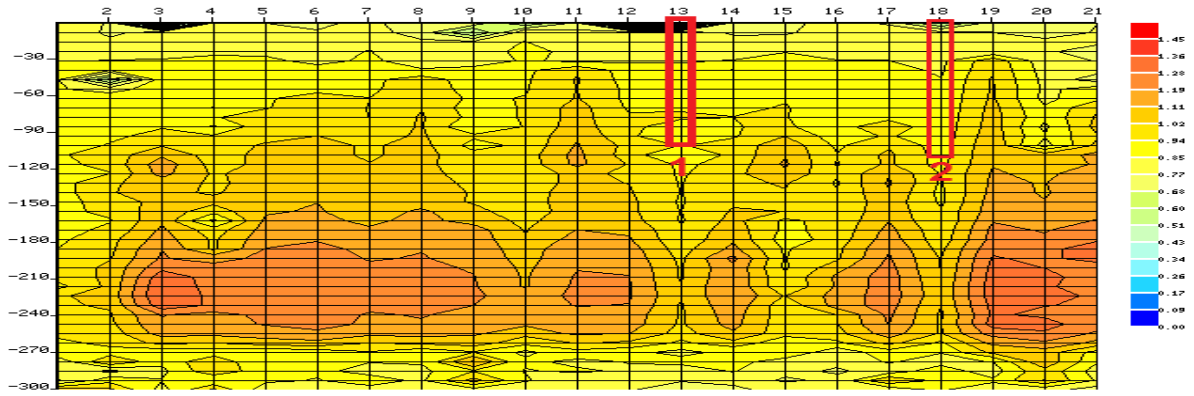


Figure 5B : Profil IV de fréquence obtenu sur le site de Bashilange

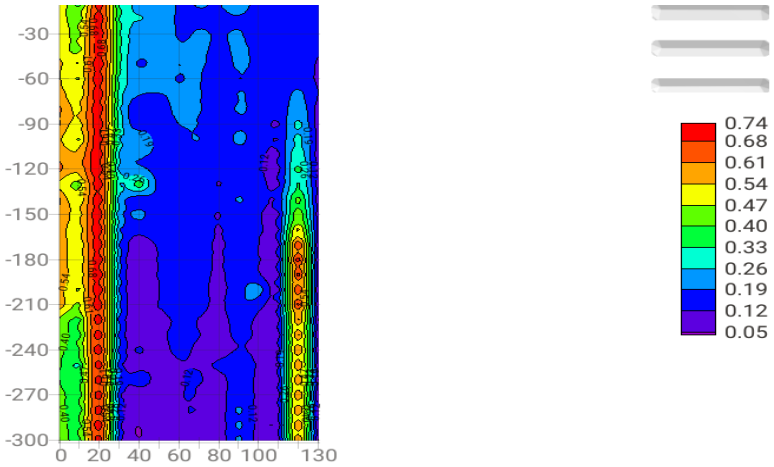


Figure 5C : Profil IV de la fréquence obtenu sur le site de Bashilanga

La couleur rouge représente un fort renforcement / une résistivité élevée de la formation de calcaire.

La Couleur orange représente moins que la formation de grés

La Couleur jaune représente une formation des grés tendre

La Couleur verte représente la formation des grés polymorphe

La couleur bleue représente la formation argileuse

La couleur marron représente la formation de roche molle / formation de roche aquifère, cette Couleur indique de riches chances d'obtenir de l'eau dans la zone.

Le profil V multi fréquence est représenté sur les Figures ci-dessous. Cette figure montre plusieurs points de chute potentielle électrique aux stations 6,7 et 13. Ce qui indique que l'on a une forte probabilité de trouver de l'eau en forant en ces points.

Le profil magnéto-tellurique en bas montre une prédominance des valeurs de forte résistivité, si l'on se réfère à la charte des couleurs présentée ci-haut (Figure 4 et 5). Cela traduit que la zone est caractérisée par des formations résistantes, dures comme témoigné par les résultats du sondage électrique vertical. Ces zones de terrain dur alternent avec des zones de résistivité moyenne. Les zones de résistivité moyenne sont marquées par de fractures marquées par des petites chutes vers le bas des courbes. Le fait que ces zones de rebroussements coïncident avec celles des chutes de potentiel électrique de la carte des courbes montre qu'il s'agit des zones potentielles d'accumulation d'eau.

Ainsi pour ce profil 02, nous recommandons l'exécution du puits de captage au point situé à la station 13 et/ou celui compris entre les points de mesure 6 et 7, points situés à 22 et 11 m du début du profil, points correspondant aux coordonnées UTM 9408090.517 N et 296067.706 E

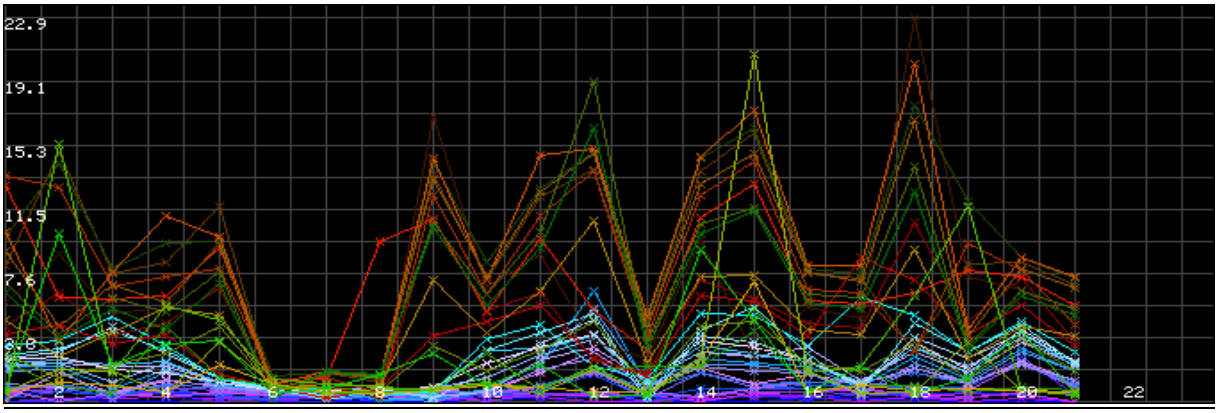


Figure 6A: Profil V de fréquence obtenu sur le site de Baluba

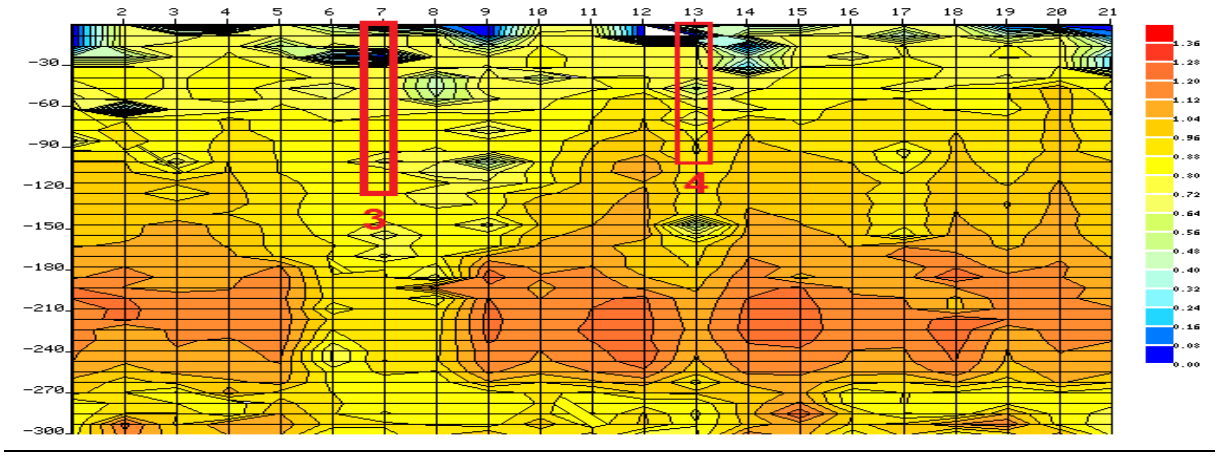


Figure 6B: Profil V de fréquence obtenu sur le site de Baluba



Figure 6C: Image Google Earth montrant le village de Baluba Munombe, la trace de ce profil Magnéto-telluriques exécuté.

9 LEVE MAGNETO-TELLURIQUE AU VILLAGE DE BALUBA MUNOMBE

Le profil VI multi-fréquence est représenté sur les Figures ci-dessous. Cette figure montre plusieurs points de chute potentielle électrique aux stations 10 et 15. Ce qui indique que l'on a une forte probabilité de trouver de l'eau en forant en ces points.

Le profil magnéto-tellurique en bas montre une prédominance des valeurs de forte résistivité, si l'on se réfère à la charte des couleurs présentée ci-haut (Figure 6 et 7). Cela traduit que la zone est caractérisée par des formations résistantes, dures comme témoigné par les résultats du sondage électrique vertical. Ces zones de terrain dur alternent avec des zones de résistivité moyenne. Les zones de résistivité moyenne sont marquées par de fractures marquées par des petites chutes vers le bas des courbes. Le fait que ces zones de rebroussements coïncident avec celles des chutes de potentiel électrique de la carte des courbes montre qu'il s'agit des zones potentielles d'accumulation d'eau.

Ainsi pour ce profil 01, nous recommandons l'exécution du puits de captage au point situé à la station 10 et/ou celui du point de mesure 15, points situés à 14 et 19 mètres du début du profil, points correspondant aux coordonnées UTM 9409527.829 N et 301094.964 E

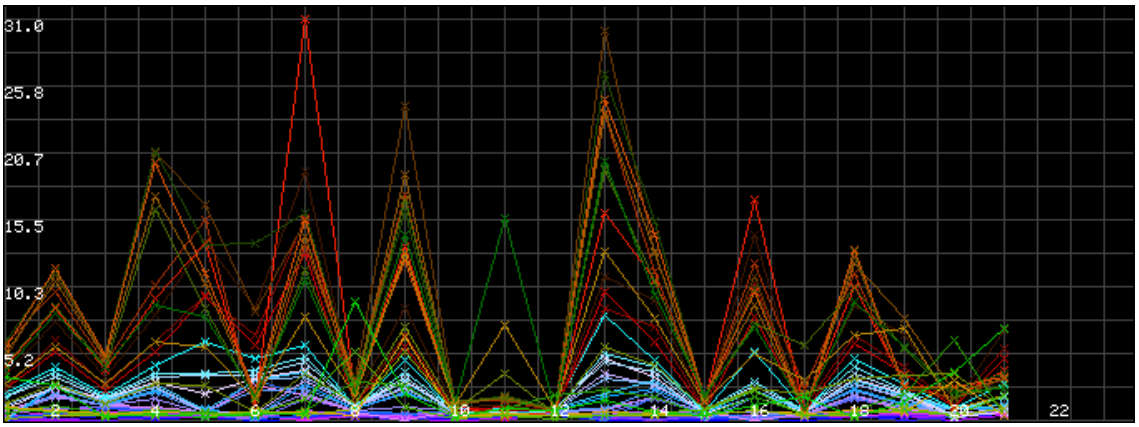


Figure 7A: Profil VI Levé magneto-tellurique au village de TSHOFA

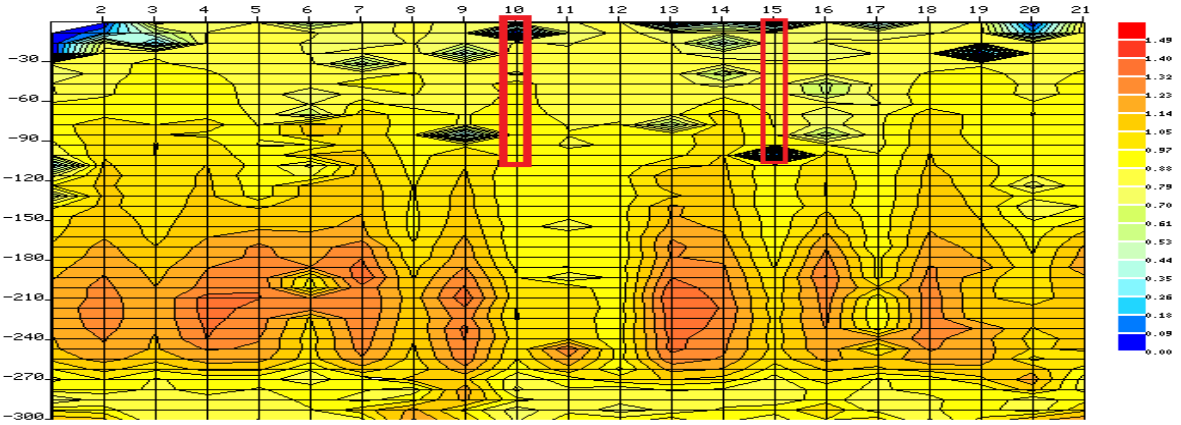


Figure 7B: Profil VII Levé magneto- tellurique au village de TSHOFA

Le profil VII multi-fréquence est représenté sur les Figures ci-dessous. Cette figure montre plusieurs points de chute potentielle électrique aux stations 6 et 17. Ce qui indique que l'on a une forte probabilité de trouver de l'eau en forant en ces points.

Le profil VII magnéto-tellurique en bas montre une prédominance des valeurs de forte résistivité, si l'on se réfère à la charte des couleurs présentée ci-haut (Figure 8 et 9). Cela traduit que la zone est caractérisée par des formations résistantes, dures comme témoigné par les résultats du sondage électrique vertical. Ces zones de terrain dur alternent avec des zones de résistivité moyenne. Les zones de résistivité moyenne sont marquées par de fractures marquées par des petites chutes vers le bas des courbes. Le fait que ces zones de rebroussements coïncident avec celles des chutes de potentiel électrique de la carte des courbes montre qu'il s'agit des zones potentielles d'accumulation d'eau.

Ainsi pour ce profil 06, nous recommandons l'exécution du puits de captage au point situé à la station 6 et/ou celui du point de mesure 17, points situés à 10 et 22 mètres du début du profil, points correspondant aux coordonnées UTM 9420389.373 N et 305675.922 E

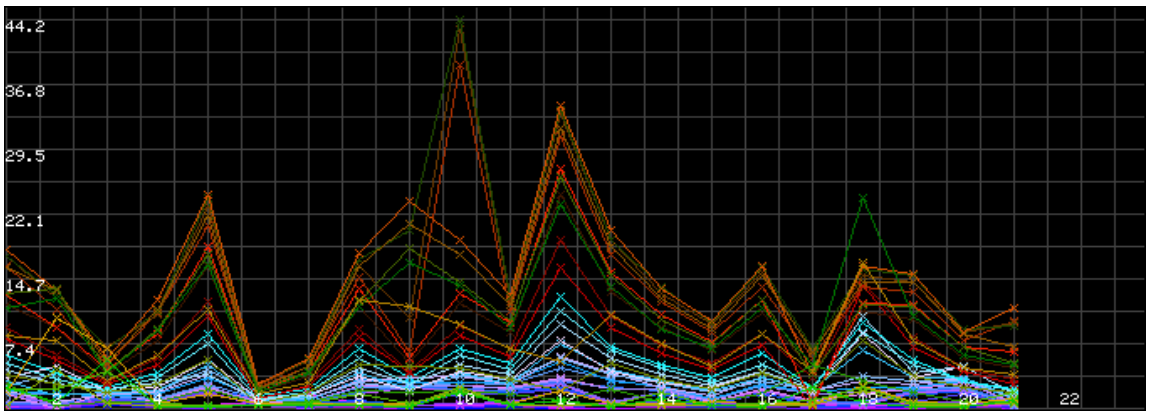


Figure 8A: Profil VII Levé magneto- tellurique au village de TSHOFA

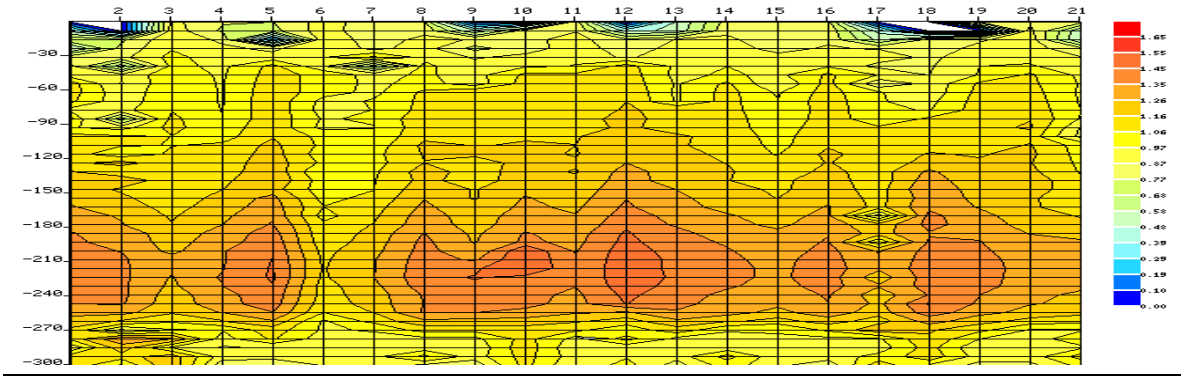


Figure 8B: Profil VII magnéto-tellurique au village de TSHOF

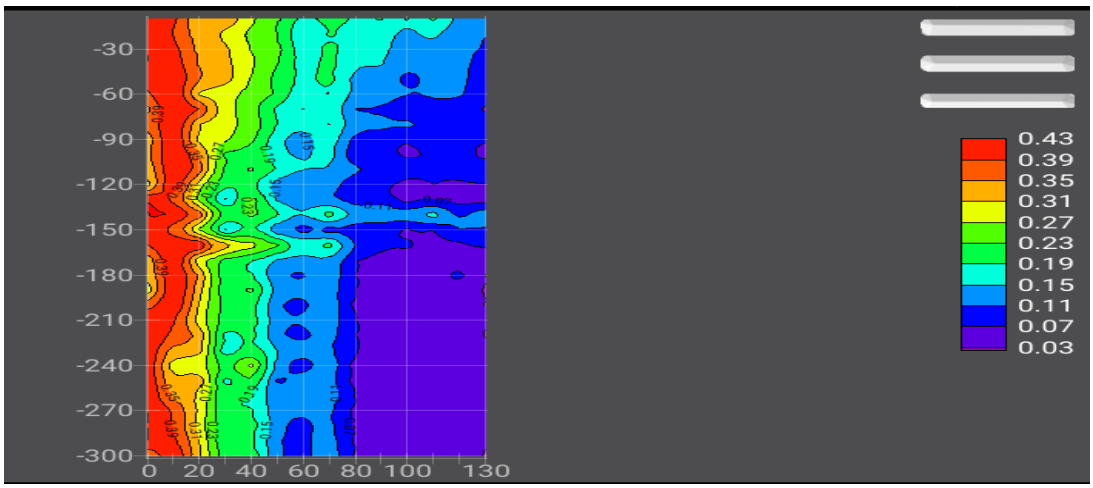


Figure 8C: Profil VII magnéto-tellurique au village de TSHOF

La couleur rouge représente un fort renforcement / une résistivité élevée de la formation de calcaire.

La Couleur orange représente moins que la formation de grés

La Couleur jaune représente une formation des grés tendre

La Couleur verte représente la formation des grés polymorphe

La couleur bleue représente la formation argileuse

La couleur marron représente la formation de roche molle / formation de roche aquifère, cette Couleur indique de riches chances d'obtenir de l'eau dans la zone.

10 CONCLUSION

La zone concernée par notre étude est caractérisée dans la partie centrale, des terrains sédimentaires du crétacique d'âge mésozoïque (Formation de la Loïa signalées ci-haut), composés essentiellement de grès tendres avec des intercalations d'argilites, les séparant en différents niveaux aquifères. Il s'agit de terrains tabulaires subhorizontaux, latéralement homogènes, contenant des aquifères captifs, jaillissants dans les vallées. L'eau est de bonne qualité, alcaline (pH = 8), faiblement minéralisée et à dureté faible...

Les grès de la Loïa étant généralement formés des grains fins, leurs valeurs de perméabilité sont relativement faibles. La profondeur du socle cristallin sous-jacent est relativement bien connue. Ce socle contient des aquifères discontinus, libres ou semi-captifs. Les ressources en eaux souterraines exploitables pour alimenter la population de LUBAO, seront captées dans l'aquifère cantonner dans la zone perméable (les grès)

Les formations superficielles quaternaires sablo-argileuses contiennent des nappes phréatiques, vulnérables à la pollution et de faible débit. Dans les vallées, les alluvions contiennent des anciennes terrasses graveleuses, en contact avec les eaux de rivière à travers des berges. Ces aquifères sont souvent exploitables. Il est quand même à noter que la grande majorité des sites se trouve sur des crêtes et sur des plateaux, loin des cours d'eau, et que les bas- fonds sont difficilement accessibles.

Les nappes de Lubao sont essentiellement sous-jacentes aux calcaires et grès, qui font aquifère prolifique absent. Cependant, la principale ressource en eau réside dans le calcaire et grès à dont le premier venu d'eau est à 30m. Les résultats verticaux de sondages électriques ont donné dominantes 4 couches géo-électriques. Les roches sous-jacentes correspondent à un sol supérieur altéré; toutes les zones déclinées ne sont pas prolifiques. Les aquifères d'exploitations existent à différentes profondeurs qui varient entre 150 et 180 m.

Les données collectées et traitées par sites montrent la possibilité de captage des eaux souterraines en quantité suffisante dans les fissures et krast. La prospection géo-électrique par les levés Magnétotelluriques ne donne aucune information quantitative sur le débit d'exploitation important par forage mais indiquent plutôt l'emplacement (le point favorable) pour la réalisation de forage d'eau.

ANNEXE 1: LISTE DE PROFIL

Province	Villages	Profil	Coordonnées géographiques		Prof (mètre)	Observation
Lomami	Lubao	1	05°23'06.43''	025°44'23.42''	180	Favorable
		2	05°23'06 .77''	025°44'22.69''	150	Favorable
		3	05°23'14 .12''	025°44'24.99''	150	Favorable
	Bashilange	4	9408049.791N	296000.963 E	115	Favorable
		5	9408090.517N	296067.706 E	120	Favorable
	Baluba Munombe	6	9409527.829N	301094.964 E	120	Favorable
	TSHOFA	7	9420389.373N	305675.922 E	120	Favorable

REFERENCES

[1] Bouwer, F.L. (1978) Hydrologie des eaux souterraines. Mac Graw Hill, New York, 149 p.

[2] LEPERSONNE J.: « Carte géologique du Congo au 1/250 000 et la notice explicative de la feuille de Mbujimayi » INB 1979, pp. 32

[3] Paranis, DS (1986) Principes de géophysique appliquée. 4e édition, Chapman et Hall, New York, Londres.

[4] Telford, W.M., Geldart, L.P. et Sheriff R.E. (1991) Géophysique appliquée. Cambridge University Press, États-Unis, 860 p. https://doi.org/10.1017/CBO9781139167932.

[5] Loke, M.H. (2011) Enquêtes de résistivité électrique et interprétation des données. Dans: Gupta, H., Ed., Encyclopedia of Solid Earth Geophysics, édition 2011, Springer, Dordrecht, 276-283. https://doi.org/10.1007/978-90-481-8702-7_46.

[6] Massoud, U., Santos, F., Khalil, M., Taha, A. et Abbas, A.M. (2010) Estimation des paramètres hydrauliques de l'aquifère à partir de mesures géophysiques de surface: une étude de cas de l'aquifère du Crétacé supérieur au Sinaï central, Égypte. Journal d'hydrogéologie, 18, 699-710. https://doi.org/10.1007/s10040-009-0551-y.

[7] Okonkwo, A. et Ezeh, CC. (2013) Hydraulique des aquifères et délimitation des zones de qualité des eaux souterraines à l'aide de la méthode de résistivité électrique à Oduma et En-virons dans l'État d'Enugu, dans le sud-est du Nigeria. Revue internationale de recherche en géologie et en exploitation minière, 3, 31-39.

[8] Chukwuma, E., Anozoba, D., Chukwuma, G.O. et Chinwuko, C.E. (2015) Détermination des caractéristiques des aquifères à partir de données de sondage géoélectrique dans certaines parties de l'État d'Anambra, Nigeria. Revue internationale d'innovation et d'études appliquées, 11, 832-843.

[9] Osele, CE, Onwuemesi, AG, Anakwuba, EK. et Chinwuko, A.I. (2016) Application du sondage électrique vertical (VES) pour l'exploration des eaux souterraines à Onitsha et dans ses environs, Nigéria. Journal international des géosciences avancées, 4, 1-7. https://doi.org/10.14419/ijag.v4i1.5594.

[10] Okeke, JP, Ezeh, CC. et Okonkwo, A.C (2017) Sondage géoélectrique pour la détermination des perspectives des eaux souterraines à Awgu et ses environs, État d'Enugu, sud-est du Nigeria. Journal IOSR de géologie appliquée et de géophysique, 5, 14-22.

[11] Okonkwo, A. et Ezeh, CC. (2019) Sondage géoélectrique de surface pour la détermination des zones de potentiel des eaux souterraines dans l'État d'Anambra, Nigeria. Conférence internationale NMGS « Coal City 2019«, État d'Enugu, 17-22 mars 2019, 17-22. [20] Loke, M.H. et Barker, R.D. (1996) Inversion rapide des moindres carrés des pseudo-sections de résistivité apparente par une méthode quasi-Newton. Prospection géophysique, 44, 131-152. https://doi.org/10.1111/j.1365-2478.1996.tb00142.x.

[12] DELHAL et al, Notice explicative de la province du Kasaï oriental, 1979.

[13] JP mbuyi, Etude géophysique pour l'implantation de forages d'adduction d'eau à Kalenda Gare, 59 – 60 p.

[14] CIEH (Comité Interafricain d'Etude hydraulique), IWACO BV; «Etude des ressources n eau soutrrine dans le Yatenga Série hydrogéologie 1990, pp. 131.

[15] C MAYER, « Application de la géologie aux souterraine, » in Technique et documentation Lavoisier, 2001, p. 183; B DIENG, A. H. KOUASSI, et B A. BAKYONO: « Optimisation de l'implantation géophysique des forage en zone de socle au Nord du Burkina Faso » 2004, éd Groupe des Écoles ELER-ETSHER 03BP 7023 Ouagadougou 03 burkina faso babacar dieng@eicretsher.org.30.

International Journal of Innovation and Applied Studies
ISSN 2028-9324 Vol. 43 No. 2 Aug. 2024, pp. 409-422
© 2024 Innovative Space of Scientific Research Journals
http://www.ijias.issr-journals.org/

Histoire sédimentaire de la formation de couverture dans les plateaux Batéké (République du Congo) à partir de la morphoscopie et l'exoscopie des grains de quartz: Implications paléoclimatiques

[Sedimentary history of the cover formation in the Batéké plateaus (Republic of Congo) based on morphoscopy and exoscopy of quartz grains: Paleoclimatic implications]

Otongo Judicaël[1-2-3], Gatsé Ebotehouna Chesther[1], and Elenga Hilaire[3]

[1]Laboratoire des Géosciences, Département de la Formation Doctorale, Faculté des Sciences et Techniques, Université Marien Ngouabi, Brazzaville, Republic of the Congo

[2]Parcours des Sciences Naturelles, Ecole Normale Supérieure, Université Marien Ngouabi, Brazzaville, Republic of the Congo

[3]Centre de Recherches Géologiques et Minières, Brazzaville, Republic of the Congo

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

ABSTRACT: This study aims to determine the paleoenvironments and paleoclimates of the cover formation in the Batéké plateaus. The methodology adopted consists of carrying out the morphoscopic and exoscopic study of the quartz grains of the sands of this formation. After washing the samples, drying and dry sieving on a column of 6 sieves, the grains were selected for observations. The morphoscopic study reveals the presence of clean matte round quartz grains and shiny blunt grains. These results show that these sands have undergone double transport, aeolian and aqueous. The exoscopic study shows the existence of traces of mechanical and chemical actions on the surface of the two types of quartz grains. Mechanical traces of aeolian and fluvial types including certain aeolian traces have been polished in the fluvial environment. The superposition of these microstructures makes it possible to paleoenvironments and reconstruct to deduce paleoclimates. These sands experienced two phases of sedimentary deposition and two phases of immobilization in pedological environments. The first phase of deposition is aeolian, then immobilization in the soil environment undersaturated with silica marked by the dissolution figures. The second phase of deposition is the resumption of aeolian deposition in a low-energy fluvial environment, then the environment evolved into a podzolic soil environment supersaturated in silica. This study shows that the arid period of the Holocene, around 3,000 BP, to which the age of this formation is attributed, experienced variations, the climate experienced a humid phase marked by the fluvial evolution of the sediments.

KEYWORDS: Grain surface, microstructures, paleoenvironments, paleoclimates, Batéké plateaus.

RESUME: Cette étude a pour but de déterminer les paléoenvironnements et les paléoclimats de la formation de couverture dans les plateaux Batéké. La méthodologie adoptée consiste à mener l'étude morphoscopique et exoscopique des grains de quartz des sables de cette formation. Après divers traitements, les grains ont été observés à la loupe binoculaire pour l'étude morphoscopique, parmi lesquels, les grains ronds mats propres et émoussés luisants ont été sélectionnés pour l'exoscopie L'étude morphoscopique révèle la présence des grains de quartz ronds mats propres et des grains émoussés luisants. Ces résultats montrent que ces sables ont subi un double transport, éolien et aqueux. L'étude exoscopique montre l'existence des traces d'actions mécaniques et chimiques sur la surface des deux types de grains de quartz. Les traces mécaniques de types éoliens et fluviatiles dont certaines traces éoliennes ont été polies dans le milieu fluviatile. La superposition de ces microstructures permet de reconstituer les paléoenvironnements et en déduire les paléoclimats. Ces sables ont connu deux

phases de dépôt sédimentaire et deux phases d'immobilisation dans les milieux pédologiques. La première phase de dépôt est éolienne, puis immobilisation dans le milieu pédologique sous-saturé en silice marqué par les figures de dissolution. La deuxième phase de dépôt est la reprise dépôt éolien dans un milieu fluviatile à faible énergie, puis l'environnement a évolué en un milieu pédologique podzolique sursaturé en silice. Cette étude montre que la période aride de l'holocène, vers 3.000 BP, dont est attribué l'âge de cette formation, a connu des variations, le climat a connu une phase humide marquée l'évolution fluviatile des sédiments.

MOTS-CLEFS: Surface des grains, microstructures, paléoenvironnements, paléoclimats, plateaux Batéké.

1 INTRODUCTION

Les plateaux Batéké constituent un ensemble géomorphologique, situés au centre de la République du Congo, au Nord de Brazzaville. Au niveau de ces plateaux, on trouve des sables ocres, anciennement appelés Ba2, et actuellement formation de couverture [1]. Cette formation surmonte la plupart des formations géologiques d'âges différents au Congo, est présente à l'échelle sous régionale, et couvre une bonne partie de l'Afrique équatoriale atlantique, Gabon, Cameroun, République Centrafricaine, République Démocratique du Congo et la République du Congo [2], [3]. Les questions de l'environnement de dépôt et de l'âge de cette formation sont discutées. Au Congo et dans les plateaux Batéké, plusieurs études ont réalisé sur le cadre environnemental de cette formation. Certaines études, très anciennes, telles que, [4], [5], [6], accordent une origine éolienne, rien que par similitude des formations géologiques de part et d'autre du fleuve Congo en adoptant les conclusions des auteurs belges en République Démocratique du Congo, qui assimilent la formation de couverture au Kalahari de l'Afrique Australe ([4], [5]). L'auteur [7] est en faveur d'un double façonnement de ses sables, par le vent puis par l'eau. Les études récentes, [1], [8], [9], [10] sont pour une origine éolienne à l'exception de [11] qui ont en déterminé une origine fluviatile. De ces travaux antérieurs et de ce qui est des plateaux Batéké, seul [7] a réalisé l'étude morphoscopique et aucune étude exoscopique a été faite. L'âge holocène, ca 3000 BP, de la formation de couverture a été déterminé au Gabon par [12]. Cet âge correspond à la crise climatique qui ait connue le Bassin du Congo [13], période marquée par un climat aride. La stabilité du climat à l'holocène supérieur a été mise en cause par rapport à un nombre croissant d'archives marines, terrestres et glaciaires qui témoignent des changements brusques du climat [14]. Dans le bassin du Congo, selon [15], les données de la dynamique fluvio-morphologique du quaternaire supérieur, encore peu datées et dispersées, montrent avec évidence que les changements de climat et de végétation survenus au Dernier Maximum Glaciaire (LGM) et post-LGM ont une influence sur l'écoulement, la charge en sédiments, les processus d'érosion et de la sédimentation des fleuves. Ainsi, les traces d'actions mécaniques et chimiques sur la surface des grains, résultant de la dynamique de mise en place des sédiments, doivent être prises en compte car ces traces sont des archives des changements climatiques. L'exoscopie consiste à identifier les microcaractères dus aux actions mécaniques et chimiques qui ont pu modifier le relief des grains de quartz au cours des temps géologiques [16]. La présente étude a pour objectif de déterminer l'histoire sédimentaire à partir de la forme et aspect des grains de quartz des sables de la formation de couverture dans les plateaux Batékés et par l'identification des traces d'actions mécaniques et chimiques sur la surface des grains permettant reconstituer le paléoenvironnement et en déduire les paléoclimats.

2 MATÉRIEL ET MÉTHODES

2.1 ZONE D'ÉTUDE

Les plateaux Batéké constituent une unité géomorphologique situé entre le 2è et 4è degré de latitude Sud, au nord de Brazzaville, et occupe le centre du pays (Congo). L'ensemble est constitué de quatre (4) plateaux: le plateau Koukouya, le plateau de Djambala, le plateau de Ngo-Nsa et le plateau de Mbé. Les différents plateaux sont séparés par des incisions très profondes, occupées par des rivières de direction NE-SW. Les plateaux Batéké couvrent environ 13.000 km2 et le plateau de Mbé est le plus vaste avec 7.500 km2. L'ensemble présente une légère inclinaison du NW-SE ([4], [5], [7]). La formation de couverture (ancien Ba2), constituée de sables ocre, constitue la formation géologique ultime de ces plateaux. Ce sont donc ces sables qui constituent le matériel de notre présente étude.

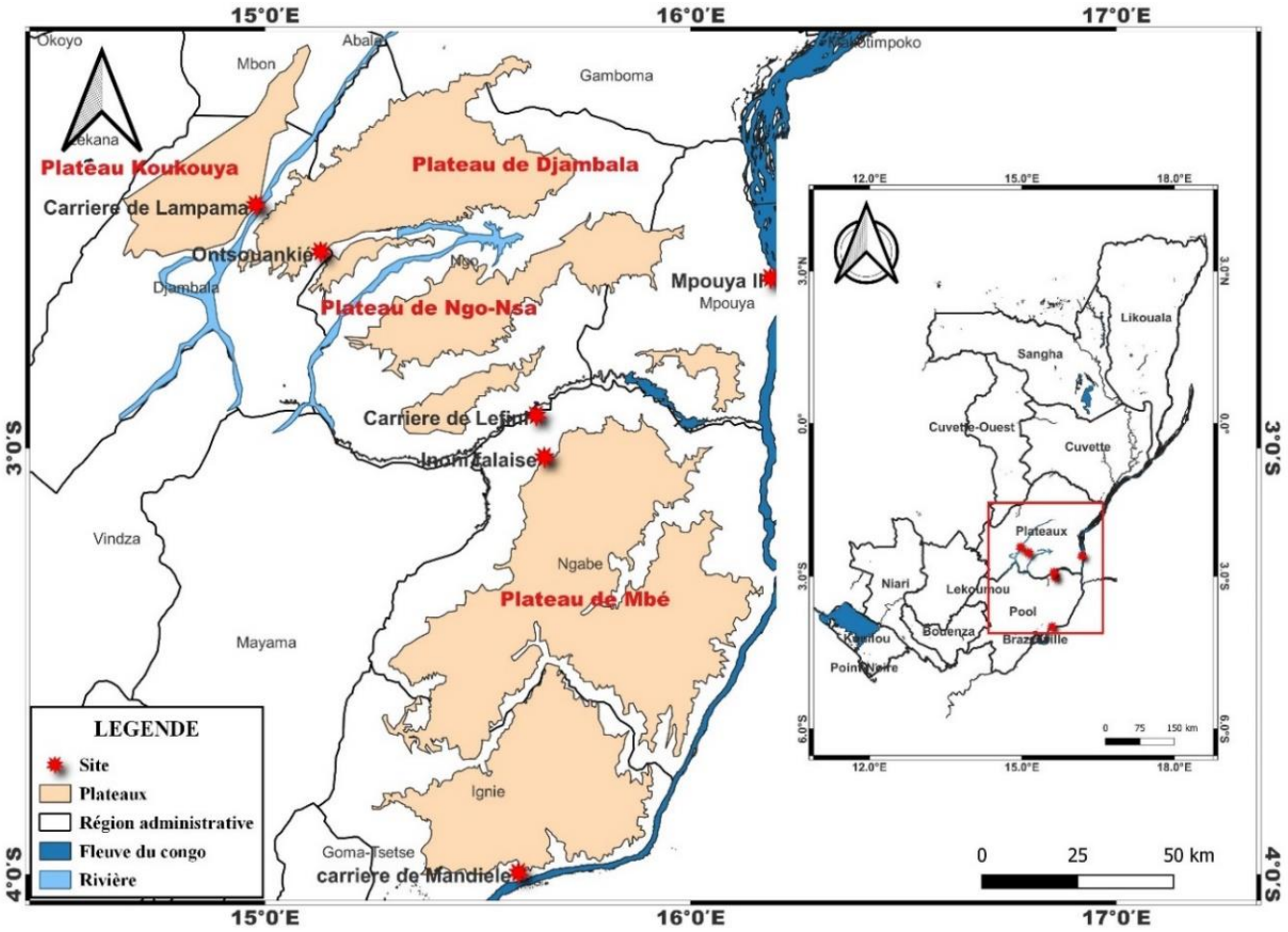


Fig. 1. Carte de la zone d'étude et localisation des sites d'échantillonnage ([1], [10])

2.2 MÉTHODES

2.2.1 METHODE D'ECHANTILLONNAGE ET PRETRAITEMENT AU LABORATOIRE

Les coupes ont été élaborées au niveau des rebords des plateaux ou des carrières d'exploitation des sables de la formation de couverture comme géomatériaux, endroits montrant des bels affleurements. Au total 42 prélèvements d'échantillons de sables ont été effectués sur les quatre unités géomorphologiques, dont trois sites sur le plateau de Mbé en raison de son étendue. Le traitement au laboratoire a consisté à peser 200g de l'échantillon et lavage à l'eau courante à l'aide d'un tamis de 0,63 µm, puis séchage à l'étuve. Ensuite, 100 g de sédiment sec est déversé au sommet de la colonne de 6 tamis, dont la progression est celle d'Udden-Wentworth (US Standard), pour laquelle chaque classe principale correspond à un diamètre du double ou de la moitié de la classe voisine dont la classe de base est de 2 mm. La fraction de 250 µm a été choisie pour les études morphoscopique et exoscopique.

2.2.2 ASPECT ET FORME DES GRAINS DE QUARTZ

La morphoscopie est l'étude de la forme et de l'aspect des grains de quartz ([17], [18]. Cette étude se fait à la loupe binoculaire et permet de connaître l'origine et le mode de transport des grains de quartz [16]. L'étude morphoscopique s'est basée sur les méthodes de Pettijohn (1975), in: [19] et de [17]:

- La méthode de Pettijohn (1975) in: [19] tient compte de la forme des grains de quartz (fig.2). Elle définit six types de grains. Il s'agit des grains très anguleux, anguleux, subanguleux, subarrondis, arrondis et très arrondis;
- La méthode de [17] propose quatre aspects de l'état de surface des grains qui sont les non usés, les émoussés luisants, les ronds mats propres et les ronds mats salis.

Les grains sont observés à la loupe binoculaire, à sec, sur fond noir, par réflexion, source lumineuse ponctuelle. L'œil à l'oculaire, on a observé 25 grains de quartz de taille 250µm, en même temps, en choisissant les gros grains, on enregistre le nombre de différents types observés [17].

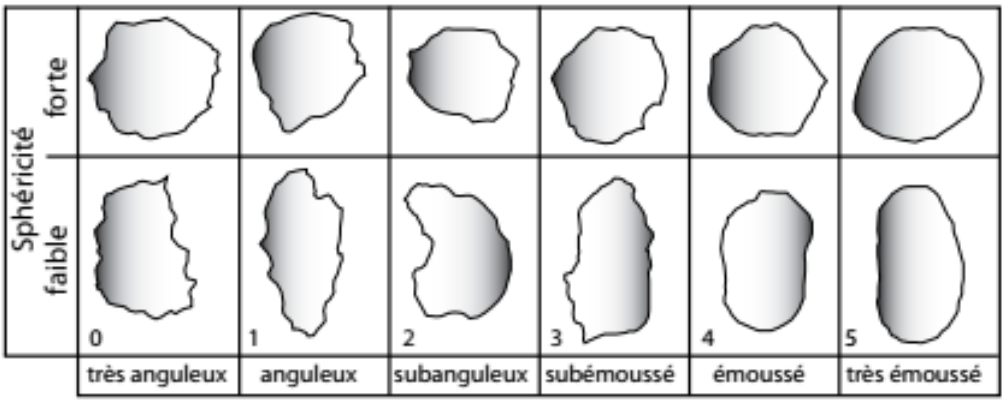


Fig. 2. Charte de détermination visuelle de la sphéricité et de l'émoussé des grains (d'après Pettijohn, 1975, in: [18])

2.2.3 ETAT DE LA SURFACE DES GRAINS DE QUARTZ

L'exoscopie est l'étude, au microscope électronique à balayage (MEB), des traces d'actions d'origine mécanique, chimique et biologique qui apparaissent la surface des grains de quartz. L'exoscopie permet de déterminer le mécanisme de transport et les différentes phases de l'histoire sédimentaire des grains de quartz. Les grains de quartz des formations sédimentaires portent à leur surface des traces qui sont le témoignage de leur histoire. Ces traces sont l'héritage des diverses actions auxquelles ils ont été soumis au cours de leur transport et de leur mise en place ([16], [20], [21], [22]. Sur la base des traces d'actions mécaniques et chimiques, [16], [20], [21], identifient six catégories de quartz: quartz non-évolués, quartz d'altérites et pédologiques, quartz glaciaires, quartz fluviatiles, quartz marins et quartz éoliens. Cette étude est pratiquée préférentiellement sur les grains moyens de 250 à 400 µm, la taille pour laquelle les actions chimiques et mécaniques agissent simultanément [23]. Cette analyse a été effectuée au Centre d'Analyses et de Recherche (C.A.R) de la PETROCI. L'appareil utilisé est le MEB-EDS, microscope électronique à balayage de type FEG, couplé à la Spectrométrie par dispersion d'Energie (EDS). Les grains soumis à l'étude exoscopique ont été sélectionnés à loupe binoculaire afin de trier les grains suivant leur aspect, qu'ils soient émoussés luisants ou ronds mats. Au total, sept grains de quartz provenant des sites d'Inoni, Léfini et Ontsouankié ont été sélectionnés pour cette étude.

3 PRÉPARATION DU MANUSCRIT

3.1 ASPECT ET FORME DES GRAINS DE QUARTZ

L'étude de la forme et de l'aspect des grains de quartz des sables de la formation de couverture a révélé différents types de grains de quartz: des grains émoussés luisants (EL), des grains ronds luisants (RL), des grains ronds mats propres (RM), des grains ronds mats sales (RS) et des grains non usés (NU) (fig.3). Les grains ronds mats propres (RM), les grains ronds mats sales (RS) et grains ronds luisants (RL) sont une sphéricité élevée, ils sont arrondis. Ces grains présentent plusieurs marques de choc.

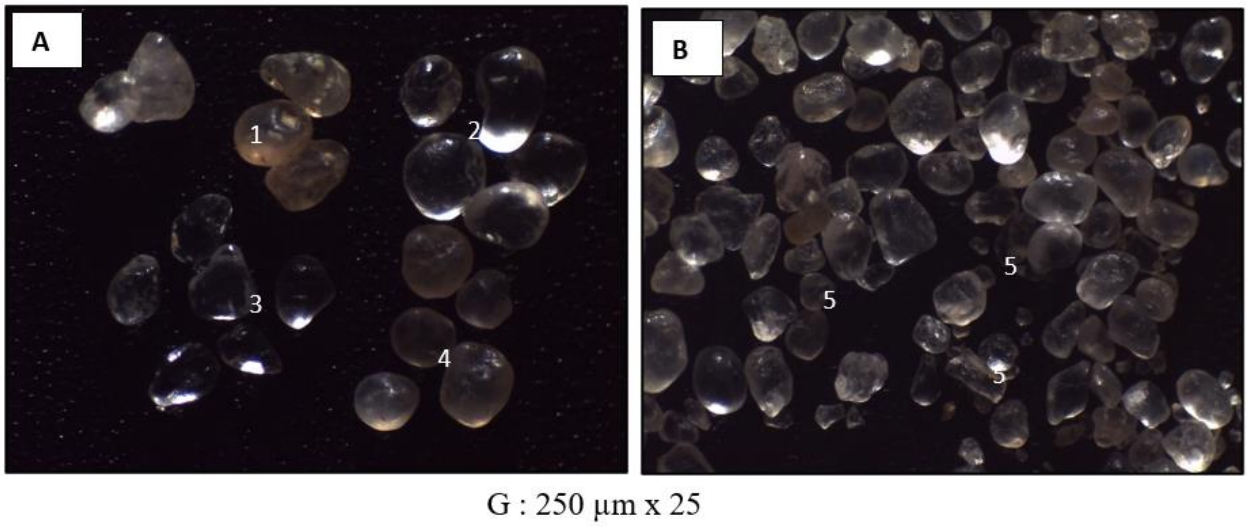


Fig. 3. Morphoscopie des grains. A: 1- grains ronds mats sales (RS); 2- grains ronds luisants (RL); 3- grains émoussés luisants (EL); 4- grains ronds mats propres (RM). B: 5- grains cassés

Pour ce qui est de la forme des grains, la majorité des grains sont arrondis, à sphéricité forte. En ce qui concerne l'aspect de la surface des grains de quartz, les résultats montrent que la majorité des grains sont ronds mats propres. On note la présence de plusieurs grains de quartz cassés. Les grains ronds mats sales portent en leur surface un ciment ferrugineux.

Les grains émoussés luisants (EL) sont subarrondis et les non usés sont très rares. Sur un total de 1050 grains observés dans les détails à la loupe, 484 sont ronds mats propres, 300 ronds mats sales, 131 émoussés luisants et 131 ronds luisants et 4 non usés (tableau 1).

Tableau 1. Répartition des différents types de grains par sites d'étude

Sites d'étude	Différents types de grains					
	Non usés (NU)	Emoussés luisants (EL)	Ronds luisants (RL)	Ronds mats propres (RM)	Ronds mats sales (RS)	Total
Mandiélé	00	15	48	110	102	275
Inoni	01	08	10	139	17	175
Léfini	00	33	14	62	41	150
Ontsouankié	00	33	32	69	41	175
Lampama	00	22	16	49	38	125
Mpouya II	03	20	11	55	61	150
Total	04	131	131	484	300	1050

3.2 ETAT DE LA SURFACE DES GRAINS DE QUARTZ

3.2.1 ÉTUDE EXOSCOPIQUE DES GRAINS DE QUARTZ DE LA LOCALITE D'INONI

Deux grains de quartz ont été étudiés à Inoni: un grain émoussé luisant et un autre rond mat propre. Ces grains sont très arrondis. Le grain de quartz émoussé luisant montre sur sa surface des cassures conchoïdales (fig. 4 A) et des V de chocs bien polis (fig.4, B).

Les traces d'actions chimiques présentes sur ces grains sont: les figures de dissolutions recouvertes d'importants dépôts globuleux de silice (fig.4, D). Cette silice se dépose également dans les V de chocs (fig. 4, C). Ces traces d'actions mécaniques et chimiques sont camouflées pour la plupart par des dépôts de silices (fig.1).

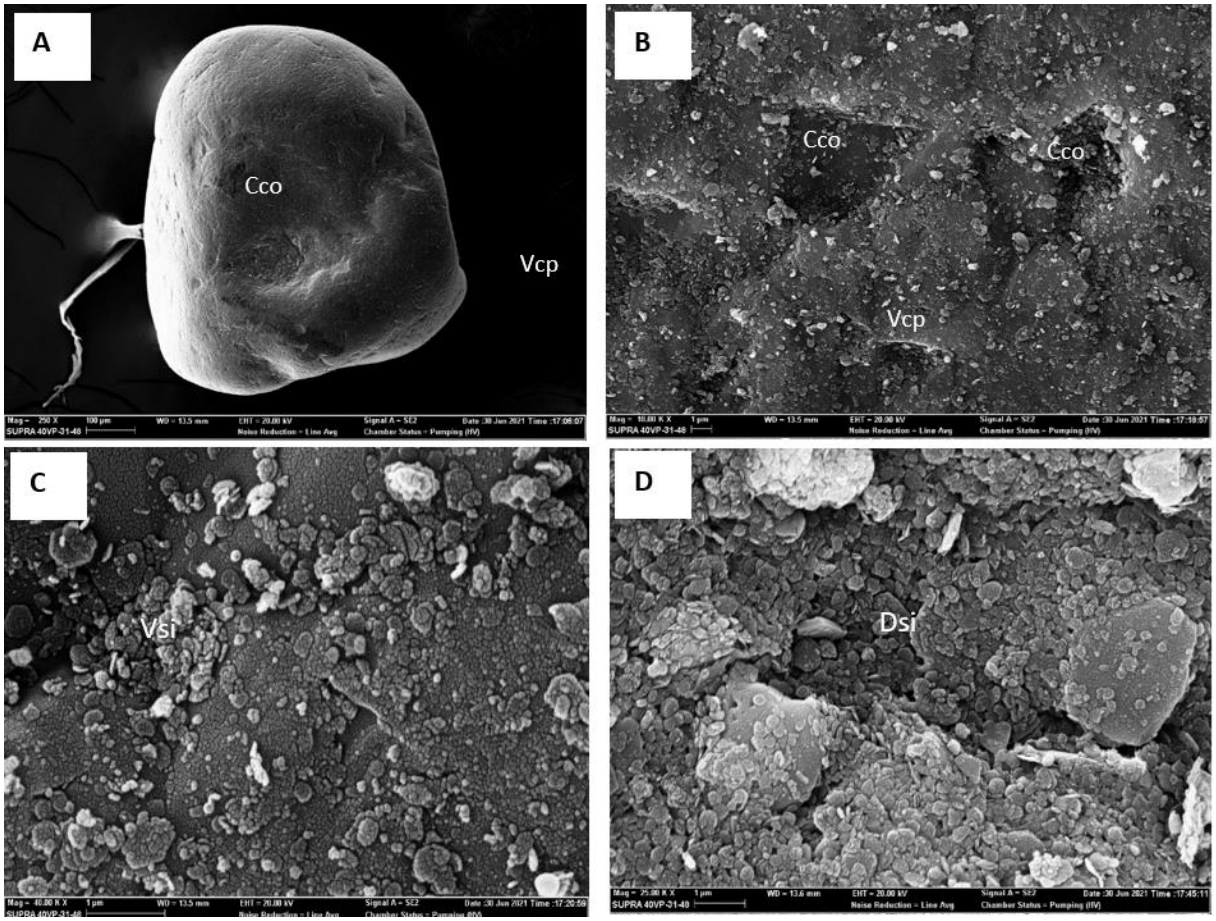


Fig. 4. ***A- Quartz émoussé luisant d'Inoni. B - Cassures conchoïdales (Cco); V de chocs polis (Vcp); C - V de choc à moitié rempli par un dépôt de silice (Vsi). D - Dépôts de silice comblant des cavités (Dsi)***

Le grain rond mat propre présente sur sa surface comme traces d'actions mécaniques, des croissants de chocs (fig. 5, B) sans aucune trace de polissage digne d'un milieu éolien antérieur. Les traces d'actions chimiques sont des cavités dues à la dissolution de quartz dans le milieu pédologiques (fig. 5, C). Ces cavités sont remplies par la silice (fig. 5, C et D). Les traces mécaniques et chimiques sont aussi camouflées par des dépôts de silices (fig. 5).

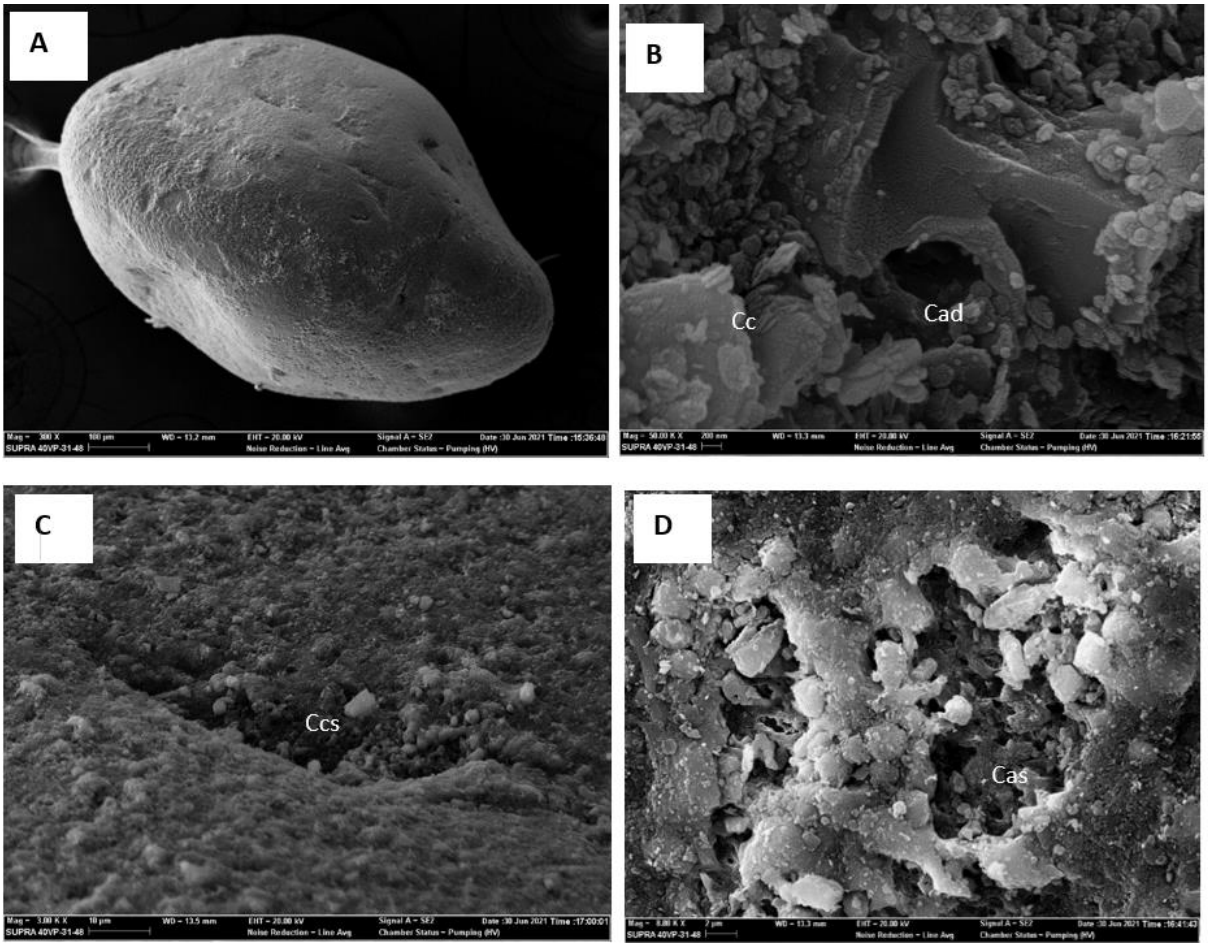


Fig. 5. A - Quartz rond mat propre d'Inoni. B - Croissant de chocs sans polissage (Cc); cavité due à des solutions dissolvantes (Cad); C - croissant de choc comblé par des dépôts de silice (Ccs); D.- Cavité remplie par la silice (Cas)

3.2.2 ÉTUDE EXOSCOPIQUE DES GRAINS DE QUARTZ DE LA LOCALITE DE LEFINI

A Léfini, trois grains de quartz ont été sélectionnés pour l'étude exoscopique: deux grains ronds mats propres et un grain émoussé luisant. Les grains ronds mats présentent comme traces d'actions mécaniques, des traces de chocs (fig. 6, A et B) et des cupules de chocs éoliens (fig. 6, C), qui se sont transformées en cavités par l'action des solutions dissolvantes et remplies de dépôt de silice (fig. 6).

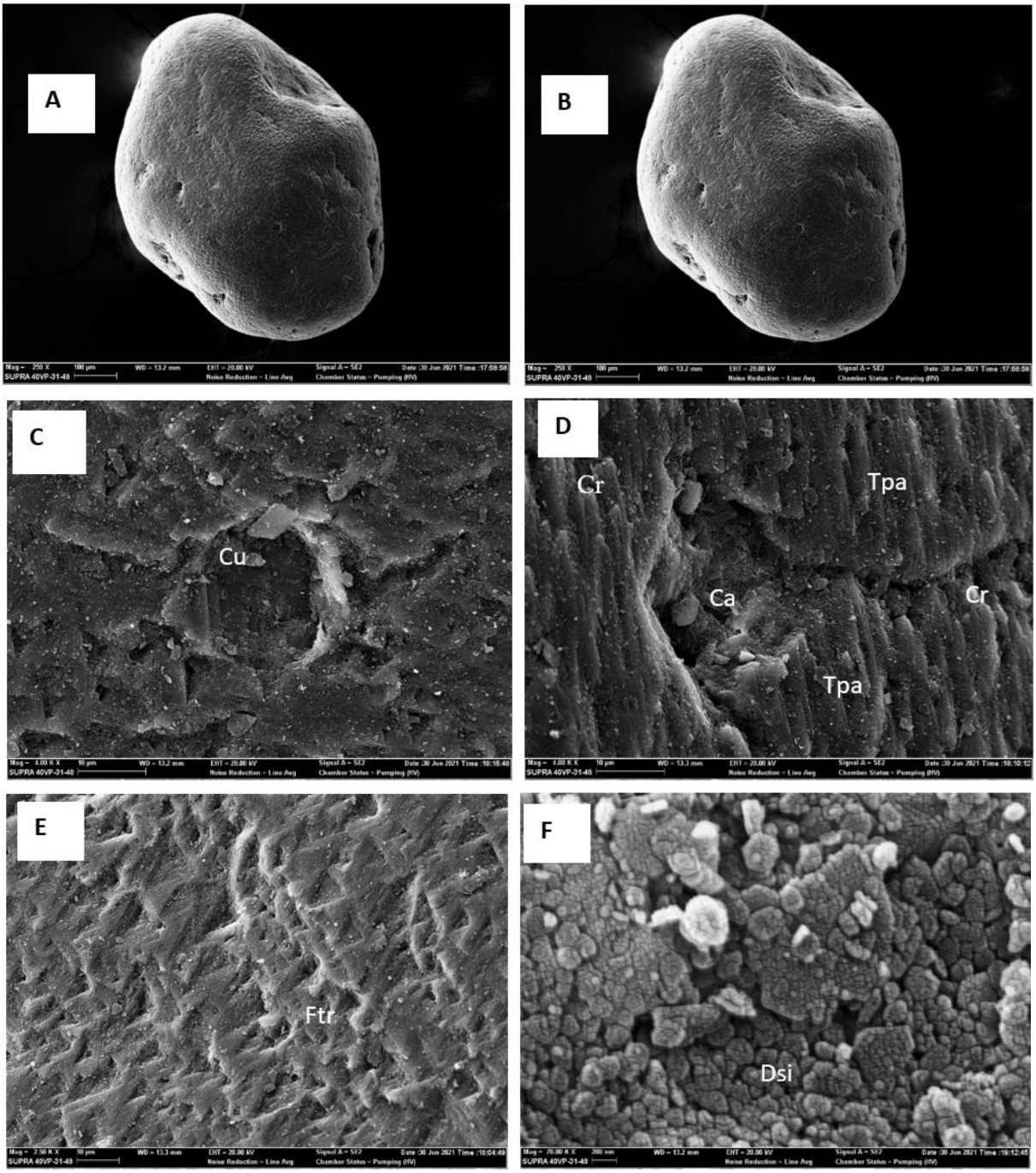


Fig. 6. A et B - Grains ronds mats propres à traces de chocs mécaniques; C- cupule de chocs (Cu); D – Cavité (Ca) recoupée par les traits parallèles (Tpa) dont les extrémités présentes des crêtes (Cr); E - s triangulaires issues d'actions chimiques (Ftr); F - Dépôts de silice (Dsi)

Les traces d'actions chimiques sont ici composées de traits parallèles et de figures triangulaires (fig. 6, C et D). Les traits parallèles forment des crêtes à leurs extrémités. Ces traces chimiques sont postérieures aux traces mécaniques vues qu'elles recoupent ces dernières.

Le quartz émoussé luisant montre sur sa surface des traces de chocs mécaniques polies (fig. 7, A) et des traces d'actions chimiques telles que les cavités de dissolution, les traits parallèles, les figures triangulaires (fig. 7, B et C) et des dépôts de fleurs de silices (fig. 7, D). Les figures triangulaires sont pour la plupart camouflées par les dépôts de silices (fleurs de silice).

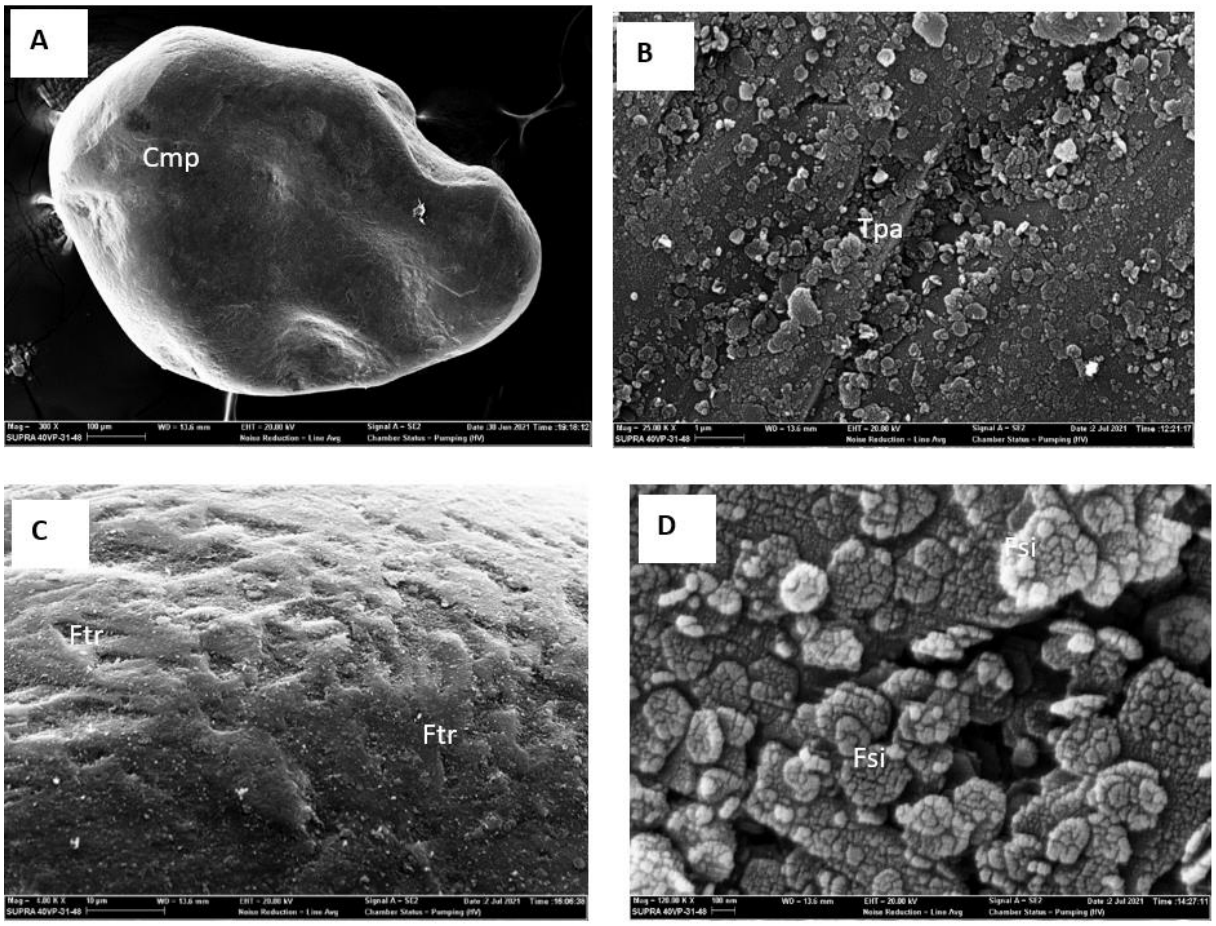


Fig. 7. A- quartz émoussé luisant à chocs mécanique polis (Cmp); B - traits parallèles avec des dépôts de silice (Tpa); C - figures triangulaires (Ftr); D - dépôts de silices (Dsi), fleurs de silice, (Fsi) dans une cavité de dissolution

3.2.3 ÉTUDE EXOSCOPIQUE DES GRAINS DE QUARTZ DE LA LOCALITE D'ONTSOUANKIE

Les grains de quartz choisis pour l'étude exoscopique sont des grains ronds mats au nombre de deux (fig. 8, A et B). Parmi ces deux grains, l'un est très bien arrondi et l'autre subarrondi. Ils présentent sur leurs surfaces des traces mécaniques de chocs dont certaines ont été polies dans le milieu fluviatile. Le grain A (fig. 8, A) montre une grande cavité sur sa surface due aux chocs mécaniques. Le grain B (fig.8, B) montre des traces de chocs polies. Les traces d'actions chimiques sont composées de traits parallèles et de figures triangulaires ainsi que de cavités dues aux solutions dissolvantes (fig. 8; C, D et E). La majorité de la surface des grains est recouverte par des dépôts de silice et parfois d'argile.

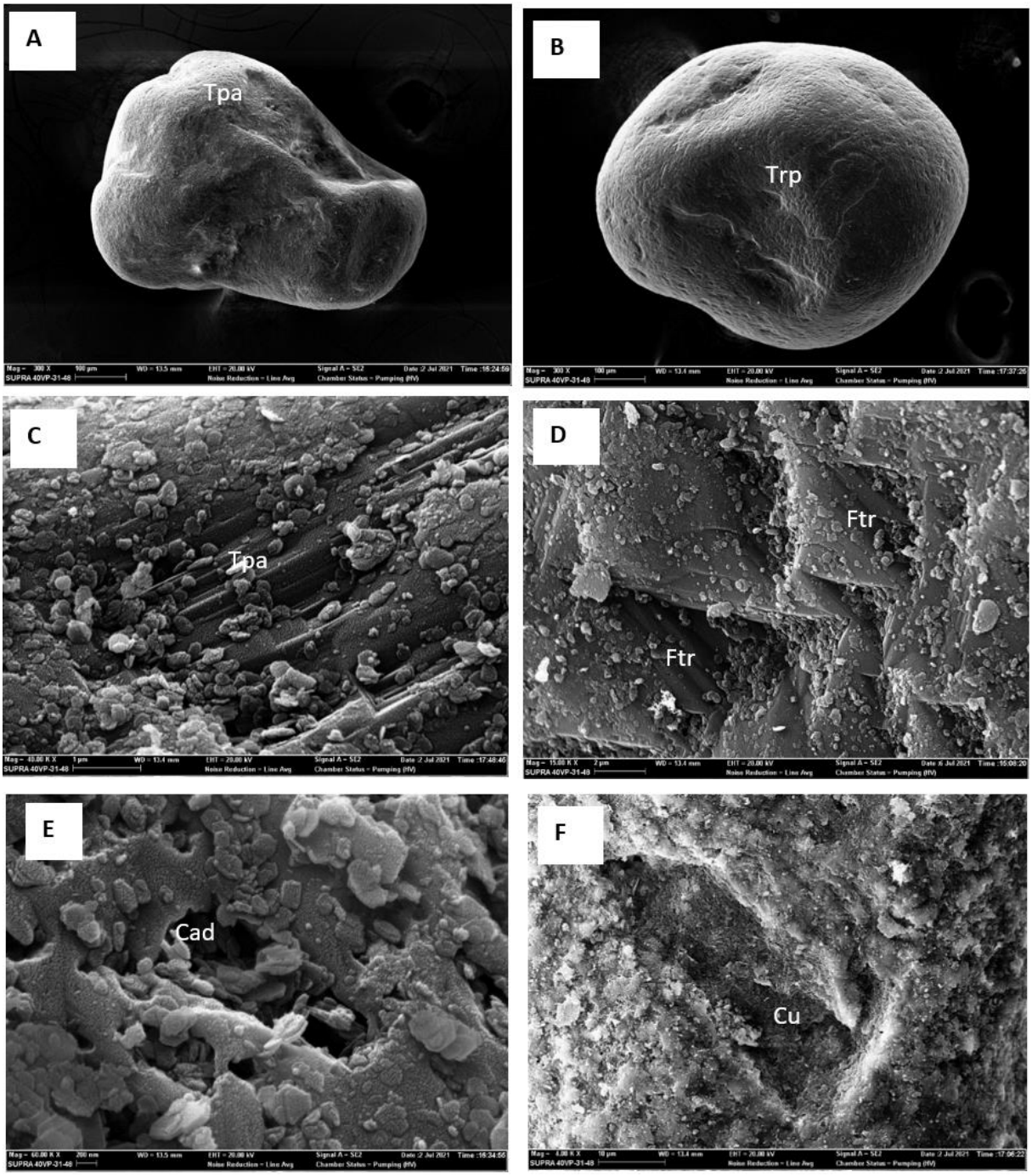


Fig. 8. A - Quartz rond mat propre subarrondi à cavité de choc polie (Cap); B - quartz rond mat propre très bien arrondi avec quelques traces mécaniques polies (Trp); C -traits parallèles (Tpa) développés dans une trace mécanique recouverte partiellement de dépôts de silice; D - figures triangulaires (Ftr) avec des dépôts d'argiles; E - Cavités de dissolution (Cad) à dépôts de silice et d'argile; F - cupule de choc (Cu) éolien recouverte d'argile

4 DISCUSSION

L'étude morphoscopique des sables de la formation de couverture révèle la présence des différents types de grains: des grains émoussés luisants (EL), des grains ronds luisants (RL), des grains ronds mats propres (RM), des grains ronds mats sales (RS) et des grains non usés (NU). Les grains ronds mats propres (RM), les grains ronds mats sales (RS) et grains ronds luisants (RL) sont une sphéricité élevée, ils sont arrondis. Les grains ronds mats sont les plus nombreux que les luisants, tandis que les non usés (NU) sont très rares dans les sédiments. Les grains émoussés luisants sont subarrondis. Les grains ronds mats

présentent plusieurs marques de chocs. Ces résultats sont comparables avec ceux de [7]. Les grains ronds mats sales (RS) portent un ciment ferrugineux sur leur surface. Cette caractéristique, selon [18], [24], [25], suggère que ces sables ont été remaniés. Ces résultats montrent que ces sables ont subis un transport en deux phases, la première phase éolienne et la seconde fluviatile. Les proportions non négligeables des grains ronds luisants (RL) et des grains émoussés luisants (EL), montrent que ces dépôts éoliens ont été remaniés par une phase humide. Ce résultat est proche de ceux obtenus par [26] sur les formations superficielles de la cuvette congolaise en République du Congo.

Selon [18], il peut arriver que des grains déposés par l'eau ou par le vent à une époque ancienne, puis inclus dans des grès ou, restés meubles, aient été ensuite, du fait de l'érosion, incorporés à des dépôts plus récents, quaternaires ou actuels, et mélangés dans ceux-ci à des apports neufs. Quoi qu'il en soit, les sables de la formation de couverture dans les Plateaux Batéké sont des sables remaniés. Ainsi, ces sables mis en place par le vent ont été repris par l'eau, donc ont subi deux types de transports, par le vent (environnement éolien) et par l'eau (environnement fluviatile).

L'étude exoscopique montre que la surface des grains de quartz sont marquées par des microstructures résultant des actions mécaniques et chimiques. Les traces d'actions mécaniques sont représentées par des croissants de chocs, cupules de chocs, cassures conchoïdales, des « V » de chocs, des croissants de chocs. Les traces d'actions chimiques sont caractérisées par les figures de dissolution, les figures triangulaires, les traits parallèles, surface des grains recouverte des dépôts de silice, fleurs de silice et parfois des dépôts d'argile. Les traces d'actions mécaniques et chimiques sont camouflées pour la plupart des dépôts de silice. Les grains de quartz ronds et mats présentent des croissants de chocs sans polissage, des traces de chocs sans polissage, et des cupules de chocs. Ces marques montrent que ces grains ont été transportés et déposés par le vent, milieu éolien ([20], [21], [22], [27]). Les traces parallèles traduisent une circulation dirigée des solutions dissolvantes dans les horizons pédologiques où il y a corrosion du quartz ([16], [20], [21]). Ces dissolutions témoignent d'une circulation des solutions sous-saturées en silice dissoute et riche en éléments dissolvants [20]. Les traits parallèles de même orientation traduisent une seule phase d'immobilisation dans l'environnement pédologique [21].

Les grains de quartz émoussés luisants présentent des cassures conchoïdales, traces de chocs et des V de chocs polis. Ces marques suggèrent un caractère aqueux, milieu fluviatile ([16], [20], [21], [22], [27]). Certaines traces de chocs et V de chocs bien polis sont héritées du milieu éolien. Mais ce passage s'est fait après une phase d'immobilisation dans le milieu pédologique marquée par des traits parallèles. Ceci traduit le passage des sédiments (quartz) dans le milieu fluviatile, par remobilisation par l'eau dans le milieu pédologique, dans lequel ces sédiments ont connu une nouvelle évolution ([16], [20], [21]). Ces résultats sont proches de ceux de [28], en République Démocratique du Congo qui, ont trouvé au MEB, certains grains de sables des sables ocres subarrondis à subangulaires qu'arrondis (comme attendu pour les sables éoliens) et des grains en partie corrodés par des dissolutions dans l'eau.

Les traces d'actions chimiques telles que, la silice en se déposant non seulement dans les cavités mais aussi sur les faces planes, et les figures de dissolutions recouvertes d'importants dépôts de silice et la majorité des traces de chocs hérités d'évolution antérieure (éolienne), ces critères font preuve d'une évolution dans un milieu aquatique de faible énergie, postérieure à la dissolution pédologique [20]. La présence remarquable les fleurs de silice à la surface des grains, de telles structures (fleurs de silice), selon ([16], [20]), traduisent une immobilisation du grain dans un environnement sursaturé en silice, milieu pédologique podzolique ([21], [24]). Les fleurs de silice marquent une deuxième phase d'immobilisation, dans le milieu pédologique (podzolique) sursaturée en silice, après altération pédologique [24].

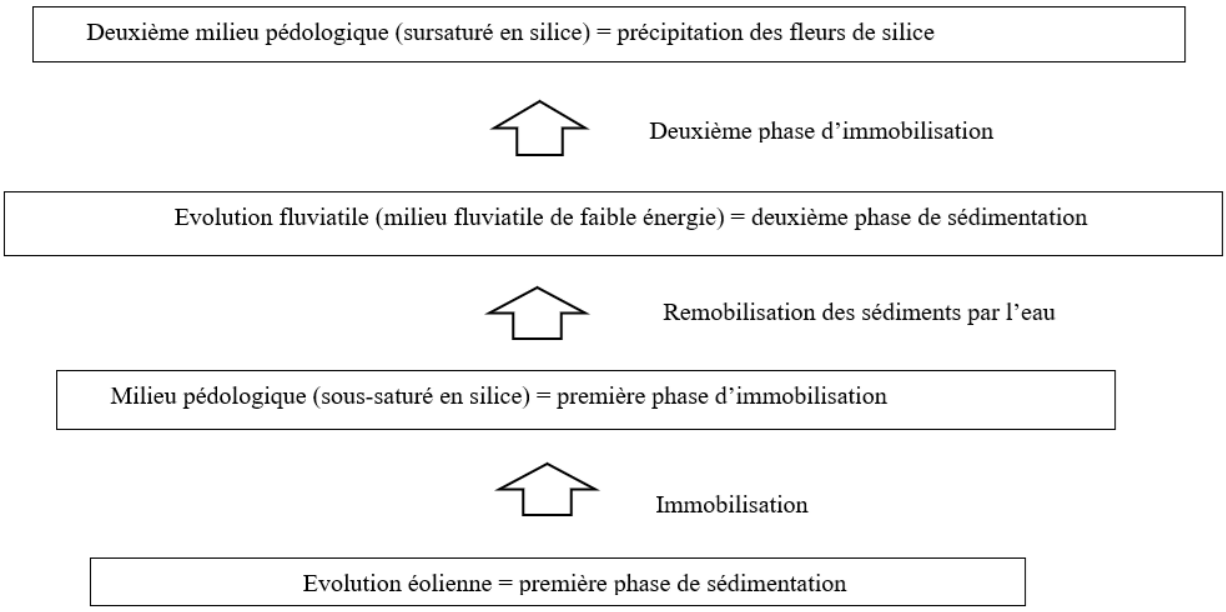


Fig. 9. Etapes de l'évolution sédimentaire des grains de quartz

Ces grains de quartz ont connu deux phases d'immobilisation dans les milieux pédologiques, la première après le façonnement éolien, milieu pédologique sous-saturé en silice marqué par les solutions dissolvantes et la seconde, après le façonnement dans le milieu fluviatile, environnement pédologique podzolique marqué par la précipitation des fleurs de silice.

Les résultats l'étude exoscopique confirment les résultats de l'étude morphoscopique par l'existence des traces d'actions mécaniques et chimiques sur la surface des grains. Ces traces permettent de spécifier le milieu où ces actions se sont produites (aérien ou fluviatile). Ils permettent de déduire les paléoenvironnements et par conséquent les paléoclimats ayant régner lors de la mise en place du dépôt des sables de la formation de couverture dans les plateaux Batéké. Le premier dépôt, de nature éolienne s'est effectué pendant une phase climatique sèche, donc aride. Tandis que le deuxième dépôt, dans le milieu fluviatile, a eu lieu pendant une phase climatique humide. Les deux phases climatiques seraient séparées par un épisode climatique chaud et humique marquant la première immobilisation dans le milieu pédologique.

Au regard de ces résultats, la période climatique aride à l'holocène, vers ca 3.000 BP, à laquelle est rattaché l'âge de la formation de couverture déterminé au Gabon ([12]), ne serait pas totalement sèche. Il ait eu variation du climat en évoluant en phase humide, de courte durée, pendant laquelle s'est effectué le dépôt fluviatile. Le caractère stable du climat à l'holocène supérieur est appelé à la révision par rapport un nombre croissant d'archives qui témoignent des changements brusques du climat [14]. Certains auteurs tels que, [29], affirment que les données paléoenvironnementales indiquent que le bloc forestier de l'Afrique centrale a été affecté par la crise climatique au cours de l'holocène, d'abord en sa périphérie vers 4.000 BP et plus tard en son centre vers 2500 BP. En plus, l'existence des refuges forestiers a été signalée pendant la phase aride ca 3.000 BP ([30], [31]). Ces indices sont en faveur des variations climatiques pendant la crise climatique holocène et que l'intensité de cette aridité n'a pas été homogène sur l'ensemble du Bassin du Congo.

5 CONCLUSION

Les études morphoscopique et exoscopique des grains de sables de la formation de couverture dans les plateaux Batéké mettent en évidence plusieurs épisodes de sédiments. Les grains de quartz ronds mats traduisent d'abord une évolution dans un milieu éolien où ils été sédimentés. Par la suite, ce dépôt éolien a été repris par l'eau, en évoluant dans le milieu fluviatile, donnant les grains émoussés luisants. Ces différentes assertions sont soutenues par les traces mécaniques de types éoliens et fluviatiles dont certaines traces éoliennes ont été polies dans le milieu fluviatile. Les traces chimiques telles que les figures triangulaires, les cavités dissoutes et les traits parallèles traduisent en occurrence un milieu pédologique sous-saturé en silice. Cet environnement sous-saturé en silice a évolué, au cours des temps géologiques, en environnement pédologique sursaturé en silice qui a permis la précipitation de fleurs de silice sur la plupart des grains de quartz. L'histoire sédimentaire de ces sables montre que la crise climatique holocène, vers de 3.000 BP, période aride, à laquelle est rattachée l'âge de la formation de

couverture, n'a pas été totalement sèche. Le climat a connu une variation en évoluant en phase humide matérialisée par l'évolution fluviatile des sédiments.

REMERCIEMENTS

Les auteurs adressent leur reconnaissance au Dr ASSALE FORI Yao Paul et son équipe de recherche, Laboratoire de Géologie, Ressources Minérales et Energétiques, Filière Géosciences des Environnements Sédimentaires et des Energies, UFR-STRM-Université Félix Houphouët Boigny de Cocody, Abidjan- Côte d'Ivoire, pour avoir nous accompagner dans les travaux d'analyses aboutissant à ce présent travail.

REFERENCES

[1] H. Bauer, Y Callec, F. Prognon, B. Issautier, J.-M. Schroette, D. Thiéblemont: Notice explicative de la carte géologique de la République du Congo à 1/200.000, Feuille Mbé-Ngabé. Éditions BRGM, 113p, 2015.

[2] B. Linol: Sedimentology and sequence stratigrapy of the Congo and Kalahari Basins of southcentral Africa and their evolution during the formation and break-up of West Gondwana. Unpublished PhD Thesis, Nelson Mandela Metropolitan University, 394p, 2012.

[3] P. Segalen, «Le remaniement des sols et mise en place de la stone – line en Afrique». Cah. ORSTOM, sér. Pédol. Vol VII, n°1.pp113-127. 1969.

[4] J. Cosson: Notice explicative sur la carte explicative de Pointe-Noire et Brazzaville. Carte géologique de reconnaissance à l'échelle de 1/100.000. Paris-France, 56p, 1955.

[5] P. Dadet: Notice explicative de la carte géologique de la République du Congo au 1/500.000 (zone comprise entre les parallèles 2è et 5è Sud). Mémoires du BRGM, Paris-France, 107p, 1969.

[6] F., Desthieux, F. Boudzoumou, F. Mompassa, E. Akiaoue, A. Missamou, Malera: Notice explicative de la carte géologique de la République du Congo au 1/100.000. Ministère des mines et de l'énergie, 27p, 1993.

[7] A. Le Maréchal: Contribution à l'étude des plateaux Batéké (Géologie, Géomorphologie, Hydrogéologie). ORSTOM Brazzaville, 43p, 1966.

[8] T. Miyouna, D. M. Malounguila-Nganga, O. F. Essouli, A. J. Ndembe-Ndembe, J. Moussiessie, Kinga-Mouzeo, et al., «Etude Paléoenvironnementale des dépôts détritiques de la Formation de couverture du bassin côtier du Congo». Rev. CAMES, Vol. 04 (1), pp.35 -44, 2016.

[9] T. Miyouna, H. Elenga, F. Boudzoumou, O.F Essouli, A.I. Gnianga, «Dynamique sédimentaire de la formation de couverture de Pointe Noire à Brazzaville, Sud de la République du Congo». Afrique Science, vol.15 (4), pp.134-155, 2019.

[10] Y. Callec, H. Bauer, F. Paquet, F. Prognon, B. Issautier, J-M. Schroetter et al.: Notice explicative de la carte géologique de la République du Congo à 1/100.000, Feuille Brazzaville. Éditions BRGM, 126p, 2015.

[11] Ngakosso Ngolo, J.N., Elenga, H., Malounguila Ganga, D., Miyouna, T., Mambou, J.R., & Malanda, E. «Sedimentology and Mineralogy of Surface Formations of the Mossendjo Area (Republic of Congo): Paleoenvironmental and Paleoclimatic Implications». Open Journal of Geology, vol. 11, pp.471-493, 2021.

[12] D. Thiéblemont «Evidence for an aeolian origin of the holocene lateritic surface cover of Gabon (central Africa) ». Quaternary international 296, pp 176-197, 2013.

[13] D. Schwartz: Changements climatiques holocènes en Afrique centrale. Relation avec le peuplement humain: Quoi de neuf ? Actes du séminaire-atelier, Orléans (France), 15 et 16 /10/1998. Groupe Ecofit. IRD éditions, colloques et séminaires, Paris (France), pp. 157-168, 2003.

[14] F. Marret, J. Maley, J. Scourse, «Climatic intability in west equatorial Africa during the Mid-and late holocène». Quaternairy International, 150, pp. 71-81, 2006. DOI: 10.1016/j. quaint.2006-01.008.

[15] J. Runge, «Des déserts et des forêts, histoire du paysage et du climat de l'Afrique Centrale au Quaternaire supérieur». Géo-Eco-Trop, 31, pp. 1-18, 2007.

[16] L. Le Ribault: L'exoscopie des quartz. Techniques et méthodes sédimentologiques. Masson, Paris (France), 150p. 1977.

[17] A. Cailleux, «Distinction des sables marins et fluviatiles». Bull. Soc. Géol. Fr, 5ème série XV, pp. 375-404, 1947.

[18] G. Ritchot et A. Cailleux, «Taxonomie, géomorphologie et morphologie des sables du Québec méridional». Cahiers de géographie du Québec, vol 15 (36), pp.423-438, 1971. DOI: 10.7212/020980ar.

[19] H. Chamley et J-F. Deconinck: Les bases de la sédimentologie. Dunod, 3ème édition, Paris (France), 213p, 2011.

[20] L. Le Ribault: Exoscopie: Méthodes et applications. Compagnie française des pétroles, Notes et Mémoires, 218 p. 1975.

[21] L. Le Ribault, « Exoscopie et endoscopie des quartz d'origine détritique». Soc. Itatliano Mineralogia e petrographia, Milano, Vol. XXX, (1), pp.373-416, 1974.

[22] R. Clocchatti, L. Le Ribault et L. A. Rodrigo, «Endoscopie et exoscopie des grains de quartz des formations pliocène et du quaternaire de la PAZ (Bolivie) ». Cah. ORSTOM., Sér. Géol., Vol. X, (1), pp.127-143, 1978.

[23] E. Debard, «Exoscopie des grains de quartz». In: Nouvelles archives du muséum d'histoire naturelle de Lyon, tome 25, pp. 97-100, 1987.

[24] F. Girolimetto, «Aspects de la sédimentologie des sables tertiaires à l'ouest de la Meuse de Dinant». Annales de la société géologique de Belgique, T.105, pp. 249-257, 1982.

[25] A. Guilcher, «L'étude morphologique des sables et cailloux». In: Annales de Géographie, Tomme. 54, n°294, pp. 116-117, 1945. Doi: https://doi.org/10.3406/geo.1945.12902.

[26] J.N. Ngakosso Ngolo: Apport de l'étude des formations superficielles aux reconstitutions paléoenvironnementales et paléoclimatiques: Application aux séries alluvionnaires du massif du Chaillu et de la Cuvette congolaise (République du Congo). Thèse de doctorat unique, Faculté des Sciences et Techniques, Université Marien Ngouabi, Brazzaville, République du Congo, 277 p, 2022.

[27] K. Vos, N. Vandenberghe, et J. Elsen, «Surface textutral analysis of quartz by scanning electron microscopy (SEM): From sample preparation to environnemental interpretation». Earth-science reviews 128, pp. 93-104, 2014.

[28] F., Guillocheau, R., Chelalou, B. Linol, O. Dauteuil, C. Robin, F. Mvondo: Cenozoic Landscape Evolution in and Around the Congo Basin: Constraints from Sediments and planation Surface. In MJ. De Wit et al. (Eds), Geology and resource potentiel of the Congo bassin, Regional Geology Reviews, pp. 271-313, 2015. Springer-Verglay Berlin Heidelberg. DOI: 10.1007/978-3-642-29482-2_14.

[29] K. Bostoen, B. Clist, C. Doumenge, R. Grollemund, J.M. Hombert, J. Koni Muluwa: «Middle to Late Holocene Paleoclimatic Change and the Early Bantau Expansion in The Rain Forst of Western Central Africa». Current Antropology, Vol. 56 (3), 354- 384, 2015.

[30] J. Maley, «Fragmentation de la forêt dense humide africaine et extension des biotopes montagnards au Quaternaire recent: nouvelles données polliniques et chronologiques. Implications paléoclimatiques, chronologiques et biogéographiques». Paleoecology of Africa, 18, pp.307-334, 1987.

[31] A. Vincens, «Diagramme pollinique d'un sondage pléistocène-Holocène du lac Bogoria (Kenya) ». Rev. Pleobot. Palynol., 47, pp.169-192, 1986.

International Journal of Innovation and Applied Studies
ISSN 2028-9324 Vol. 43 No. 2 Aug. 2024, pp. 423-430
© 2024 Innovative Space of Scientific Research Journals
http://www.ijias.issr-journals.org/

Efficiency of the feed additive ALPHA-BIO+ as an alternative to antibiotics on the eggs production performance of the layer LHOMAN Brown

Coulibaly Assetou Ya[1], Soro Ouation Souleymane[2], Ouattara N'Golo[1], and Nadiara Diabaté[1]

[1]Université Nangui Abrogoua, Unité de Formation et de Recherches des Science de la Nature, Laboratoire de Biologie et Cytologie Animales, 02 BP 801 Abidjan, Côte d'Ivoire

[2]UFR Science de la Nature, Université Péléforo Gon Coulibaly, Unité de Formation et de Recherches en Sciences Biologiques, Département de Biologie Animale, BP 1328 Korhogo, Côte d'Ivoire

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

ABSTRACT: The growing problem of antibiotic resistance calls into question practices related to the use of antibiotics. Their large-scale use to accelerate the rapid growth of food animals is of increasing concern to researchers. Currently, several studies are being carried out to find biological solutions as an alternative to the use of antibiotics in poultry farm. It is within this framework that the present study falls, the objective of which is to evaluate the effectiveness of an organic product, ALPHA-BIO+, on the production parameters of Lohmann Brown laying hens. Thus, two batches (control and experimental) subdivided into triplicate were formed from a sample of 458 animals. Thus, a classic breeding protocol with the use of antibiotics was applied in the control batches. As for the experimental batches, they received the food additive ALPHA-BIO+. The technical data obtained were subjected to statistical analyzes in order to assess the effectiveness of ALPHA-BIO+ on the animals zootechnical parameters. Indeed, in terms of ingested food, the values obtained varied from 97.7 to 120.87 g for the control batch and from 94.12 to 114.95 g for the experimental batch. Regarding the laying rate, the two batches reached peak laying between the 30th and 32nd weeks of age with 95.24% for the control batch and 98.54% for the experimental batch. However, the conversion indices did not show a significant difference between the two batches. According to the results, the food additive ALPHA-BIO+ could help reduce the use of antibiotics in poultry farms.

KEYWORDS: Feed additive ALPHA-BIO+, Alternative, Antibiotic, Eggs production, layer Lohmann Brown.

1 INTRODUCTION

Poultry products are very important because they contribute to a balanced diet through their supply of animal proteins [1], [2]. The FAO has also shown that protein deficiencies, particularly of animal origin, are among the most widespread nutritional deficiencies in the world [3]. Poultry farming has emerged in recent years as a solution to meet the ever-increasing demand for protein of animal origin for many countries in tropical regions and particularly in Africa [4]. Côte d'Ivoire is no exception. Indeed, national poultry production covers 96% of poultry meat needs and 100% of consumption egg needs [5]. Egg is one of the foodstuffs of animal origin richest in protein and contains all the essential amino acids in balanced proportions [6]. One egg can cover around 10% of our daily protein and mineral needs [7]. However, the booming poultry industry knows difficulties linked to health problems. Several pathologies are observed in the poultry world with a dominance of bacterial diseases [8]. To fight against these bacteria, breeders overuse antibiotics without calling a veterinarian for the most part [9]; [10]. This misuse of antibiotics creates resistances [11]. Furthermore, failure to respect the waiting period after use constitutes a public danger. Indeed, this exposes consumers to antibiotics residues in foods of animal origin. This could cause hypersensitivity or intoxication by favoring the selection of bacteria resistant to subsequent treatments [9]. To overcome this human health problem while reducing production costs, a biological solution could be considered. It is in this context that the ALPHA-BIO+ food additive made from rhamnolipids and trace elements comes into play. This food additive could significantly contribute to reducing the use of synthetic antibiotics in poultry farms. It could therefore, in the long term, be an effective means of

Corresponding Author: Coulibaly Assetou Ya

improving the profitability and the quality of poultry farms products. The objective of this work is to evaluate the efficiency of the feed additive ALPHA-BIO+ on the production parameters of the layer Lohmann Brown

2 MATERIAL AND METHODS

2.1 MATERIAL

2.1.1 STUDY ZONE

This study was carried out at NANGUI ABROGOUA University (Figure 1) from February 2022 to July 2023. The University is located on the Abobo-Adjamé axis in the Autonomous District of Abidjan, in the South East of the Côte d'Ivoire). The District has coordinates of 5.360° and 5.440° of North latitude and 4.050° and 3.960° of West longitude.

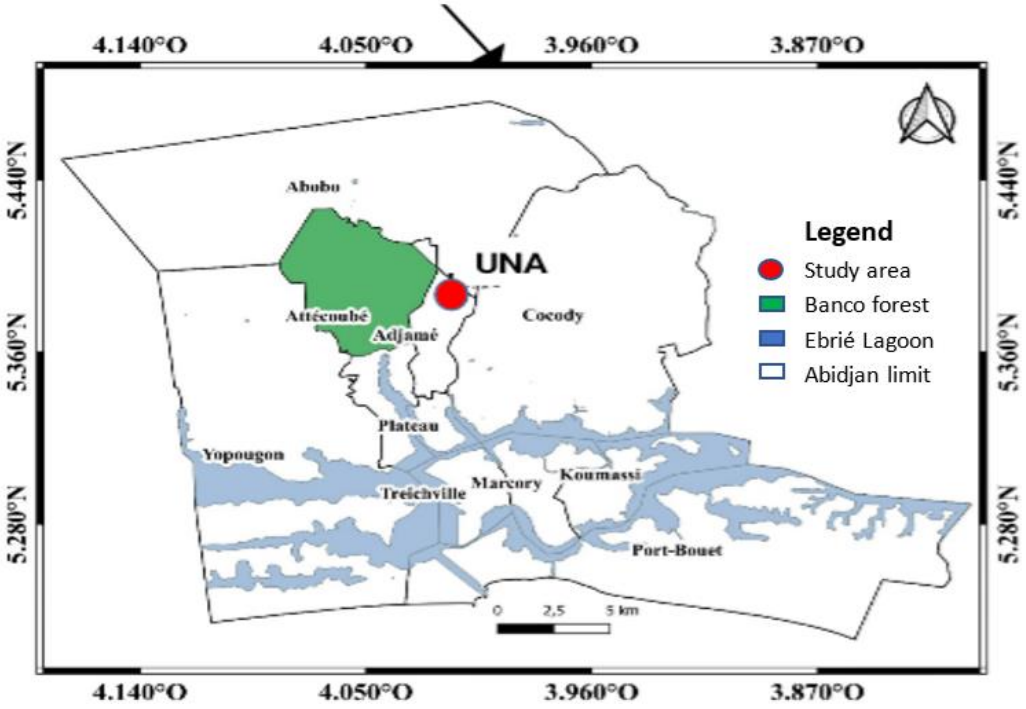


Fig. 1. Location of the study area

2.1.2 WORKING MATERIAL

The experiment took place in a building of NANGUI ABROGOUA University poultry farm.

This building of 105 m2, 15 m long and 7 m wide, was used for breeding animals. The biological material concerned 498 layers Lohmann Brown and the feed additive ALPHA-BIO+. ALPHA-BIO+ is a biological solution rich in Rhamnolipids and trace elements in addition to having very high electrical conductivity (718 µS/cm). In particular, it provides phosphorus, a mineral which gives energy and contributes to good bone health, and iron, useful for preventing anemia. This food additive contains copper and manganese which, combined with iron, contributes to blood regeneration. It also contains phosphorus, sodium and calcium essential for the formation of bones and the proper functioning of cells. ALPHA-BIO+ also contains magnesium which is excellent against fatigue and lack of mobility and zinc which helps to stimulate the immune system. Table I illustrates the chemical composition of ALPHA-BIO+.

Table 1. Chemical composition of the food additive ALPHA-BIO+

Parameters	Values
PH	6.89
pH measurement temperature °C	28.2
Electrical conductivity at 25°C (µS/cm)	718
Total Nitrogen % (mg/100mL)	5.43
Phosphorus Total-P2O5% (mg/100mL)	0.752
Potassium-K2O % (mg/100mL)	0.834
Calcium (mg/L)	11.12
Magnesium (mg/L)	0.95
Sodium (S/T) (mg/L)	4.78
Iron (S/T) (mg/L)	1.92
Cobalt (S/T) (mg/L)	0.079
Mn (mg/L)	0.15
Copper (mg/L)	0.287
Cadmium (S/T) (mg/L)	0.031
Lead (S/T) (mg/L) <	0.001

The food range, *Ponte 20* of the IVOGRAIN® animal feed production unit, an entity of the company SIPRA (Société Ivoirienne de Production Animale) was used during this study to feed the animals. Table II shows the bromatological composition of the food.

Table 2. II: Bromatological composition of laying food 20

Compositions	Values
Metabolizable energy (Kcal/Kg)	2768.09
Crude protein (%)	17
Crude fat (%)	5
Raw ash (%)	13
Crude fiber (%)	4.7
Calcium (g/Kg)	34.9
Total phosphorus (g/Kg)	5.8
Sodium (%)	0.17
Vitamin A (IU/Kg)	9000
Vitamin D3 (IU/Kg)	2250
Vitamin E (IU/Kg)	18.5

For this study, 2nd age feeders and drinkers used respectively to feed and water pullets. Egg-laying nest and alveolus were used for laying and collecting eggs respectively. An SH-125 brand electronic scale with a capacity of 5000 ± 1g was used for weighing the eggs. A UNIQUE® brand electronic scale with a capacity of 40,000 ± 2g was used to weigh the pullets and the food distributed.

2.2 METHODS

2.2.1 EXPERIMENTAL PROTOCOL

This study required the use of two batches of 249 pullets each due to five (05) animals per m^2. Among the two batches, one served as a control and the second as an experimental batch subjected to the food additive ALPHA-BIO+. Each batch was subdivided into three (3) sub-batches of 83 pullets. The experimental batch and the control batch were conducted in the same building and the same conditions. Water and food were served to both batches in the same proportions while, however, evaluating the quantities of food actually consumed in each batch. Indeed, from a pre-laying food at the start of the experiment (at the age of 18 weeks), a transition was made to move to a laying food (*Ponte 20*) from 2% laying until the end of the experiment. The food distribution was carried out during the cold hours of the day, particularly morning and night. Water was available during the experimental period. In the experimental batch, the food additive was added to drinking water over a

period of three (3) to five (5) days every three weeks. However, if disease is suspected, the additive is used to prevent the problem. For each treatment, ALPHA-BIO+ is used at a rate of 2 ml/l of water. As for the control batch, its health monitoring was carried out in accordance with the medical prophylaxis program of the hatchery supplying the chicks. Indeed, for this batch, vaccines and antiparasitics were used to prevent and/or treat viral and/or parasitic diseases. Also, in this batch, antibiotics were used each time a health problem of bacterial origin occurred. A light program has been put in place. From 12 hours of natural light, the hens were stimulated by going to 14 hours of light from the 18th week and then to 15 hours of light at the end of the 19th week. The launch of light stimulation took into account the live weight of the pullets. Indeed, the light stimulation was carried out when the pullets recorded an average weight of 1400 g. At the time of laying, egg collection was done five times a day. Each evening after service, the number of eggs laid and the average egg weight are determined for each batch.

2.2.2 ZOOTECHNICAL PARAMETERS

2.2.2.1 INGESTED DAILY FOOD

The individual food ingested was determined by the difference between the quantity of food served and the refusals according to the following formula:

$$Food\ ingested\ (g) = \ quantity\ of\ food\ served\ (g) - \ quantity\ of\ food\ refused\ (g)$$

2.2.2.2 EGGS WEIGHT

Each day, 10% of the eggs laid were weighed to determine the average weight. Double-yolked eggs, small eggs, and abnormal eggs were not considered in the weighing. The average egg weight is determined by the following formula:

$$PMO\ (g) = \ P10\% \frac{g}{N}$$

PMO = Average egg weight
$P_{10\%}$ = Weight of 10% of eggs laid
N = Number of eggs weighed

2.2.2.3 CONVERSION INDEX

It provides information on food quality. This is the quantity of feed consumed to produce one kilogram of egg. It is obtained by the quantity of food consumed compared to the weight of all eggs laid over a given period.

$$IC = \frac{Quantity\ of\ food\ consumed\ over\ a\ period}{Weight\ of\ all\ eggs\ produced\ over\ this\ period}$$

2.2.2.4 LAYING RATE

It makes it possible to evaluate the quality of the egg laying. It is determined by the number of eggs laid per day in relation to the number of hens present at the start of the day.

$$Laying\ rate\ (\%) = \frac{Number\ of\ eggs\ laid\ during\ the\ day}{Number\ of\ hens\ at\ the\ start\ of\ the\ day} X\ 100$$

2.2.2.5 MORTALITY RATE

It is determined by the number of dead animals out of the total number of animals.

$$Mortality\ rate\ (\%) = \frac{Number\ of\ dead\ animals}{Total\ number\ of\ animals} X\ 100$$

2.2.2.6 STATISTICAL ANALYZES

The data collected was processed with Microsoft Office 2016 Excel software which was also used to construct the tables and figures. R-STUDIO software version 4.3.1. was used for statistical comparisons of the zootechnical parameter values of the two batches. Thus, average values of intake, conversion index and live weight were subject to a Fisher test while the proportions linked to laying intensity were subjected to a Khi-2 test. The significance level for these comparisons was 0.05.

3 RESULTS AND DISCUSSION

3.1 RESULTS

3.1.1 INGESTED FOOD

Figure 2 illustrates the food intake of the control and experimental batch. From the 18th to the 38th week of age, the food ingested by the control group was higher than that of the experimental group. The values obtained varied from 97.7 ± 13.95g to 120.87 ± 17.26g for the control batch and from 94.12 ± 13.44g to 114.95 ± 16.42g for the experimental batch. However, no significant difference was observed between the foods ingested from the two batches. ($p > 0.05$).

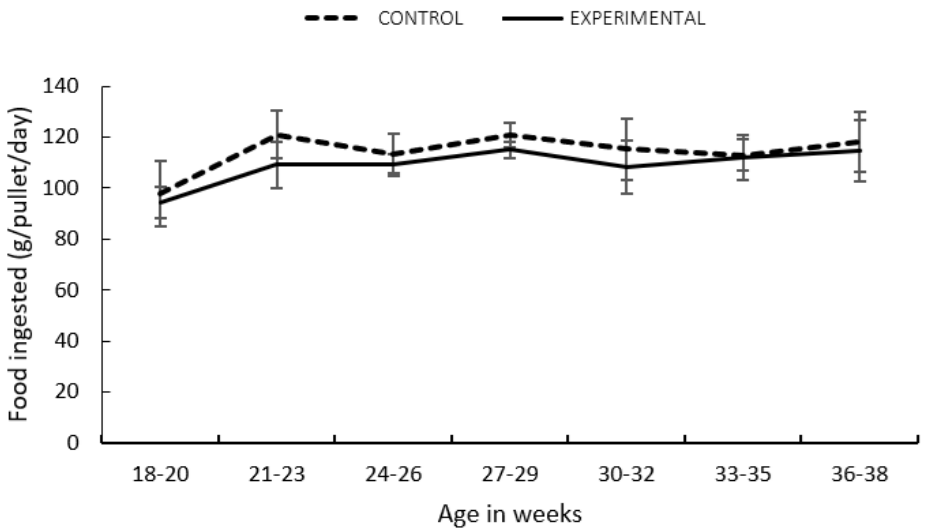


Fig. 2. Pullets food ingested evolution in the control and experimental batches from week 18 to week 38

3.1.2 CONVERSION INDEX

Overall, the comparison of the conversion index values of the control batch and the experimental batch showed no significant difference ($p > 0.05$). During this study, the highest values of the conversion index were recorded in the first two age intervals in each batch, in particular, the age interval 18-20 weeks and 21-23 weeks. For these two age groups, the values of the conversion index for the two batches varied between 2.19 and 2.34. For the other age groups, the conversion indices of the two batches varied between 1.92 and 2.08 (**Figure 3**).

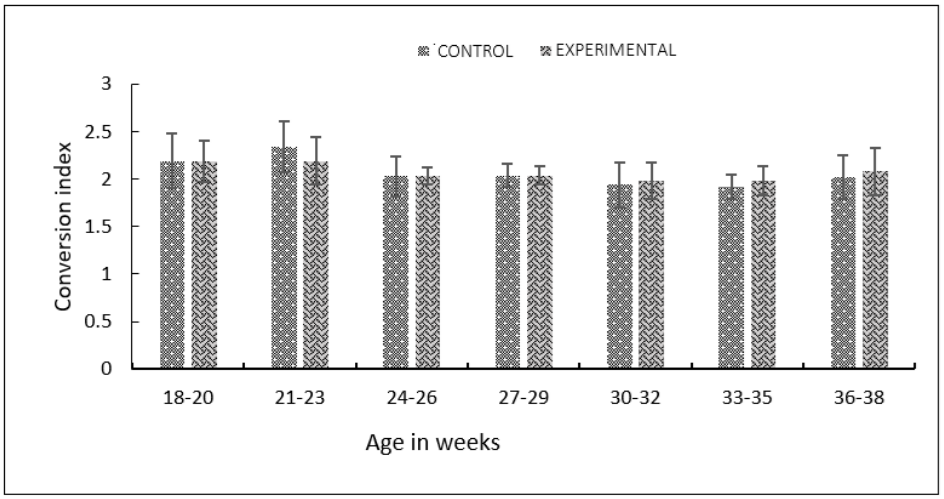


Fig. 3. Evolution of the conversion index of the control batch and the experimental batch from week 18 to week 38

3.1.3 LAYING RATE

Figure 4 illustrates egg production from the start of laying to 38 weeks of age. The laying rate of the two batches increases rapidly from the start of laying and reaches the peak of 95.24% for the control batch and 98.54% for the experimental batch during weeks 30 to 32. Statistical tests established no significant difference between the laying rates of the two batches from week 18 to 38 ($p > 0.05$).

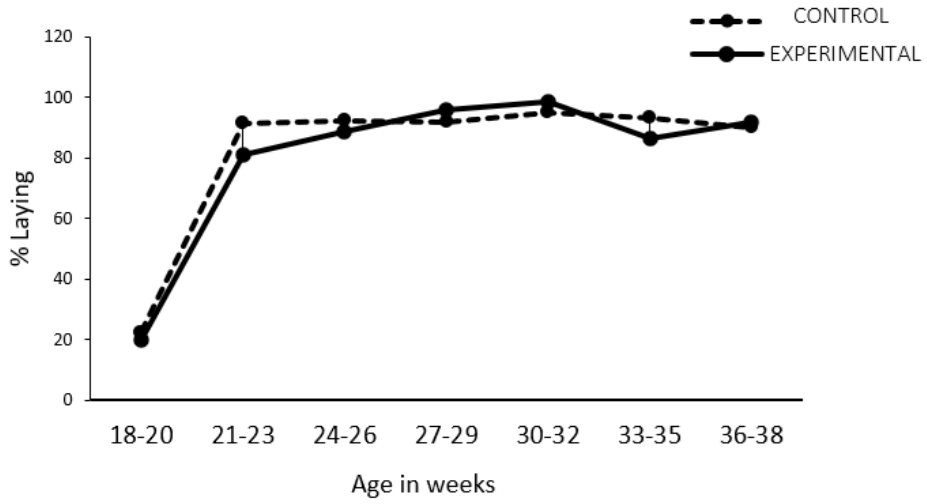


Fig. 4. Laying rate evolution of the control and experimental batches

3.1.4 AVERAGE EGG WEIGHT

The average egg weights of the two batches evolved increasingly over the entire period of the study. However, the average egg weight of the control batch was greater than that of the experimental batch over the entire study period although statistical analyzes showed no significant difference ($p > 0.05$).

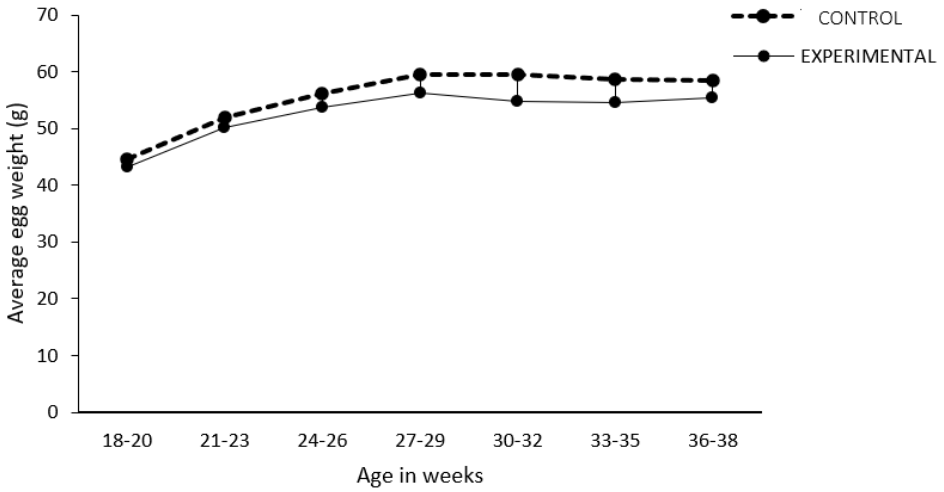


Fig. 5. Average egg weight evolution of the control and experimental batches on the study period

3.1.5 MORTALITY

No mortality was recorded during this study. In fact, the two batches in particular, the control batch and the experimental batch, did not record any cases of mortality during the study.

3.2 DISCUSSION

In this trial, the addition of the food additive ALPHA-BIO+ to the drinking water of the experimental batch did not reduce food intake, egg production and viability of the animals in this batch. En effet, pour l'ensemble des paramètres évalués, les valeurs obtenues chez les deux lots sont statistiquement similaires. This similarity in the zootechnical parameter values of the two batches could lead us to say that the feed additive does not have a negative effect on feed intake, conversion index, egg laying and animal viability. The food additive did not reduce the absorption capacity of nutrients at the intestinal mucosa and would also have allowed the subjects to better value the food. Indeed, containing in particular minerals and trace elements, phosphorus, potassium, calcium, magnesium, sodium, iron, cobalt etc., ALPHA-BIO+ seems to be an ideal food additive to optimize the productivity of poultry and particularly of laying hens. This is supported by the work of [12]. The work of these authors, on the effect of the source of zinc and manganese in the feed for laying hens on the quality of eggshell and bone, gave satisfactory results. Indeed, these trace elements did not degrade egg production, egg weight, feed consumption and feed efficiency. Furthermore, an improvement in the resistance to breakage of egg shells, particularly in the late phase of the laying cycle, from 62 to 70 weeks, was recorded. The beneficial effect of copper in poultry feed has been proven by the work of [13], [14]. According to these authors, a copper intake higher than nutritional requirements would improve the growth performance of broilers. In addition, work carried out by [15] showed that a diet enriched with 100 mg/kg of copper increased the response to primary antibodies against *Salmonella pullorum*. Zn is a trace element essential for the immune system and resistance to disease. A zinc deficiency would lead, according to [16], to involution of the thymus. Still according to them, this deficiency would be associated with an increase in the frequency of bacterial and viral infections. At the dietary level, zinc is a structural component of several enzymes and its availability seems necessary for the activation of these enzymesIt is also involved in the regulation of amino acid and protein metabolism. In addition, it contributes to the stabilization of the intestinal mucosa, the inhibition of the growth of certain pathogenic bacteria and also the improvement of the immune response against infections [17]. According to [17], copper and zinc are involved in the maintenance of cellular integrity, the expression of proteins associated with glutathione metabolism and oxidative stress in the intestinal tract. Still according to them, these compounds would have a beneficial effect on the digestibility of nutrients. In fact, they reduce diarrhea problems and coliform populations in the digestive tract. They also promote better growth performance by stabilizing the intestinal microflora and increasing the surface area of the intestinal villi compared to that of the crypts. The work carried out by [18] showed the beneficial effect of feed additives on the productivity of poultry and particularly laying hens. Indeed, the results of their study showed a significant improvement not only in production parameters, notably the laying rate, the weight of the egg, the rate of downgraded eggs but also in the quality of the egg. Additionally, other work has achieved similar results. These are the works of [19]. Indeed, these authors used feed additives in the feed of layers and all observed an improvement in production parameters. Furthermore, in addition to improving production parameters, [20] recorded a reduction in cholesterol levels in subjects who received a feed additive.

4 CONCLUSION

The use of the food additive ALPHA-BIO+ in drinking water on the productivity of laying hens Lohmann Brown gave satisfactory results. In fact, it did not reduce the viability of the animals. It also improved productivity, including laying rate, conversion ratio and egg weight. ALPHA-BIO+ would therefore be partly an alternative to antibiotics and a solution to improve the productivity of laying hens and reduce production costs.

ACKNOWLEDGMENT

I thank each of the co-authors for their contribution to the fieldwork, data analysis and writing of this article.

REFERENCES

[1] H. M. Salem and M. M. Attia, «Accidental intestinal myiasis caused by *Musca domestica* L. (Diptera: Muscidae) larvae in broiler chickens: a field study», *International Journal of Tropical Insect Science,* Vol. 41, no. 2, pp. 1 – 6, 2021.
[2] A. Mottet and G. Tempio, «Global poultry production: current state and future outlook and challenges», *World's Poultry Science Journal,* Vol. 73, no. 2, pp. 245-256, 2017.
[3] FAO, CÔTE D'IVOIRE: Revue du secteur avicole. Rome, 77p, 2008.
[4] T. Danho, A. Kacou, S.C. Bodjo, and E. Couacy-Hymann, «Amélioration de la Production en Aviculture Familiale: Cas de la Côte d'Ivoire: Dans: Improving Farmyard Poultry Production in Africa, Intervention and their Economic Assessment», IEA, Paris, France. pp. 107-114, 2006.
[5] IPRAVI, Poultry Directory, 4th edition, 2017. [Online] Available: http://www.ipravi.com), no. 2, pp. 5-25, 2017.
[6] Kouzoukende T.: Interrelation between hygiene and performance of broiler chickens in modern poultry farming in the Dakar region. Doctoral thesis. Cheikh Anta Diop University of Dakar, pp. 1-133, 2000.
[7] INRA, 2010. Animal productions review published by INRA: Particle size characteristics of food: the «point of view» (and touch) of poultry, 117 p.
[8] H. M. Hafez, «Emerging and re-emerging bacterial diseases in poultry: a review», Veterinary Medicine Austria /Wiener Tierärztliche Monatsschrift, Vol. 90 no. 7, pp. 174-181, 2003.
[9] R.B. Alambedji, Akakpo A.J., Teko-Agbo A., Chataigner B., Stevens B. and Gadin B., Residue control: example of antibiotics in food in Senegal. OIE Conference on Veterinary Medicines in Africa: Harmonization and improvement of distribution registration and quality control. Dakar, March 25 to 27, 11p, 2008.
[10] A. Caneschi, A. Bardhi, A. Barbarossa, A. Zaghini, «The Use of Antibiotics and Antimicrobial Resistance in Veterinary Medicine, a Complex Phenomenon: A Narrative Review», *Antibiotics,* Vol. 12, no. 487, pp. 1-26. 2023.
[11] S.E.P. Mensah, O.D. Koudande, P. Sanders, M. Laurentie, G.A. Mensah and F.A. Abiola, «Antibiotic residues and food of animal origin in Africa: public health risks», *Scientific and Technical Review/International Office of Epizootics,* Vol. 33 no. 3, pp. 975-986, 2014.
[12] S. Swiatkiewicz and J. Koreleski, The effect of zinc and manganese source in the diet for laying hens on eggshell and bones quality. *Veterinarni Medicina,* Vol. 53, no. 10, pp. 555-563, 2008.
[13] C. Fisher, A.P. Laursen-Jones, K.L.J. Hill, W.S. Hardy, «The effect of copper sulphate on performance and the structure of the gizzard in broilers», *British Poultry Science,* no. 14, pp. 55-68, 1973.
[14] A. P. Prajapati, V. Mudgal, S. Srivastava, J.K. Bharadwaj and R. P. Nema, «Effect of copper supplementation on the performance of coloured meat type birds», *International Journal of Veterinary Science,* Vol. 1, no. 3, pp. 108-111, 2012.
[15] Y. NYS, «Oligo-éléments, croissance et santé du poulet de chair» *INRAE Productions Animales,* Vol. 14, no. 3, pp. 171-180, 2001.
[16] C. P. Wong CP, Y, Song, V. D. Elias, K. R. Magnusson and E. Ho, «Zinc supplementation increases zinc status and thymopoiesis in aged mice». Journal of Nutrition, Vol. 139, no. 7, pp. 1393-1397, 2009.
[17] H. Vondruskova, R. Slamova, M. Trckova, Z. Zraly and I. Pavlik «Alternatives to antibiotic growth promoters in prevention of diarrhoea in weaned piglets: a review». *Veterinarni Medicina,* Vol. 55, no. 5, pp. 199-224, 2010.
[18] T. O. Makinde and D. I. Adewole, «Can feed additives be used to promote positive behaviour in laying hens? A review». *World's Poultry Science Journal,* Vol. *78, no.*1, pp. 21–40, 2021.
[19] D. Mikulski, J. Jankowski, J. Naczmanski, M. Mikulska, V. Demey, «Effects of dietary probiotic (*Pediococcus acidilactici)* supplementation on performance, nutrient digestibility, egg traits, egg yolk cholesterol, and fatty acid profile in laying hens», *Poultry Science* Vol. 91, no. 10, pp. 2691-2700, 2012.
[20] Awaad, M. H. H., Amer, M. H., Zohair, G. A., Atta, A., Elmeniawy, M., Elkholy, M. A., 2005. *Veterinary Medical Journal Giza,* 53 (2): 489-499.

International Journal of Innovation and Applied Studies
ISSN 2028-9324 Vol. 43 No. 2 Aug. 2024, pp. 431-440
© 2024 Innovative Space of Scientific Research Journals
http://www.ijias.issr-journals.org/

Exploration des facteurs sous-jacents à la défaillance de la desserte énergétique à Mbanza-Ngungu en République Démocratique du Congo: Une analyse basée sur la méthode de Pareto et la matrice de criticité

[Exploring the factors underlying the failure of the energy supply to Mbanza-Ngungu in the Democratic Republic of Congo: An analysis based on the Pareto method and the criticality matrix]

BAZANGIKA MFUMUANENE Victoire[1], KINYOKA KABALUMUNA Godel[2], and TANGENYI OKITO Marcien[2]

[1]Institut Supérieur de Techniques Appliquées Gombe-Matadi, Section Electricité, RD Congo

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

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

ABSTRACT: The aim of this analysis is to identify and prioritize the causes of failures in the supply of electrical energy to the Mbanza-Ngungu housing estate in the Democratic Republic of Congo. The context reveals recurring problems impacting the daily life of the inhabitants and the local economy. The problem focuses on the origins of the failures and how to prioritize them for effective intervention. The hypotheses envisaged technical problems (overloading of transformers and cables), and maintenance, consignment and work faults as the main causes. The objectives are to identify the major causes, assess their criticality using the criticality matrix, and prioritize them using the Pareto method. The methodology includes data collection, identification of causes, criticality assessment and prioritization of interventions. The final report will present the results of the analysis and recommendations for improving power system reliability.

KEYWORDS: Failures, service, electrical energy, distribution network, criticality matrix, Pareto diagram, technical problems, maintenance faults, prioritization, corrective interventions, causes, underlying factors, energy.

RESUME: L'analyse vise à identifier et à prioriser les causes des défaillances dans la desserte de l'énergie électrique du réseau de la cité de Mbanza-Ngungu en République Démocratique du Congo. Le contexte révèle des problèmes récurrents impactant la vie quotidienne des habitants et l'économie locale. La problématique s'articule autour des origines des défaillances et de leur priorisation pour des interventions efficaces. Les hypothèses envisagent des problèmes techniques (surcharge des transformateurs et câbles), des défauts d'entretien, consignation et travaux comme principales causes. Les objectifs consistent à identifier les causes majeures, évaluer leur criticité via la matrice de criticité et les prioriser avec la méthode de Pareto. La méthodologie comprend la collecte de données, l'identification des causes, l'évaluation de la criticité et la priorisation des interventions. Le rapport final présentera les résultats de l'analyse et des recommandations pour améliorer la fiabilité du réseau électrique.

MOTS-CLEFS: Défaillances, desserte, énergie électrique, réseau de distribution, matrice de criticité, diagramme de Pareto, problèmes techniques, défaut d'entretien, priorisation, interventions correctives, causes, facteurs sous-jacents, énergétique.

Corresponding Author: BAZANGIKA MFUMUANENE Victoire

1 INTRODUCTION

La fourniture d'une énergie électrique fiable et efficace est essentielle pour le développement socio-économique d'une région. Cependant, de nombreuses cités y compris Mbanza-Ngungu en République Démocratique du Congo, font face à des défis récurrents liés aux défaillances dans la desserte de l'énergie électrique. Ces défaillances, qu'elles soient dues à des problèmes techniques (surcharge des transformateurs de puissance et des câbles HTA, BT) ou à des défauts d'entretien du réseau de distribution, ont un impact significatif sur la qualité de vie des habitants et sur les activités économiques locales de la cité.

La compréhension des causes de ces défaillances et leur priorisation sont cruciales pour orienter efficacement les interventions correctives et améliorer la fiabilité du réseau électrique. Cette analyse se concentre sur l'identification des principales causes des défaillances dans la desserte de l'énergie électrique du réseau de la cité de Mbanza-Ngungu.

À travers l'utilisation de la matrice de criticité et de la méthode de Pareto, cette étude vise à évaluer la criticité de chaque cause identifiée et à prioriser les interventions nécessaires pour optimiser la performance du réseau. En comprenant les facteurs sous-jacents, nous pouvons identifier les domaines critiques nécessitant une attention immédiate pour améliorer la fiabilité du réseau.

2 CADRE METHODOLOGIQUE

La méthodologie utilisée dans le présent travail est la suivante:

- Contacter les agents habilités de la SNEL pour cerner le fonctionnement du réseau de distribution de l'énergie électrique de la cité de Mbanza-Ngungu;
- Collecte des données et recherche documentaire sur les rapports de la SNEL/CVS Mbanza-Ngungu existants, sur les coupures d'électricité et les plaintes des résidents (abonnés);
- Identification des causes potentielles de défaillance avec la méthode de Brainstorming et le diagramme de Pareto;
- Évaluation des impacts de chaque cause sur la desserte électrique en utilisant la matrice de criticité;
- Priorisation des causes à l'aide de la matrice de criticité qui permet de classer les causes identifiées en fonction de leur gravité et de leur fréquence afin de déterminer les causes principales à traiter en premier;
- Analyse avec le diagramme de Pareto; c'est à dire, la création du diagramme de Pareto, basé sur des résultats de la matrice de criticité. Ce diagramme permet de visualiser les causes principales responsables des défaillances dans la desserte de l'énergie électrique;
- Validation des résultats, élaboration des solutions et du plan d'action.

3 RESULTATS

Les résultats des données recueillies sur terrain ont été présentés, analysés et interprétés tout au long de ce point.

3.1 PRESENTATIONS DES RESULTATS DES PARAMETRES D'EXPLOITATION DU RESEAU DE DISTRIBUTION DE L'ENERGIE ELECTRIQUE DE LA CITE DE MBANZA-NGUNGU

3.1.1 STATISTIQUES ANNUELLES DES INTERRUPTIONS DE FOURNITURE PAR ORIGINES DES DEFAILLANCES DU RESEAU HTA DE LA CITE DE MBANZA-NGUNGU POUR LES ANNEES 2022 ET 2023

Le tableau 1 nous présente les statistiques annuelles des interruptions par origines des défaillances du réseau de distribution HTA de la cité de Mbanza-Ngungu de 2022 à 2023.

Tableau 1. Statistiques annuelles des interruptions par origines des défaillances du réseau de distribution HTA de la cité de Mbanza-Ngungu de 2022 à 2023

N°	Origines des défaillances	Nombre		Total cumulé
		2022	2023	
1	Réseau amont	456	156	612
2	consignation	180	197	377
3	Surcharge câbles HTA	240	300	540
4	Défaillance matérielle	216	320	536
5	Causes externes	12	16	28
6	Causes inconnues	48	49	97
	Total	**1152**	**1038**	**2190**

3.1.2 STATISTIQUES DES INTERRUPTIONS D'ENERGIE BT PAR CATEGORIE POUR LES ANNEES 2022 ET 2023

Le tableau 2 représente la Statistiques des interruptions d'énergie BT par catégorie pour l'année 2022

Tableau 2. Statistiques des interruptions d'énergie BT par catégorie pour l'année 2022

N°	Mois	Causes d'interruption						Total
		Consignation		Surcharge	Défaillance matérielle			
		Travaux	Délestage	Cabine BT	Court-circuit	Conducteur cassé	Cause inconnue	
1	Janvier	92	255	15	2	28	17	409
2	Février	135	290	22	3	34	14	498
3	Mars	145	310	28	10	45	32	570
4	Avril	56	290	36	4	59	13	458
5	Mai	57	306	45	2	66	7	483
6	Juin	58	291	41	7	30	12	439
7	Juillet	120	296	31	5	28	14	494
8	Août	70	296	35	2	59	6	468
9	Septembre	68	311	31	2	54	5	471
10	Octobre	66	321	29	3	45	6	470
11	Novembre	53	312	33	1	63	23	485
12	Décembre	53	392	33	1	72	23	574
Total		**973**	**3670**	**379**	**42**	**583**	**172**	**5819**

Le tableau 3 représente la Statistiques des interruptions d'énergie BT par catégorie pour l'année 2023.

Tableau 3. Statistiques des interruptions d'énergie BT par catégorie pour l'année 203

N°	Mois	Causes d'interruption 2023						Total
		Consignation		Surcharge	Défaillance matérielle			
		Travaux	Délestage	Cabine BT	Court-circuit	Conducteur cassé	Cause inconnue	
1	Janvier	100	388	27	3	31	9	558
2	Février	52	224	29	1	28	20	354
3	Mars	68	304	47	3	40	9	471
4	Avril	46	295	29	4	51	4	429
5	Mai	29	305	38	4	22	26	424
6	Juin	43	294	42	1	35	37	452
7	Juillet	54	306	44	2	46	10	462
8	Août	76	305	43	5	43	14	486
9	Septembre	42	296	46	3	64	16	467
10	Octobre	50	304	30	3	62	5	454
11	Novembre	75	295	40	7	66	20	503
12	Décembre	70	306	47	7	79	26	535
Total		**705**	**3622**	**462**	**43**	**567**	**196**	**5595**

3.2 OBSERVATION ET INTERPRETATION

En HTA, selon l'évolution en 2022, avec une proportion de 39,5%, les défaillances dues par le réseau amont sont les causes principales des défaillances et de perturbations du réseau HTA en 2022. La surcharge des câbles HTA en deuxième position avec 20,8%; la défaillance matérielle en troisième position avec 18,7%; la consignation avec 15,6%; les causes inconnues avec 4,16% et les causes externes avec 1,04%.

Suivant l'évolution en 2023, avec une proportion de 90,8%, les défaillances matérielles sont les principales causes des défaillances du réseau HTA en 2023; la surcharge des câbles HTA en deuxième position avec 28,9%; la consignation avec 18,9%; le réseau amont avec 18,0%; les causes inconnues avec 4,72% et les causes externes avec 1,54%.

Enfin, de 2022 à 2023, nous constatons:

- Une diminution des défaillances dues au réseau amont de 456 à 156, soit 65,7%;
- Une augmentation des défaillances dues par consignation de 180 à 197, soit 20%;
- Une augmentation de la défaillance matérielle de 216 à 320, soit 32,5%;
- Une augmentation de la surcharge de 240 à 300, soit 20%;
- Une augmentation de la défaillance due à la cause externe de 12 à 16, soit 25%;
- Une augmentation de la défaillance due à la cause inconnue de 48 à 49, soit 2%.

En BT, suivant l'évolution 2022, avec une proportion de 63,1%, la consignation due par délestage est la cause principale des défaillances du réseau BT; la consignation due par les travaux (entretien, dépannage, etc.) en deuxième position avec 16,75%; la défaillance au niveau de la canalisation BT due aux conducteurs cassées avec 9,8%; la défaillance due à la surcharge des câbles BT avec 6,5%; la défaillance due aux causes inconnues avec 2,9% et la défaillance matérielle due aux court-circuits avec 0,72%.

Suivant l'évolution 2023, avec une proportion 64,7%, la consignation due par le délestage lié à la surcharge du transformateur de puissance est la cause principale des défaillances du réseau BT en 2023; la consignation due par les travaux de dépannage, entretien et autres, en deuxième position avec 12,6%; la défaillance due par la canalisation du réseau BT (conducteurs cassés) avec 10,1%; la défaillance due à la surcharge des câbles BT avec 8,2%; la défaillance matérielle due par des causes inconnues avec 3,5% et la défaillance matérielle due par le court-circuit avec 0,7%.

Enfin de 2022 à 2023, nous constatons:

- Une diminution de la défaillance due aux travaux de 27,5%;
- Une diminution de la défaillance due au délestage de 1,3%;

- Une augmentation de la défaillance due à la surcharge des câbles BT de 18,1%;
- Une augmentation de la défaillance due aux court-circuits de 2%;
- Une diminution de la défaillance matérielle due aux conducteurs cassés de 0,87%;
- Une augmentation de la défaillance due aux causes inconnues de 12%.

4 DISCUTIONS DES RESULTATS

Dans le présent point, nous allons discuter sur les aspects techniques de l'identification des causes des défaillances de la desserte en énergie électrique dans la cité de Mbanza-Ngungu.

4.1 ANALYSE DES DEFAILLANCES PAR LE DIAGRAMME DE PARETO ET LA METHODE AMDEC

4.1.1 HYPOTHÈSE D'ANALYSE

En se référant à Zwingelstein (1995) et Ndaye (2020), le régime d'incident (de perturbation) correspond au régime pendant lequel une défaillance sur un composant HTA ou BT entraîne une indisponibilité du système électrique jusqu'à sa réparation. Nous parlons de l'hypothèse selon laquelle un certain nombre de défaillance sur le réseau de distribution électrique peut entrainer un arrêt partiel ou total du système électrique de la cité de Mbanza-Ngungu.

4.1.2 CLASSIFICATION DES DEFAILLANCES DES OUVRAGES HTA ET BT PAR LA METHODE DE PARETO

La méthode de Pareto permet de distinguer les causes les plus significatives des défaillances électriques, en se concentrant sur les problèmes qui ont le plus grand impact. En mettant en évidence les causes les plus fréquentes et les plus graves de défaillance, la méthode de Pareto aide à prioriser les actions correctives. Cela permet d'optimiser l'allocation des ressources et d'adresser en premier les problèmes les plus critiques.

En se concentrant sur les causes principales, la méthode de Pareto permet de maximiser l'efficacité des efforts d'amélioration; plutôt que de disperser les ressources sur de nombreux petits problèmes, elle guide vers des solutions qui auront un impact significatif sur la fiabilité du réseau électrique. (Ndaye, 2020).

Dans notre cas, nous utilisons la méthode de Pareto en vue de mettre en évidence la majorité des composantes ou éléments responsables des défaillances sur le réseau HTA et BT de la cité de Mbanza-Ngungu.

Le tableau 4 présente les résultats de l'outil de Pareto pour les réseaux HTA et BT de Mbanza-Ngungu de 2022 à 2023.

Tableau 4. Résultats de l'outil de Pareto pour les réseaux HTA et BT de Mbanza-Ngungu de 2022 à 2023

N°	Cause d'interruption	Fréquence	Cumul	% cumulé
1	Réseau amont	612	612	27,9
2	Consignation	377	989	45,1
3	Surcharge câbles (feeders) HTA	540	1529	69,7
4	Défaillances matérielles	536	2065	94,2
5	Causes externes	28	2093	95,4
6	Causes inconnues	97	2190	100

INTERPRÉTATION ET ANALYSE

- Réseau amont (27,9% cumulé)

Le réseau amont représente environ 27,9% de toutes les défaillances répertoriées. Cela suggère que les problèmes liés au réseau amont, tels que les pannes au niveau des postes HTB ou des lignes HTB principale, sont une de cause significative de défaillance dans le réseau électrique.

- La consignation (45,1% cumulé)

Les défaillances liées à la consignation représentent environ 45,1% de toutes les défaillances répertoriées. Cela suggère que les procédures de consignation utiliser pour garantir la sécurité lors des travaux de maintenance ou de réparation, peuvent être une source importante de défaillance si elles ne sont pas correctement suivies ou mises en œuvre.

- Surcharge câbles (feeders) HTA (69,7%)

La surcharge des câbles HTA représente environ 69,7% de toutes les défaillances répertoriées. Cela souligne l'importance de surveiller et de gérer la charge électrique sur les câbles HTA pour éviter les surcharges, les coupures de courant et autres problèmes associés.

- Défaillances matérielles (94,2% cumulé)

Les défaillances matérielles représentent environ 94,2% de toutes les défaillances répertoriées. Cela met en évidence l'importance critique de maintenir en bon état les équipements du réseau électrique, tels que les transformateurs, les disjoncteurs, les câbles et autres pour assurer la fiabilité et la stabilité du réseau.

- Causes externes et inconnues (95,4 et 100% cumulé)

Les causes externes et inconnues représentent respectivement 95,4 et 100% de toutes les défaillances répertoriées. Bien que ces catégories soient moins fréquentes, elles soulignent l'importance de surveiller et de gérer les facteurs externes et les sources de défaillance inattendues pour assurer la fiabilité du réseau électrique.

En se concentrant sur ces domaines prioritaires, les opérateurs du réseau électrique peuvent travailler à améliorer la fiabilité, la stabilité et la disponibilité de l'électricité pour les utilisateurs finaux.

Cela peut impliquer les actions telles que des inspections régulières du réseau, des formations sur les procédures de consignations, des mesures de gestion de charge, des programmes de maintenance préventive et des plans de gestion des risques pour les causes externes et inconnues.

Tableau 5.

N°	Cause d'interruption	Fréquence	Cumul	% cumulé
1	Surcharge transformateur HTA/BT (délestage)	3670	3670	63,23
2	Travaux d'entretien et dépannage des équipements du réseau BT	973	4643	80,03
3	Conducteurs cassés BT	572	5215	89,82
4	Surcharge câble BT	379	5594	96,42
5	Causes inconnues	172	5766	99,32
6	Court-circuit	42	5808	100

INTERPRÉTATION ET ANALYSE

- Surcharge (3670 défaillance; 63,23% cumulé)

La surcharge des transformateurs HTA/BT est la cause la plus fréquente de défaillance, représentant environ 63,23% de toutes les défaillances répertoriées. Cela suggère que les capacités du réseau électrique sont souvent dépassées, ce qui peut entrainer des coupures intempestives de courant ou d'autres problèmes de fiabilité.

- Travaux (973 défaillances; 80,03% cumulé)

Les travaux représentent environ 16,8% de toutes les défaillances. Cela indique que les activités de maintenance ou de construction peuvent avoir un impact significatif sur la fiabilité du réseau électrique, ce qui souligne l'importance d'une planification et d'une exécution soignées des travaux.

- Conducteurs cassés (572 défaillances; 89,82% cumulé)

Les conducteurs cassés représentent environ 9,8% de toutes les défaillances répertoriées. Cela met en évidence l'importance de maintenir en bon état les équipements du réseau et les câbles, pour éviter les pannes.

- Surcharge câble BT (379 défaillances; 96,42% cumulé)

La surcharge des câbles BT représentent environ 6,5M de toutes les défaillances. Cela souligne la nécessité de surveiller et de gérer la charge électrique sur les câbles BT pour éviter les surcharges, l'échauffement exagéré et les pannes associées.

- Causes inconnues (172 défaillances; 99,32% cumulé)

Les causes inconnues représentent environ 3% de toutes les défaillances. Bien que ce pourcentage soit relativement faible, il est important d'investiguer et d'identifier ces causes pour améliorer la fiabilité du réseau de distribution électrique.

- Court-circuit (42 défaillances, 100% cumulé)

Les court-circuits représentent environ 0,7% de toutes les défaillances. Bien que moins fréquents, les court-circuits peuvent être des événements graves nécessitant une attention immédiate pour assurer la sécurité du réseau et de ses utilisateurs.

Il est crucial d'identifier et de prioriser les principales causes de défaillance du réseau électrique. En comprenant les causes principales de défaillance, les opérateurs du réseau électrique peuvent cibler leurs efforts d'amélioration et de prévention pour renforcer la fiabilité et la disponibilité de l'électricité pour les utilisateurs finaux.

Une attention particulière doit être accordée aux défaillances moins fréquentes mais potentiellement graves, telles que les court-circuits, pour assurer la sécurité du réseau et de ses utilisateurs.

4.2 MATRICE DE CRITICITE

La matrice de criticité est un d'analyse qui permet d'évaluer et de hiérarchiser les risques en fonction de leur impact potentiel sur un système donné (Boukherissi, 2014). Elle combine deux facteurs principaux pour évaluer les risques:

- La fréquence d'occurrence (F): Il s'agit de la probabilité ou de la fréquence à laquelle un événement ou une défaillance peut se produire dans un système donné
- La gravité de l'impact (G): Il s'agit de l'importance ou de la gravité des conséquences d'un événement ou d'une défaillance sur le système, ses opérations ou son environnement

Elle permet aussi:

- L'identification des causes prioritaires;
- L'allocation des ressources;
- L'orientation des actions correctives;
- L'évaluation des risques

4.2.1 PROPOSITION DE LA MATRICE DE CRITICITE BASEE SUR LES DONNEES DES TABLEAUX DE CUMUL DU RESEAU HTA

Tableau 5 présente la matrice de criticité des défaillances du réseau HTA pour les années 2022 et 2023

Tableau 6. Matrice de criticité des défaillances du réseau HTA pour les années 2022 et 2023

N°	Causes	Fréquences (F)	Gravité (G)	Criticité (C = F x G)
1	Réseau amont	612	4	2448
2	Consignation	377	5	1885
3	Surcharge câbles HTA	540	5	2700
4	Défaillance matérielles	536	5	2680
5	Causes externes	28	3	84
6	Causes inconnues	97	2	194

INTERPRÉTATION ET ANALYSE

✓ ***Réseau amont***

Bien que le réseau amont fasse une fréquence relativement élevée de 612 défaillances, sa gravité est évaluée à 4, ce qui lui donne une criticité de 2448. Cela indique que les défaillances dans le réseau amont ont un impact significatif sur la fiabilité du réseau électrique mais qu'elles ne sont pas aussi graves que certaines autres causes.

✓ ***Consignation***

Les défaillances liées à la consignation ont une criticité de 1885, résultat de leur fréquence de 377 et de leur gravité élevée de 5. Cela souligne l'importance de mettre en œuvre des procédures de consignation efficaces pour éviter les incidents lors des travaux de maintenance.

✓ ***Surcharge câbles HTA***

Avec une criticité de 2700, la surcharge des câbles HTA est identifiée comme une cause critique de défaillance, étant donné sa fréquence élevée de 540 et sa gravité de 5. Il est important de surveiller et de gérer la charge sur ces câbles pour éviter les surcharges et les pannes.

✓ ***Défaillances matérielles***

Les défaillances matérielles ont une criticité de 2680, résultant de leur fréquence de 536 et de leur gravité de 5. Cela souligne l'importance de mettre en œuvre des programmes de maintenance préventive pour maintenir les équipements en bon état de fonctionnement.

✓ ***Causes externes et inconnues***

Bien que leur fréquence soit relativement faible, les causes externes et inconnues ont des criticités de 84 et 194 respectivement. Cela met en évidence l'importance de surveiller et de gérer les facteurs externes et les causes inconnues pour minimiser leur impact sur la fiabilité du réseau électrique.

4.2.2 PROPOSITION DE LA MATRICE DE CRITICITE BASEE SUR LES DONNEES DU TABLEAU DE CUMUL DU RESEAU BT

Le tableau 6 présente la matrice de criticité pour les causes de défaillance du réseau BT

Tableau 7. Matrice de criticité pour les causes de défaillance du réseau BT

N°	Causes	Fréquences (F)	Gravité (G)	Criticité (C = F x G)
1	Surcharge	3670	5	18350
2	Travaux	973	4	3892
3	Conducteur casés	572	4	2288
4	Surcharge câble BT	379	3	1137
5	Causes inconnues	172	2	344
6	Court-circuits	42	5	210

INTERPRÉTATION ET ANALYSE

✓ ***Surcharge***

Avec une fréquence élevée de 3670 défaillances et une gravité évaluée à 5 (sur une échelle de 1 à 5 où 5 représente un impact très grave), la surcharge a la criticité la plus élevée de 18350. Cela indique que la surcharge est la cause la plus critique de défaillance, nécessitant une action immédiate pour réduire son occurrence et son impact sur la fiabilité du réseau électrique.

✓ ***Travaux***

Bien que les travaux aient une fréquence plus faible que la surcharge, ils ont une gravité élevée de 4, ce qui les place comme deuxième cause la plus critique de défaillance, avec une criticité de 3893. Cela souligne l'importance de planifier et d'exécuter les travaux de manière à minimiser leur impact sur la fiabilité de la desserte de l'énergie électrique.

✓ ***Conducteurs cassés***

Les conducteurs cassés ont une fréquence et une gravité similaires aux travaux, ce qui leur donne une criticité de 2288. Bien que leur fréquence soit relativement faible par rapport à la surcharge, leur gravité élevée nécessitant une attention particulière.

✓ ***Surcharge câble BT***

La surcharge des câbles basse tension a une fréquence plus faible que les trois premières causes, mais une gravité modérée de 3. Cela donne une criticité de 1137, ce qui en fait une cause moins critique mais toujours importante à surveiller et à gérer pour éviter les surcharges et les pannes associées.

✓ ***Causes inconnues***

Les causes inconnues ont une fréquence relativement faible de 172 défaillances, mais leur criticité de 344 indique qu'elles ne doivent pas être négligées. Il est important d'investiguer et d'identifier ces causes pour réduire leur occurrence et minimiser leur impact sur la fiabilité du réseau.

✓ ***Court-circuits***

Bien que les court-circuits aient la fréquence la plus faible (soit 42 défaillances) parmi toutes les causes répertoriées, leur gravité élevée de 5 leur confère une criticité de 210. Cela souligne l'importance de prévenir les court-circuits et de mettre en œuvre des mécanismes de protection pour minimiser leur impact potentiel sur le réseau et la sécurité des utilisateurs.

L'interprétation de ces matrices de criticité permet de prioriser les actions correctives en se concentrant sur les causes de défaillances les plus critiques, afin de réduire leur occurrence et leur impact sur la fiabilité et la stabilité du réseau électrique de Mbanza-Ngungu.

L'ensemble de défaillances ont une criticité supérieure à 1; cela vaut dire qu'en principe, tous les facteurs de dysfonctionnement évoqués ci-haut font l'objet de préoccupation technique car ils sont tous néfastes au bon fonctionnement des ouvrages ainsi qu'au réseau électrique.

Cette analyse de Pareto vient de confirmer nos hypothèses principales en termes d'identification des causes de défaillances dans la desserte en énergie électrique dans la cité de Mbanza-Ngungu.

L'analyse des causes de défaillance dans la desserte de l'énergie électrique de la cité de Mbanza-Ngungu en République Démocratique du Congo, réalisée à l'aide du tableau de cumul et de la matrice de criticité, a permis d'identifier les principaux défis affectant la fiabilité du réseau. Afin d'améliorer cette fiabilité, nous recommandons à la SNEL/GR cat et CVS Mbanza-Ngungu ce qui suit:

- **L'optimisation de la capacité du réseau:** mettre en place des systèmes de surveillance avancée pour détecter les surcharges potentielles et investir dans des infrastructures permettant d'augmenter la capacité du réseau pour répondre à la demande croissante d'électricité
- **Améliorer des pratiques de maintenance**: Renforcer les programmes de maintenance préventive pour réduire les défaillances matérielles, en priorisant l'inspection régulière et le remplacement des équipements vétustes
- **Formation et sensibilisation:** Organiser des sessions de formation régulière pour le personnel chargé de la maintenance et des opérateurs du réseau, afin de renforcer compréhension des meilleurs pratiques de sécurité et de gestion des risques
- **Renforcement des procédures de consignation:** Mettre en place des procédures rigoureuses de consignation pour garantir la sécurité des travailleurs pendant les opérations de maintenance, en tenant compte des risques potentiels liés aux interventions sur le réseau électrique
- **Investissement dans la technologie innovante:** Explorer les possibilités d'intégrer des technologies innovantes telles que l'intelligence artificielle et l'internet des objets pour améliorer la surveillance en temps réel du réseau et détecter les anomalies de manière proactive

En mettant en œuvre ces recommandations, les autorités locales et les opérateurs du réseau peuvent progressivement renforcer la fiabilité de la desserte électrique de la cité de Mbanza-Ngungu, assurant ainsi un approvisionnement électrique stable et continu pour les habitants et ses entreprises.

5 CONCLUSION

Cette communication relève que le réseau de distribution électrique de la cité de Mbanza-Ngungu connait un sérieux problème lié aux défaillances de son ouvrage. Après l'analyse des données statistiques sur les défaillances, il est ressorti que le type de défaillance qui pose beaucoup plus problème est la consignation du réseau amont, la consignation du réseau aval, surcharge câbles HTA, défaillances matérielles à la hauteur de 94,29% pour le réseau HTA.

Pour le réseau BT, le type de défaillance qui pose plus problème est la surcharge des transformateurs HTA/BT, travaux d'entretien et dépannage des équipements qui représentent environ 80% des défaillances globales.

L'outil de Pareto et la matrice de criticité, nous a permis de classer les défaillances en trois groupes de priorité, d'identifier des causes principales et de prioriser des actions correctives, afin d'améliorer la fiabilité du réseau et faciliter la prise de décision basée sur les données. Aussi, ces outils nous ont permis de hiérarchiser les facteurs les plus critiques et de concentrer nos efforts sur les domaines clés nécessitant une amélioration. En abordant ces problèmes de manière ciblée, les autorités locales et les fournisseurs d'électricité peuvent travailler ensemble pour renforcer la fiabilité du réseau électrique et améliorer la qualité de vie des habitants de Mbanza-Ngungu.

Dans le but de réduire les effets indésirables du dysfonctionnement du réseau, des recommandations ont été proposées afin de soulager les abonnés et apporter un tonus sur la qualité et la quantité de 'énergie à desservir.

En perspective, il serait judicieux que d'autres études se focalisent sur la modélisation du réseau de distribution afin d'anticiper la demande énergétique des abonnés et procéder à des travaux de renforcement des ouvrages HTA/BT.

REFERENCES

[1] Bureau de l'État Civil. Rapport annuel de l'exercice 2014. Administration du territoire, cité de Mbanza-Ngungu.
[2] Bureau de l'État Civil. Rapport annuel de l'exercice 2015. Administration du territoire, cité de Mbanza-Ngungu.
[3] Bureau de l'État Civil. Rapport annuel de l'exercice 2016. Administration du territoire, cité de Mbanza-Ngungu.
[4] Bureau de l'État Civil. Rapport annuel de l'exercice 2017. Administration du territoire, cité de Mbanza-Ngungu.
[5] Bureau de l'État Civil. Rapport annuel de l'exercice 2018. Administration du territoire, cité de Mbanza-Ngungu.
[6] Bureau de l'État Civil. Rapport annuel de l'exercice 2019. Administration du territoire, cité de Mbanza-Ngungu.
[7] Bureau de l'État Civil. Rapport annuel de l'exercice 2020. Administration du territoire, cité de Mbanza-Ngungu.
[8] Bureau de l'État Civil. Rapport annuel de l'exercice 2021. Administration du territoire, cité de Mbanza-Ngungu.
[9] Bureau de l'État Civil. Rapport annuel de l'exercice 2022. Administration du territoire, cité de Mbanza-Ngungu.
[10] Bureau de l'État Civil. Rapport annuel de l'exercice 2023. Administration du territoire, cité de Mbanza-Ngungu.
[11] Boukherissi M. (2014) « Analyse des modes de défaillances, de leurs effet et de leurs criticité appliquées à la STEP d'air et Houts ».9182.
[12] Ndaye Zan Omar Gomez (2019-2020). Analyse des défaillances sur le réseau de distribution 15 kV du poste de Ouaga 2.
[13] SNEL, RTM/GR cat. (2020), Mbanza-Ngungu.
[14] SNEL, RTM/GR cat. (2021), Mbanza-Ngungu.
[15] SNEL, RTM/GR cat. (2022), Mbanza-Ngungu.
[16] SNEL, RTM/GR cat. (2023), Mbanza-Ngungu.
[17] Zwingelstein, G. (1995). « Diagnostic des défaillances. Thème et pratique pour les systèmes industriels ». traité des nouvelles technologies – série Diagnostic et maintenance. Edition Hermès, paris.

International Journal of Innovation and Applied Studies
ISSN 2028-9324 Vol. 43 No. 2 Aug. 2024, pp. 441-451
© 2024 Innovative Space of Scientific Research Journals
http://www.ijias.issr-journals.org/

Avifaune de l'aéroport Murongo de Bunia (Ituri, République Démocratique Congo) et ses périphéries

[Avifauna of Murongo Airport in Bunia (Ituri, Democratic Republic of Congo) and its surroundings]

K. François MALEMBA KABASELE[1], Franck BAPEAMONI ANDEMWANA[2], and Dieudonné UPOKI AGENONG'A[2]

[1]Institut Supérieur Pédagogique de Bunia - ISP, B, Département de Géographie et Gestion de l'Environnement - DGGE, BP 340, Bunia, RD Congo

[2]Université de Kisangani, Faculté des Sciences, Département d'Ecologie et de Gestion des Ressources Animales, BP 2012, Kisangani, RD Congo

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

ABSTRACT: This work concerns the inventory of avifauna frequenting the Murongo airport in Bunia. The bird specimens were obtained by the Capture-Mark-Recapture (CMR) method using the mist net trapping technique. In total, 6 nets (3 m wide, 10 m long and 35 mm mesh size) were used and observations (3 times per week) with the naked eye completed the sampling. Fieldwork was done every Sunday; the nets were installed in a line. They remained in place for nine hours and the surveys were carried out every 2 hours between 8: 00 a.m. and 5: 00 p.m. This study led to a census of 35 species of birds. The concession of the Régie des Voies Aériennes (RVA: S1) presents a numerically high percentage, i.e. 89.02%. Specifically, the two sites (S1 and S2: around RVA) have the same number of species, respectively (50%) each. The species *Psalidoprocne obscura* has a high percentage (43.16%), followed by *Corvus albus* (20.14%). This work contributes to the knowledge of avian fauna that plays an important role in the functioning of different types of ecosystem (through dispersal, pollination of plants, destruction of insects and rodents harmful to other animals (including man) than for plants.

KEYWORDS: Avifauna, airport, outskirts, Murongo, Bunia.

RESUME: Ce travail porte sur l'inventaire de l'avifaune fréquentant l'aéroport Murongo de Bunia. Les spécimens d'oiseaux ont été obtenus par la méthode des Capture-Marquage-Recapture (CMR) en utilisant la technique de piégeage au filet japonais. Au total, 6 filets (3 m de largeur, 10 m de longueur et de 35 mm des mailles) ont été utilisés et des observations (3 fois par semaine) à l'œil nu ont complétées l'échantillonnage. Les travaux de terrain se faisaient chaque dimanche, les filets étaient installés en ligne. Ils restaient en place pendant neuf heures et les relevés se faisaient toutes **les** 2 heures entre 08 h 00 et 17 h 00. Cette étude a conduit à un recensement de 35 espèces d'oiseaux. La concession de la Régie des Voies Aériennes (RVA: S1) présente un pourcentage numériquement élevé, soit 89,02%. Spécifiquement, les deux sites (S1 et S2: aux alentours de RVA) ont le même nombre d'espèces, respectivement (50%) chacun. L'espèce *Psalidoprocne obscura* a un pourcentage élevé (43,16 %), suivi de *Corvus albus* (20,14 %). Ce travail contribue à la connaissance de la faune aviaire qui joue un rôle important dans le fonctionnement des différents types d'écosystème par la dissémination, la pollinisation des plantes, la destruction des insectes et rongeurs nuisibles tant pour les autres animaux y compris l'homme que pour les plantes.

MOTS-CLEFS: Avifaune, aéroport, périphéries, Murongo, Bunia.

1 INTRODUCTION

Les oiseaux constituent l'un des groupes les plus vastes du règne animal. Le rôle important qu'ils jouent dans l'équilibre de l'écosystème n'est pas à démontrer. Il s'agit notamment de la dissémination et de la pollinisation des plantes; du contrôle naturel des insectes et autres petits rongeurs qui peuvent constituer un fléau pour les cultures; etc. En outre, les oiseaux ont servi de base pour de

Corresponding Author: K. François MALEMBA KABASELE

nombreuses réalisations dans l'industrie aéronautique et pour l'étude du mécanisme d'orientation des animaux pendant les migrations. Dans la classe des Oiseaux, on estime à environ 10 000 espèces d'Oiseaux dans le monde [1].

Selon [2], en Afrique, l'étude de l'avifaune a connu sa première base scientifique avec la publication en 1924 et 1930 du "system avium aethiopicarum " de SCLATER. Dès lors le continent africain, spécialement sa région forestière riche en espèces tant végétales qu'animales a servi de cadre pour de nombreuses recherches ornithologiques.

En Afrique Centrale, les Oiseaux de l'Ouest du bloc forestier Congolais qui comprend le Sud Camerounais, le Gabon, le Congo, le Nord de la R.D.Congo et le Nord de l'Angola étaient les plus mal connus du continent africain. Ils n'avaient fait l'objet que des listes et des catalogues pour la plupart d'auteurs qui n'ont eu qu'à mener leurs études de façon fragmentaire [3].

En RD. Congo, on a déjà identifié jusqu'à ce jour 1.117 espèces. Ce pays est classé 5eme sur le rang mondial pour sa diversité tant animale que végétale. Au niveau d'Afrique la RD. Congo est la 1^{ere} en ce qui concerne la diversité mammalienne et aviaire, et 3ème quant à la diversité floristique, après le Madagascar. Actuellement, on y compte 409 espèces de Mammifères, 1117 espèces d'oiseaux, 400 espèces végétales [4].

D'après RUWET in [5], en R.D.Congo, l'étude des Oiseaux s'est développée particulièrement avec les travaux remarquables réalisés par [6]. L'exploration de l'avifaune congolaise a commencé au début du XIXème siècle avec la collection faite par PERREIN, à l'embouchure du fleuve Congo. Plus tard, les collections se sont poursuivies particulièrement dans la Province Orientale avec BOHNDORFF entre 1873 et 1886, SCHNITZER entre 1878 et 1889, JAMESON en 1886 cité par [7].

Actuellement, 1117 espèces d'Oiseaux sont identifiées et réparties dans 29 Ordres [4]. L'Ordre de Passériformes est le plus représenté, car il compte à lui seul 6000 espèces [8].

Selon Peterson cité par MUSEMA [9], l'abondance des oiseaux dans un milieu est due à la quantité variée des nourritures. La nourriture des oiseaux est diversifiée et elle est principalement formée des végétaux et des animaux. Certaines espèces sont omnivores [10].

Sur le plan écologique, certains oiseaux sont considérés comme des bio-indicateurs. Leurs présences ou absences témoignent l'état d'un écosystème, et donne des informations sur les habitats dont dépend l'humanité [11].

La biodiversité aviaire est confrontée à une grave crise d'extinction avec des pertes d'espèces qui atteignent des niveaux trois fois plus importantes que les moyennes estimées sur le temps géologique [12 - 14]. Cette raison nous pousse à connaitre les oiseaux de cette zone aéroportuaire (aéroport Murongo de Bunia) qui est en proie des activités humaines, le prolongement de la piste d'atterrissage et les activités champêtres aux alentours de l'aéroport. Ces activités peuvent amener à la disparition de certaine faune aviaire. Globalement, les activités humaines réduisent la diversité des espèces, les structures de peuplement et des processus écologiques à diverses échelles spatiales [15 - 16].

De nos jours la plupart des chercheurs mettent l'accent sur la recherche des oiseaux, c'est pour une double raison, d'abord par ce que les oiseaux constituent un groupe aussi plus vaste du règne animal; ensuite ils jouent un rôle très important, considérés comme reboiseurs en disséminant les graines dans des différents écosystèmes, [17]. Ces rôles joués par les oiseaux dans la nature étonnent nombreux chercheurs et intéressent surtout les écologistes. La région de Bunia étant encore insuffisamment connue en terme de biodiversité aviaire, ceci justifie notre obligation de faire un recensement de cette faune pour connaître les oiseaux de la zone aéroportuaire de ce milieu.

2 MÉTHODOLOGIE

2.1 MILIEU D'ÉTUDE

Ce travail a été réalisé dans la ville de Bunia en province de l'Ituri (1^0 35'N; 30^0 15' E; 1250 m d'alt.). Bunia est le chef-lieu de la Province de l'Ituri, l'une de quatre provinces issues de démembrement de l'ancienne Province Orientale. Elle se situe au nord - est de la RDC. Elle est limitée au nord par la Chefferie des Baboa Bokoe, à l'est par la Chefferie des Bahema Banywagi et le Secteur de Walendu Tatsi, au sud par les Chefferies des Baboa Bokoe et des Basili, à l'ouest par les Chefferies de Baboa Bokoe et des Bahema d'Irumu.

Le site d'étude est l'aéroport Murongo de Bunia (1°33'57N; 30°13'15"E) qui est l'un des aéroports de la République Démocratique du Congo desservant la ville de Bunia, la capitale de la province de l'Ituri.

La piste de l'aeroport de Bunia est construite de l'Est à Ouest et à une longueur de 1850 m. La piste d'envol, large de 30 m et balisée en 2006, mais non operationnel; est contourné de deux bandes de securités de part et d'autre de celle-ci. Ses seuils sont de 60m aux bout de la piste. Ci-dessous la nouvelle carte de la ville de Bunia auquel notre site d'étude est inclus.

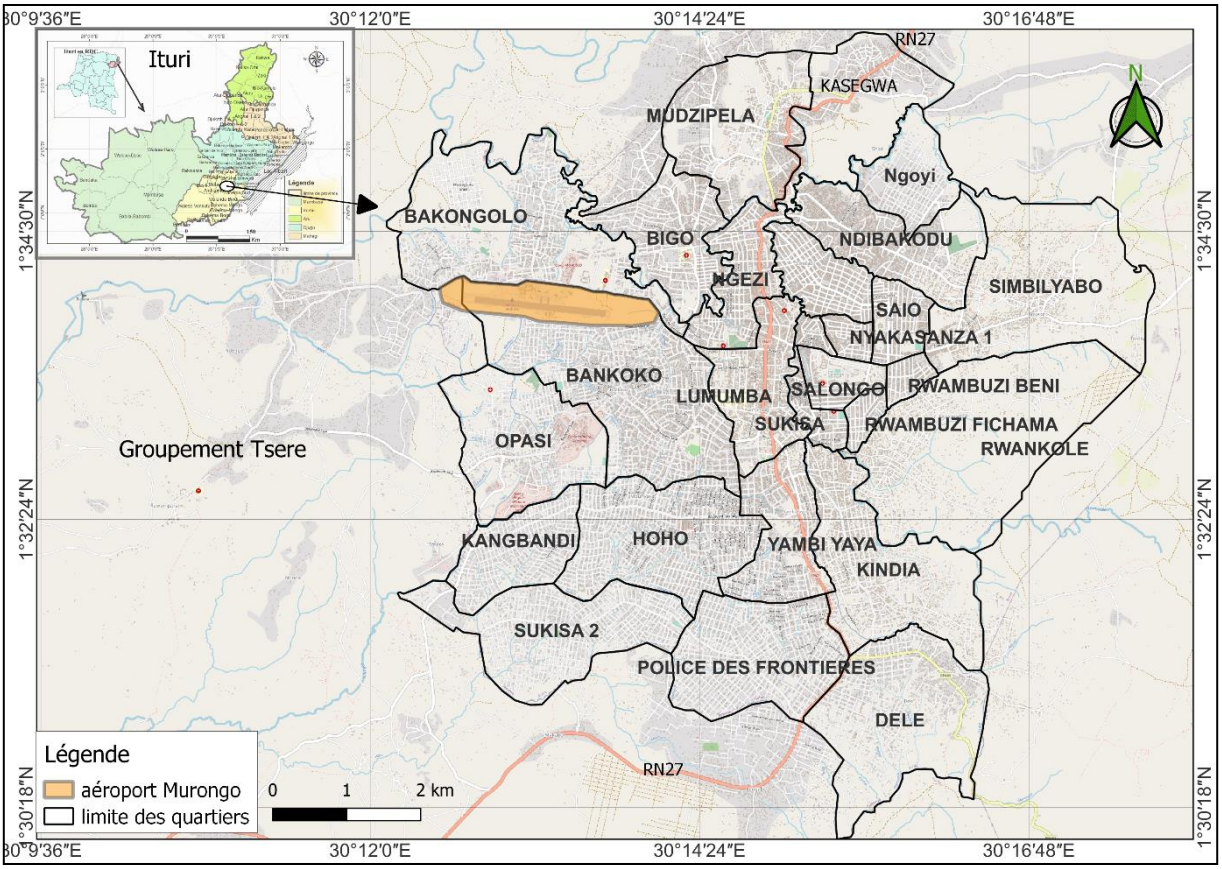


Fig. 1. Carte de la ville de Bunia avec les sites d'étude (aéroport Murongo de Bunia et allentours)

Du point de vue climatique, les travaux effectués par [18] rangent la ville de Bunia dans le type tropical humide qui est caractérisé par deux saisons pluvieuses correspondant au double passage du soleil au Zénith à Bunia et elle est entrecoupée par deux saisons sèches de courte durée. Les relevés météorologiques de la station de MONUSCO/Bunia pour les années de 2021 à 2023 se présentent comme suit, notamment en ce qui concerne la température et la pluviométrie.

Tableau 1. Température et pluviométrie à Bunia pour les années de 2021 à 2023 (MONUSCO/BUNIA, 2023)

Année 2021													
Mois	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Moyenne
(T°C)	25,4	26,1	26,8	24,7	25,4	24,5	24,5	24,4	23,4	23,4	24,7	25,6	24,9
(P.mm)	78	25	115	109	124	111	58	154	146	101	51	32	92
Année 2022													
Mois	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	
(T°C)	26,7	23,8	24,5	24,4	24,5	24,7	24,5	21	23,4	25,1	23,4	23,1	24,09
(P.mm)	12	24	156	123	89,2	112,1	110	241	85,2	73	209	205,9	120
Année 2023													
Mois	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	
(T°C)	27,5	29,1	25,6	24,6	25,1	26	27,1	26,4	14,6	25	24,6	24,3	24,99
(P.mm)	23,9	30,2	157	191	48	14	14	48	80	206	198	194	100,3

Le *Tableau 1* fait constater que, pour les années 2021,2022 et 2023, les températures sont plus élevées respectivement en mars (26,8°C), janvier (26,7°C) et en février (29,1°C); et les valeurs les plus faibles sont enregistrées en août (23,4°C), décembre (23,1) et en février (14,6°C) avec des moyennes de 24,9^{0}C, 24,09°C et 24,99^{0}C. Les maximas des pluies sont enregistrés en août (154 mm), novembre (209 mm) et en août (206 mm) alors que les minimas sont en févier (25 mm), janvier (12 mm) et en juin et juillet (14 mm) avec des moyennes de 92 mm, 120 mm et de 100,3 mm.

Du point de vue phytogéographique, la ville de Bunia appartient à la région soudano-zambézienne et au district phytogéographique de Lac Albert. Selon Lebrun cité par [18], ce District est subdivisé en zones suivantes: une zone de savanes de moyenne altitude à

Themeda triandra, une zone de savanes de haute altitude et une zone de Lac Albert. Le site étudié est situé dans la zone de moyenne altitude de Lebrun.

La végétation y est caractérisée par des graminées de grande taille (1-3m de hauteur) comme *Imperata cylindrica* P. BEAUV., *Pennisetum purpureum* K. SCHUM., *Cymbopogon afronardus* STAPF, *Hypparrhenia diplandra,* etc. [18]; par une végétation arbustive: *Acacia seyal, Erythrina abyssinica* DC, *Ficus bubu, Psydium guajava* L., *Vernonia amygdalina* DELILE, *Bambusa vulgaris* SCHRAD, *Casuarina equisetifolia* L*., Cupressus sempervirens* MULLER, *Cassia spectabilis* DC, *Ficus elastica* RO×B [18]).

Actuellement, la ville de Bunia est dominée par une végétation d'origine anthropique notamment, d'Eucalyptus et d'autres arbres fruitiers comme les manguiers (*Mangifera indica,* Anacardiaceae) les avocatiers (*Persea americana,* Moraceae); elle se rencontre dans les zones d'habitation, ce qui explique sa discontinuité. Dans la zone aéroportuaire, la végétation prédominante est constituée de *Panicum maximun (Poaceae), Paspalum notaum (Poacea),* quelques plantes ligneuses, notamment: *Vernonia amygdalina, Mangufera indica* (Anacardiaceae), *Annona squamosa* (Annoanaceae). On y trouve aussi quelques champs de culture: *Zea mays* (maïs) et *Manihot esculanta* (manioc).



Fig. 2. Vernonia amygdalina



Fig. 3. Panicum maximum



Fig. 4. Annona squamosa (au camp MONUSCO)



Fig. 5. Mangifera indica (au camp de la MONUSCO)



Fig. 6. Champ de cultures associées (arachide, manioc et maïs)



Fig. 7. Zea mays (maïs) et Manihot esculanta (manioc)

2.2 MATÉRIEL BIOLOGIQUE

Le matériel biologique de cette étude est constitué des oiseaux recensés à l'aéroport murongo de Bunia et ses périphéries de juin 2021 à juin 2022.

2.3 MÉTHODES

Les oiseaux ont été échantillonnés par la méthode "Capture-Marquage-Recapture" (CMR) en utilisant la technique de piégeage aux filets japonais. Au total 6 filets de 3 m de largeur, 10 m de longueur et de 35 mm des mailles ont été utilisés. En plus, des observations directes au moyen d'une paire des jumelles ont complété l'échantillonnage. Les travaux de terrain se faisaient chaque dimanche; les filets étaient installés en ligne droite et ils restaient ouverts pendant 9 heures (08h00 à 17h00) et les relevés se faisaient toutes les 2 heures.

Les oiseaux capturés étaient soigneusement retirés du filet en tenant compte de la direction par laquelle ils sont entrés; ils étaient marqués une seule fois en sectionnant la griffe du premier orteil et ils étaient ensuite relâchés.

Un cahier de terrain a servi pour enregistrer les oiseaux identifiés, les non identifiés étaient soigneusement photographiés en mettant en évidence les caractères saillants (la coloration de plumage, la taille, la couleur de bec et des pattes) pour permettre leur identification au niveau de laboratoire.

Lors des observations, la méthode d'Indice Ponctuel d'Abondance (IPA) était appliquée. Elle consiste à rester pendant 5 à 30 minutes au niveau d'un point échantillonnage pour compter les oiseaux qui passaient de droite à gauche. Seuls les oiseaux observés étaient enregistrés.

L'identification des oiseaux était faite à partir des caractères morphologiques en utilisant les ouvrages de [19 - 22].

3 RÉSULTATS

3.1 COMPOSITION DE L'AVIFAUNE DE L'AEROPORT DE MURONGO DE BUNIA ET SES PERIPHERIES

Au total, 556 oiseaux ont été inventoriés dont 89,02% au site de la R.V.A. (Régie de Voies Aériennes) Bunia; ils ont été identifiés en 35 espèces regroupées en 25 genres, 13 familles et 7 ordres comme le montre le tableau (2).

Tableau 2. Systématique des oiseaux inventoriés

Ordres	Familles	Genres	Espèces	Noms Français
Pelicaniformes	Ardeidae	Bubulcus	*Bubulcus ibis* LINNE, 1778	Héron garde-bœuf
Ciconiiformes	Ciconiidae	Cinia	*Ciconia nigra* LINNE, 1758	Cigogne noire
			Ciconia episcopus	Cigogne épiscopale
Columbiformes	Columbidae	Turtur	*Turtur afer* LINNE, 1776	Tourtelette amesthyne
		Streptopelia	*Streptopelia semitoquata* RUPPEL,1837	Tourtelle à colier
			Streptopelia decipiens	Tourtelle pleureuse
		Treron	*Treron australis* TEMMINK,1808	Pigeon vert
Cuculiformes	Cuculidae	Centropus	*Centropus senegalensis* LINNE, 1758	Coucal du sénégal
Coliiformes	Coliidae	Colius	*Colius stratus* GEMLIN, JF, 1789	Colius strié
Accipitriformes	Accipitridae	Aquila	*Aquila rapax* TEMMINK, 1820	Aigle ravisseur
		Elamus	*Elamus riocourii*	Elanion blanc
Passeriformes	Corvidae	Corvus	*Corvus albus* MULLER, 1777	Corbeau pie
	Pycnonotidae	Pycnonotus	*Pycnonotus barbatus* DESFONTAINES, 1779	Bulbul du jardin
			Pycnonotus tricolor HARTLAUB, 1862	Bulbul tricolor
		Adropardus	*Andropardus gracilis* CABANIS, 1880	Bulbul gracile
	Motacillidae	Motacilla	*Motacilla aguimp* TEMMINK, 1820	Bergeronnette pie
		Mocronyx	*Macronyx croceus* SWAINNSON, 1827	
	Turdidae	Turdus	*Turdus pelios* BONNAPARTES, 1850	Merle africain
		Cercotrichias	*Cercotrichias hartlaubi* REICHNOW, 1831	
			Cercotrichias galactotes TEMMINK,1820	Cisticole roussâtre
	Hirundinidae	Hirundo	*Hirundo nigrita* GRAY, GR, 1845	Hirondelle à bavette
		Psalidoprocne	*Psalidoprocne obscura* CABANIS, 1851	Hirondelle fanti
	Ploceidae	Ploceus	*Ploceus xanthops HARTLAUB, 1862*	Tisserin safran
			Ploceus cucullatus REICHNOW, 1832	Tisserin gendarme
			Ploceus superciliosus	Tisserin gros bec

			Ploceus nigerrimus Vieillot, 1819	Tisserin noir
			Ploceus baglafecht	Tisserin baglafecht
		Antichromus	*Antichromus minulus*	
		Euplectes	*Euplectes hartlaubi* BOCAGE, 1878	Euplecte de marais
			Euplectes axillaris SMITH, 1838	Euplecte à épaule oranger
		Petronia	*Petronia dentata* SUNDVALL, 1850	Moineau domestique
		Passer	*Passer griseus* VIEILLOT, 1817	Moineau gris
		Vidua	*Vidua chalybeata* MULLER, PL, 1776	Combasu du Sénégal
	Estrilidae	Estrilida	*Logonostica senegala* VIEILLOT, 1805	Amarante du Sénégal
			Lonchura cucullatus SWAISON, 1883	Capucin nonnette
7	**13**	**25**	**35**	

Le Tableau 2 renseigne que l'ordre de Passeriformes était le plus représenté avec 24 espèces appartenant à 16 genres et 7 familles, suivi des Columbiformes qui ont 4 espèces. Les ordres de Pélécaniformes, Galliformes et Coliiformes ont chacun une espèce.

3.2 ABONDANCE DES OISEAUX

Les oiseaux inventoriés sont répartis dans les deux sites explorés: la concession de la R.V.A. et aux alentours de la R.V.A. Quantitativement, leur abondance spatiale est représentée par la *Figure 8* dont les détails se trouvent dans le *Tableau 3*.

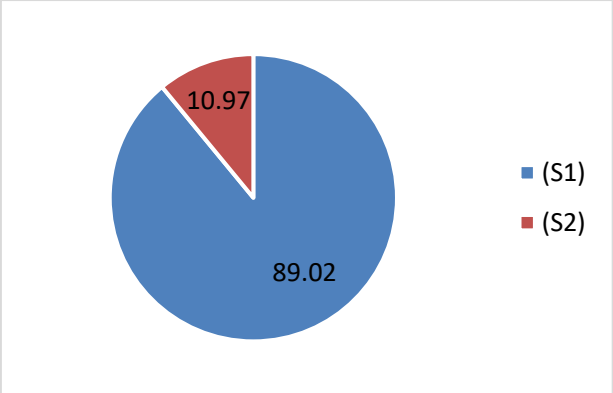


Fig. 8. Abondance quantitative par site

La *Figure 8* indique que la concession de la R.V.A. (S1) a un pourcentage élevé d'oiseaux inventoriés, soit 89,02%. Un pourcentage faible est observé aux alentours de la concession de la R.V.A. (S2) avec 10,97%.

Tableau 3. Composition quantitative des oiseaux inventoriés

Espèces	S1	S2	Total	%
Bubulcus ibis	3		3	0,54
Ciconia nigra		2	2	0,35
Ciconia episcopus	1		1	0,17
Turtur afer		1	1	0,17
Streptopelia semitoquata	3	2	5	0,89
Streptopelia decipiens	1	1	2	0,35
Treron australis		1	1	0,17
Centropus senegalensis	2	7	9	1,61
Colius stratus		8	8	1,43
Aquila rapax	20		20	3,59
Elamus riocourii	3	1	4	0,72
Corvus albus	105	7	112	20,14
Pycnonotus barbatus	3	5	8	1,43

Pycnonotus tricolor	4	3	7	1,25
Andropardus gracilis		1	1	0,17
Motacilla aguimp	2	4	6	1,07
Macronyx croceus	27	1	28	5,04
Turdus pelios	2		2	0,35
Cercotrichias hartlaubi	4		4	0,72
Cercotrichias galactotes	5		5	0,89
Hirundo nigrita		2	2	0,35
Psalidoprocne obscura	240		240	43,16
Ploceus xanthops	1		1	0,17
Ploceus cucullatus	5		5	0,89
Ploceus superciliosus		3	3	0,54
Ploceus nigerrimus Vieillot	18		18	3,23
Ploceus baglofect		1	1	0,17
Antichromus minulus		1	1	0,17
Euplectes hartlaubi	14	2	16	3,23
Euplectes axillaris		1	1	0,17
Petronia dentata		1	1	0,17
Passer griseus	3		3	0,54
Vidua chalybeata	2		2	0,35
Logonostica senegala		2	2	0,35
Lonchura cucullatus	27	4	31	7,37
Total	**495**	**61**	**556**	**100**
%	**89,02**	**10,97**		

Ainsi, ce tableau montre que sur un total de 556 individus d'oiseaux identifiés dans la concession de la R.V.A. et ses environs pendant l'étude, 495 soit 89,02% des individus ont été localisés dans le site 1 (R.V.A.) et 61 soit 10,97% des individus enregistrés dans le site 2 aux alentours. Cela indique que les oiseaux sont plus attirés vers l'aéroport que dans le sens contraire. Il convient de souligner que les mouvements des oiseaux dans la zone aéroportuaire étaient observés pendant les heures de pointe, notamment: chaque matin de 6h00 à 10h00 et le soir de 16h00 à 18h00.

Qualitativement, leur abondance spatiale est représentée par la *Figure 9* dont les détails se trouvent dans le tableau (4).

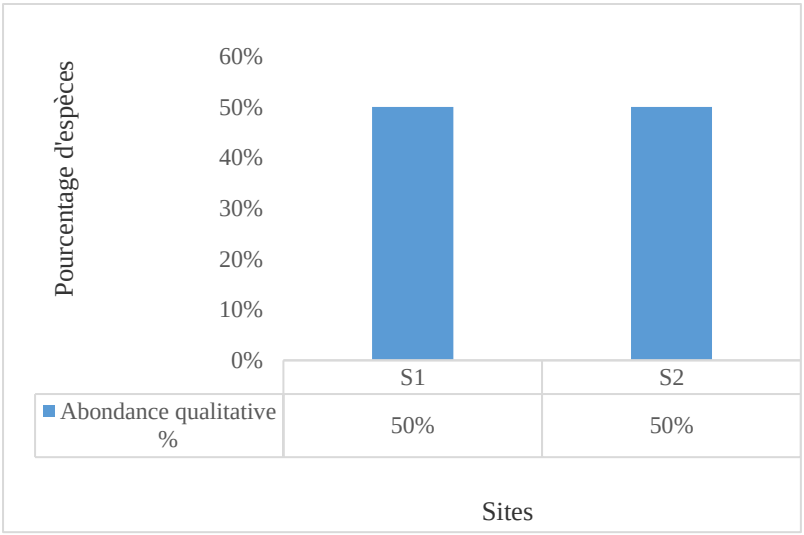


Fig. 9. Abondance qualitative par site

La *Figure 9* et le tableau 4 montrent que tous les deux sites (S1) et (S2) ont le même nombre d'espèces. Cela implique à dire que les espèces d'oiseaux inventoriées parcourent toute la concession.

Tableau 4. Composition qualitative d'espèces inventoriés

Espèces	(S1)	(S2)	(Fe)
Bubulcus ibis	1		1
Ciconia nigra		1	1
Ciconia episcopus	1		1
Turtur afer		1	1
Streptopelia semitoquata	1	1	2
Streptopelia decipiens	1	1	2
Treron australis		1	1
Centropus senegalensis	1	1	2
Colius stratus		1	1
Aquila rapax	1		1
Elamus riocourii	1	1	2
Corvus albus	1	1	2
Pycnonotus barbatus	1	1	2
Pycnonotus tricolor	1	1	2
Andropardus gracilis		1	1
Motacilla aguimp	1	1	2
Macronyx croceus	1	1	2
Turdus pelios	1		1
Cercotrichias hartlaubi	1		1
Cercotrichias galactotes	1		1
Hirundo nigrita		1	1
Psalidoprocne obscura	1		1
Ploceus xanthops	1		1
Ploceus cucullatus	1		1
Ploceus superciliosus		1	1
Ploceus nigerrimus Vieillot	1		1
Ploceus baglofect		1	1
Antichromus minulus		1	1
Euplectes hartlaubi	1	1	2
Euplectes axillaris		1	1
Petronia dentata		1	1
Passer griseus	1		1
Vidua chalybeata	1		1
Logonostica senegala		1	1
Lonchura cucullatus	1	1	2
Total	**23**	**23**	**46**
%	**50%**	**50%**	

Ce tableau présente que les mêmes espèces au nombre de 23 sont représentées à la fois dans les sites 1 et 2.

Le tableau suivant indique les espèces inventoriées dans la concession de la R.V.A. et aux alentours.

Tableau 5. Composition d'espèces inventoriées

Espèces	%
Bubulcus ibis	0,54
Ciconia nigra	0,35
Ciconia episcopus	0,17
Turtur afer	0,17
Streptopelia semitoquata	0,89
Streptopelia decipiens	0,35
Treron australis	0,17
Centropus senegalensis	1,61
Colius stratus	1,43
Aquila rapax	3,59
Elamus riocourii	0,72
Corvus albus	20,14
Pycnonotus barbatus	1,43
Pycnonotus tricolor	1,25
Andropardus gracilis	0,17
Motacilla aguimp	1,07
Macronyx croceus	5,04
Turdus pelios	0,35
Cercotrichias hartlaubi	0,72
Cercotrichias galactotes	0,89
Hirundo nigrita	0,35
Psalidoprocne obscura	43,16
Ploceus xanthops	0,17
Ploceus cucullatus	0,89
Ploceus superciliosus	0,54
Ploceus nigerrimus Vieillot	3,23
Ploceus baglofect	0,17
Antichromus minulus	0,17
Euplectes hartlaubi	3,23
Euplectes axillaris	0,17
Petronia dentata	0,17
Passer griseus	0,54
Vidua chalybeata	0,35
Logonostica senegala	0,35
Lonchura cucullatus	7,37
Total : 35	**100**

Il ressort de ce tableau qu'il y a au total 35 espèces inventoriées dans la concession de la R.V.A. et aux alentours. Les espèces les plus abondantes sont: *Psalidoprocne obscura* (Hirondelle fanti) qui a 43,16% suivie de *Corvus albus* (Corbeau pie) avec 20,14%.

4 DISCUSSION

4.1 COMPOSITION DE L'AVIFAUNE DE L'AEROPORT DE MURONGO DE BUNIA ET SES PERIPHERIES

Des relevés ornithologiques réalisés à l'aéroport Murongo de Bunia et ses périphéries pendant la période allant de juin 2021 à juin 2022 révèle que 556 oiseaux au total ont été inventoriés dont 89,02% au site de la R.V.A. (Régie de Voies Aériennes) Bunia. Ils ont été identifiés en 35 espèces regroupées en 25 genres, 13 familles et 7 ordres, dans un milieu ouvert. Ces résultats divergent de ceux de [23] (dans la ville de Grand – Bassan, au sud-est de la Côte d'Ivoire) qui ont identifié 165 espèces appartenant à 45 familles et 19 ordres. Cette divergence est due à ce que, eux ont travaillé dans toute la ville tandis que, nous avons travaillé dans une petite partie de la ville. De même que [24] qui ont travaillé dans la ville de Bunia (en République Démocratique du Congo) qui avaient inventorié 53 espèces. [25]),

dans leur travail sur la distribution et diversité de la faune aviaire de la ville de Niamey et sa zone humide, le fleuve Niger, leur dénombrement a permis de recenser 38 espèces pour toute la ville. Ces résultats sont approximatifs avec les nôtres qui avions travaillé dans un seul site.

4.2 ABONDANCE DES OISEAUX

Quantitativement, 556 individus d'oiseaux identifiés dans la concession de la R.V.A. (Régie des Voies Aériennes) et ses environs pendant l'étude, 495 soit 89,02% des individus ont été localisés dans le site 1 et 61 soit 10,97% des individus enregistrés dans le site 2 (dans les péripheries de l'aéroport Murongo de Bunia). Qualitativement, tous les deux sites (S1: R.V.A.) et (S2: Périphéries de l'aéroport) ont le même nombre d'espèces (23), soit 50% chacun. Cela implique à dire que les espèces d'oiseaux inventoriées parcourent toute la concession. Ces résultats diffèrent avec ceux de [7] qui a identifié plus d'espèces dans la Jachère que dans la forêt primaire à Masako dans la région de Kisangani en République Démocratique du Congo.

5 CONCLUSION

Les inventaires réalisés à l'aéroport Murongo de Bunia et ses environs présentent les données des oiseaux rencontrés dans les 2 sites exploités (Concession de la Régie des Voies Aériennes et ses environs). Cette étude a conduit à un recensement de 35 espèces d'oiseaux. Numériquement, la concession de la Régie des Voies Aériennes (RVA: S1) présente un pourcentage élevé, soit 89,02%. Spécifiquement, les deux sites (S1 et S2: aux alentours de la RVA) ont le même nombre d'espèces d'oiseaux, soit 50% chacun. Cette liste idéale donne un aperçu sur la richesse avifaunique de cet écosystème urbain (aéroport Murongo de Bunia). Les espèces parcourent toute la concession de la R.V.A. et ses environs. Le travail est effectué dans un environnement où la circulation de la population et des aéronefs est intense, ce qui n'a pas favorisé le bon climat de collecte des données. Pour mieux connaître les oiseaux qui vivent à l'aéroport Murongo, d'autres études similaires devraient s'effectuer dans la ville de Bunia. Ce travail contribue à la connaissance de l'avifaune qui vit à l'aéroport de Bunia et ses périphéries.

REFERENCES

[1] N. BORROW et R. DEMEY, A guide to the birds of Western Africa, Princecton, London WID 3QZ, (2001) 832p.

[2] J. C. RUWET, Les oiseaux des plaines et du lac-Barrage de la Lufira supérieure, Reconnaissance écologique et éthologique (Katanga méridional) F.U.L.R.E.A.C., Liège, (1965) 265 p.

[3] A. BROSSET et C. ERARD, Les ooiseaux des régions forestières du Nord-Est du Gabon. Ecologie et comportement des espèces (vol.1). S.N.P.N., Earies, (1986) 297p.

[4] CIFOR (Center for International Forestry Research), La forêt en Republique Démocratique du Congo Post-Conflit, (2007) 82p. htt://www.cifor.cgiar.org

[5] A. UPOKI, Aperçu systématique et écologie des espèces aviennes de la Reserve Forestière de Masako et ses environs (Kisangani, Haut – Zaïre), Dissertation DES, F.S., UNIKIS, Kisangani, (1977) 77p.

[6] L. GUILEM, Nouveau précis d'ornithologie, vuibert, Paris, (2006) 1 - 65 p.

[7] A. UPOKI, Etude de peuplement de Bulbuls (Pycnonotidae, Passeriformes) dans la réserve forestière de Masako à Kisangani (RD Congo), Thèse inédite, Fac. Sc., UNIKIS, Kisangani, (2001) 160 p.

[8] M. GOSSELIN, http://www.thecanadieanencyclopedia.ca/fr/oiseaux-classification - et -evolution, (2007).

[9] B. MUSEMA, Contribution à la connaissance des oiseaux de l'Ile Mbiye, inventaire systématique et étude éco-éthologique. Mémoire inédit. Fac Sc. UNIKIS, Kisangani, (2000) 44 p.

[10] H. SCHOUTEDEN, Faune Ornithologique de Districts du Bas- Uélé et du Haut- Uele Ann. Musée Royal. Congo Belge. Série n°4 Tervuren Belgique, (1963) 241 p.

[11] A. BAPEAMONI, Biodiversité et densité des nids d'oiseaux dans un dispositif permanent à Yoko, Thèse de doctorat en Sciences, F.S., UNIKIS, Kisangani, (2014) 113p.

[12] J. Clavel, R. Julliard, V. Devictor, Worldwide decline of specialist species: toward a global functional homogenization? *Frontiers in Ecology and the Environment,* 9: 222–228. DOI: https://doi.org/10.1890/080216, (2011).

[13] PL. Munay, Habitat loss, resource specialization, and extinction on coral reefs. *Global Change Biol*., (2004), 10: 1642-1647.

[14] T. Brooks, L. Andriamaro, R. Gereau, F. Hawkin, K. Howell, D. Knox, P. Langhammer, JF. Lamoreux, PP. Lowry II, Q. Luke, P. Matiku, MW. McKnight, C. Msuya, R. Mugo, H. Rabarizon, ZL. Rakotobe, H. Randrianasolo, Objectifs et priorités pour la conservation des oiseaux et de la biodiversité d'Afrique. *Ostrich,* 78 (2): 115–126. DOI: https://doi.org/10.2989/OSTRICH.78.2.1.81, (2007).

[15] JD. Olden, NL. Poif, MR. Douglas, MEDouglas ME, Fausch KD., Ecological and evolutionary consequences of biotic homogenization. *Trends in Ecology and Evolution,* (2004), 19: 18-24.

[16] FS. Chapin, ES. Zavaleta, VT. Eviner, RL. Naylor, PM. Vitousek, HL. Reynolds, DU. Hooper, S. Lavorel, OE. Sala, SE. Hobbie, MC. Mack, S. Diaz. 2000. Consequences of changing biodiversity. *Nature,* (2000), 405: 234-242.

[17] JD. Olden, NL. Poif, MR. Douglas, ME. Douglas, KD. Fausch, Ecological and evolutionary consequences of biotic homogenization. *Trends in Ecology and Evolution,* (2004), 19: 18-24.

[18] J. P. MESSEEN, La monographie de l'Ituri; Histoire-Géographie-Economie, Royaume de Belgique, (1951) 305 p.
[19] L. LIPPENS et WILLE, Les oiseaux du Zaïre, Tield, Ed. Lanroo, (1976) 509 p.
[20] R. DEMEY et M. LOUETTE, Important bird a Reas in Africa AmocratedIrlandes, Priotery rites for conservation. Bird life conservation, serien°11.Democratic Republique of Congo in lincoli, (2000) 198 - 218 p.
[21] K. BLAGOSKLONOV, Guide de la protection des oiseaux éd. Mir, Moscou, (1987) 232 p.
[22] D. MARC, Observer les oiseaux; Quand les chercher, où les trouver, comment les identifier, Nathan, Paris, (2000) 20 - 50 p.
[23] K.H. YAOKOKORE-BEIRBRO, G. MONNOIN FREDERIC, S.K. YELEKAN, S.G. K. ODOUKPE, Biodiversité urbaine des oiseaux dans la zone humide d'importance international de Grand-Bassan (Sud-Est de la Côte d'Ivoire), Internatinal Journal of Innovation and Applied Studies ISSN 2028-93-24 vol 11N°., (2015) pp.339-349.
[24] K.K. MALEMBA, A. BAPEAMONI, A. UPOKI, et D. AMUNDALA, Contribution à la connaissance de l'avifaune de Bunia, Ituri, R.D. Congo, Afrique science, (2019) 15 (6) 349 – 364, htt://www.africque science.net
[25] I. YOUSOUFA, H. SOUMAILA HAMANI, A. SALAMATOU ILLIASSOU et A. ABOUBACAR; Distribution et diversité de la faune aviaire de la ville de Niamey et de sa principale zone humide, le fleuve Niger, article, International of Biological and Chemical Science, (2018) http://ajol.info/index/php/ijbcs.

International Journal of Innovation and Applied Studies
ISSN 2028-9324 Vol. 43 No. 2 Aug. 2024, pp. 452-467
© 2024 Innovative Space of Scientific Research Journals
http://www.ijias.issr-journals.org/

Journey of the agricultural policies reforms in Benin (West Africa) since 1960: A systematic literature review

Roméo Sossou[1-2], Karl Martial Nassi[1], Léonard Cossi Hinnou[2-3], Ruysdaël Pyrrhos Mètonou Kiki[1], and Hervé Comlan Sossou[2]

[1]Laboratory of Rural Economy and Social Sciences for Sustainable Development, National University of Agriculture, Benin

[2]Agricultural Policy Analysis Program (PAPA), National Institute of Agricultural Research of Benin (INRAB), Abomey-Calavi, Benin

[3]Laboratoire d'Analyse des Dynamiques Sociales et du Développement (LADYD), Faculty of Agronomic Sciences (FSA), Université of Abomey Calavi (UAC), Benin

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

ABSTRACT: Since gaining independence and transitioning into a market economy, Benin has made significant changes in the governance of the agricultural sector to tackle the challenges. The changes involved experimenting with different approaches reflecting the prevailing ideologies of each period. Despite the implementation of various agricultural policies, an examination of the sector reveals several problems and challenges, raising questions about the effectiveness of these policies. Drawing on existing literature, the objective of this paper is to provide a comprehensive overview of the challenges faced by the agricultural sector in Benin, linking them to historical policy shifts. We explore the performance and outcomes of past and present agricultural policies in Benin, focusing on their ability to achieve intended objectives. Our findings indicate that the key changes observed include aligning agricultural policies with the directives of external powers more than national priorities. More recently, institutional reforms have focused on decentralizing agricultural development and streamlining the institutional landscape, yielding some positive outcomes compared to previous periods. To ensure the successful implementation of reforms, it is crucial to consider the aspirations of all stakeholders and encourage their ownership of agricultural policies.

KEYWORDS: governance, agricultural policy, rural development, reforms, Benin.

1 INTRODUCTION

The agricultural sector plays a crucial role in the economic and social development of developing countries, including those in Sub-Saharan Africa (Nhemachena et al, 2020). Its contributions extend beyond more production to encompass the supply of raw materials for various industries, income of generation, job creation, and poverty alleviation (Norton, 2014). Recent efforts in Sub-Saharan Africa have focused on transforming agriculture to enhance productivity and ensure food security for the population, emphasizing the importance of strengthening institutional capacities within the sector (AfDB, 2016).

In Benin, the agriculture sector forms the backbone of the economy, supporting livelihoods and generating economic growth. According to the National Agricultural Statistics Office (DSA), agriculture contribute to 26.6% of Benin's GDP and is still the principal source of employment for 54.8% of the population, particularly in rural areas (DSA, 2023). The sector includes crop farming, livestock husbandry, forestry, and fishing, reflecting the country's vast agroecological diversity. Cash crops like cotton, palm oil, cocoa, and coffee contribute significantly to export revenues, while food crops like maize, cassava, yams, and rice provide the foundation of domestic food security. The agricultural sector is also the provider of raw materials for agro-processing companies, helping to drive value creation and industrial growth (Kantchede *et* al., 2022).

Despite its potential, the agricultural performance in Benin has remained relatively weak over the years, despite various reform initiatives (Honfoga, 2018). These reforms have shaped the institutional landscape of the agricultural sector, often

driven by strategic visions and objectives. However, they have been criticized for lacking alignment with the economic interests of farmers and failing to address local development needs, resembling more of a continuation of paternalistic colonial policies rather than genuine improvements (Anouilh and Mbacké Mboup, 2008; Balié and Fouilleux, 2008).

Several challenges persist within Benin's agricultural sector, including low productivity, insufficient value chain structuring, climate change vulnerabilities, governance weaknesses, and limited access to financing (MAEP, 2017). These challenges are often attributed to policy formulations driven by bureaucratic imperatives rather than genuine efforts to enhance farmer welfare (Kouakanou et al., 2021; Ahoyo Adjovi et al., 2013; Balié and Fouilleux, 2008). Approaching agricultural policies as a reflection of state interventions and their consequences on target populations provides insight into their complexity and outcomes (Leca, 2012). Understanding the historical trajectory of agricultural governance enables us to draw lessons for improving sectoral governance (Payre and Pollet, 2013). This study aims to explore the evolution of agricultural policies in Benin since independence, considering economic, political, and social ideologies that have influenced their development.

By conducting a systematic literature review, this paper identifies trends and discontinuities in Benin's agricultural policies over time. Adopting a diachronic approach allows for a comprehensive understanding of past reflections and analyses on agricultural actions, shedding light on present-day challenges and opportunities (Payre and Pollet, 2013).

Following an overview of the data collection methodology, the paper delves into the scholarly interest in Benin's agricultural policies and reforms. Subsequently, it presents the historical journey of agricultural reforms in Benin and their contributions to national development. The discussion section evaluates the necessity and effectiveness of these reforms, leading to conclusions and implications for future policy directions. In essence, this study contributes to the understanding of the dynamics of agricultural policy formulation and implementation in Benin, offering insights into the country's agricultural development trajectory and informing future policy decisions.

2 MATERIAL AND METHODS

2.1 DATA COLLECTION

The research is based on the Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analysis (PRISMA) guidelines, to uphold a high standard of scientific integrity, transparency, and reproducibility in the outcomes (Page et al., 2021). The temporality of our look into the past is based on the period of Dahomey's independence. This period assumes that public actions directed toward the rural world in general and the agricultural sector, in particular, were set on an agenda and shaped independently by national actors. The diachronic approach mobilized for this research is based on the need to reconstruct previous dynamics over time and to present the configurations of the moment to better appreciate the "ways of acting, thinking and feeling" (Durkheim, 2010, p.65) of agricultural actors in the face of current reforms.

Data were obtained from the review of scientific work and policy documents related to agricultural policies. To this end, the search engines GOOGLE SCHOLAR, and SCOPUS were used to search the literature (Akpovo et al., 2022) on agricultural policies in Benin covering the period from 1960 to 2022. Various keywords were entered into the search engines, including "agricultural policies," "reforms," "agricultural sector," "history of the agricultural sector," "Benin," "Dahomey," "agricultural policy," "development" and "reforms." Each key concept was combined using the Boolean operators "OR" and "AND". This allowed us to identify relevant documents that might have used different synonyms for the same word. This method made it possible to identify relevant documents that might have used different synonyms for the same word. The search equations used for this systematic review are in French and English. Documents that were not scientifically rigorous or had not been evaluated were excluded from the selection. After removing duplicates from the search engines, the selection was based on the methodological quality and relevance of the results in terms of public intervention in rural areas, agricultural policies, and Benin or Dahomey (Figure 1).

Open-access documents have been downloaded. For the three (03) restricted publications (paid or requiring organizational membership), requests were made to the authors. Manual and snowball searches were performed to include studies not identified by the search strategy (Wohlin et al., 2022). Bibliographic references of documents downloaded online were searched to identify other works with a focus on agricultural policies in Benin. Various inclusion and exclusion criteria were defined to refine the search and select the most relevant publications (Davis *et al.,* 2014). These criteria are described in Table 1.

In addition, apart from legal texts, the following agricultural policy documents that have been developed and implemented were consulted:

- The Letter of Declaration of Rural Development Policy (Lettre de Déclaration de Politique de Développement Rural - LDPDR) in 1991;

- The Declaration of Rural Development Policy (Déclaration de Politique de Développement Rural - DPDR) in 1999, which is the result of the review of the LDPDR in 1995;
- The Master Plan for Rural Agricultural Development (Schéma Directeur du Développement Agricole Rural - SDDAR) operationalized by the Strategic Operational Plan (Plan Stratégique Opérationnel - PSO) in August 2000;
- The Strategic Plan for the Recovery of the Agricultural Sector (Plan Stratégique pour la Relance du Secteur Agricole - PSRSA) 2011 - 2015;
- The Strategic Plan for the Development of the Agricultural Sector (Plan Stratégique de Développement du Secteur Agricole - PSDSA) 2025 coupled with the National Plan for Agricultural Investments and Food and Nutritional Security (Plan National d'Investissements Agricoles et de Sécurité Alimentaire et Nutritionnelle - PNIASAN) 2017 - 2021 and
- The agriculture component of the Government Action Plans (Plans d'Action du Gouvernement - PAG) 2016-2021 and 2021-2026.

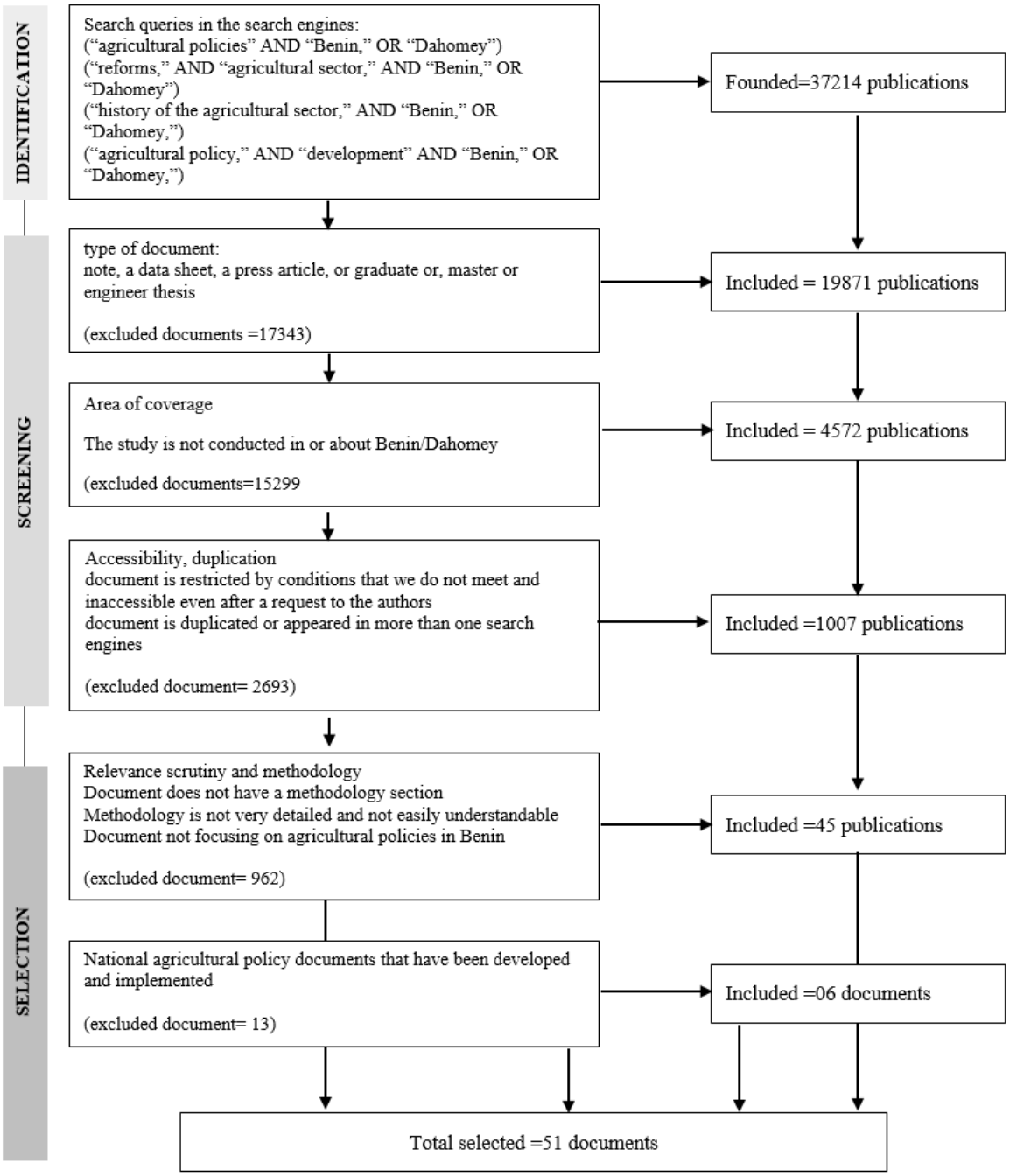


Fig. 1. PRISMA diagram of selection and screening of the documents for the review

Table 1. Criteria for inclusion and exclusion of documents

Items	Document Selection grid	Inclusion criteria	Exclusion criteria
Type of document	1= The document is either a note, a data sheet, a press article, or a thesis (bachelor, master, engineer) 2= The document is a study report or a technical and information document 3= The document is a thesis, a book, or a book chapter 4 = The document is a scientific article	(2), (3) & (4)	(1)
Area of coverage	1= The study is not conducted in or about Benin 2 = The study includes Benin in the area of coverage 3 = The study is conducted on the part of Benin 4 = The study is carried out on the entire territory of Benin	(2), (3) & (4)	(1)
Accessibility	1= Access to the document is restricted by conditions that we do not meet and inaccessible even after a request to the authors 2 = The document is downloadable without conditions or accessible by request to the authors	(2)	(1)
Duplication	The document appeared in more than one search engines	An accessible version of the document is retained	The other versions are not retained
Topic or abstract of the document	1= Title and abstract do not address agricultural policies 2= Title does not address, but the summary does address agricultural policies 3= Title and abstract address agricultural policies	(2) & (3)	(1)
Methodological quality	1= Document does not have a methodology section 2= Methodology is not very detailed and not easily understandable 3= Methodology is clear and transparent but cannot be replicated due to internal and external factors 4= Methodology is clear, understandable, and reproducible	(3) & (4)	(1) & (2)
Relevance of results	1 = Poor 2 = Low 3 = High 4 = Very high 5 = Excellent	(3), (4) & (5)	(1) & (2)

2.2 Data Analysis

First, a reading grid was developed and used to organize the information and examine it according to categories such as geographic coverage, content, quality of methodology, methods, and theories used (Snyder, 2019). Second, the set of documents consulted was subjected to thematic content analysis supported by descriptive statistics, including the frequency, by decade, of works on agricultural policies since 1960. This approach makes it possible to identify what is fundamental in a text, what it is specifically about (Paillé and Mucchielli, 2021). Third, the assessment of the relevance of the documents for the present research was performed using a five-point Likert-type scale: 1 = poor; 2 = low; 3 = high; 4 = very high; and 5 = excellent (Affognon et al., 2015). Fourth, the documents selected were subjected to descriptive statistical analysis and classified according to the year of publication, relevance, document type, and study coverage area. Fifth, the diachronic method allowed for the analysis of the trajectory of reforms over the six-decade period. This method has been useful to emphasize the processes and evolutions that characterize the facts analyzed and define them as objects inscribed in time (Hélardot et al., 2019). Furthermore, an organized and structured writing of the review was possible thanks to a synthesis of each document selected.

2.3 Scientific Interest For Public Policies In Benin Agricultural Sector

The search engines used identified 37 214 scientific works on public policies and reforms in the agricultural sector in Benin (Table 2). Application of the first inclusion/exclusion criterion (type of document) resulted in the identification of 19 871 documents. Then, the coverage area criterion reduced the number of documents to 4,571. After eliminating redundancies and

inaccessible documents, application of the criterion of the presence of key concepts in the subject and/or abstract reduced the number of qualified works to 1007. 97 documents were deemed eligible after application of the criterion relating to the quality of the methodology adopted in the document. Only works that presented a clear, transparent and comprehensible methodology were eligible. Finally, only 44 documents were retained following the assessment of the relevance of the results (Affognon et al., 2015) with at least "satisfactory relevance" following the full-text review (Table 3).

A temporal analysis of the documents consulted showed that work on agricultural policies or public intervention in the agricultural sector in Benin has gradually increased (Table 2). It was mainly from 2001 onwards that the number of publications exceeded the 11,000 marks. This is in line with the period of growth in the number of African scientific publications in all fields, due to increased investment in research and development and improvements in infrastructure and human resources (Bonnecase and Brachet, 2021; Blom et al., 2015).

Table 2. Publications on agricultural policies and reforms in the agricultural sector

Years of publication	Quantity and percentage		Increasing cumulative frequency	
	N	%	n	%
1960 - 1970	346	0,9%	346	0,9%
1971 - 1980	638	1,7%	984	2,6%
1981 - 1990	1 620	4,4%	2 604	7,0%
1991 - 2000	3 780	10,2%	6384	17,2%
2001 - 2010	11 000	29,6%	17 384	46,7%
2011 - 2020	16 400	44,1%	33 784	90,8%
2021 - 2022	3 430	9,2%	37 214	100%

In addition, all the documents selected for research have been grouped into four categories: scientific articles, books or book chapters, theses or dissertations and study reports. Each category makes a unique contribution by providing different perspectives, varying levels of detail and diverse methodological approaches to understanding the trajectory of interventions in the agricultural sector. Emphasis has been placed on the articles in view of the rigorous peer review process, which guarantees a high level of quality and credibility of the data and conclusions presented. Study reports include analyses specific to the national context, assessments of the impact of agricultural policies and strategic recommendations for improving the formulation and implementation of these policies. 25 scientific articles were published in national and international journals. There were six (06) books and book chapters and five (05) theses on agricultural policies in Benin. Finally, nine (09) of the works remained in the form of grey literature. These trends bear witness to the growing interest of researchers, in this case academics, in agricultural policy issues over the last 20 years.

Table 3. Documents on agricultural policies and reforms in Benin mobilized

Types of documents	Quantity	References
Research Articles	25	Adjovi, 2020; Oloukoï (2018); Oloukoï *et al*. (2013); Honfoga (2018), Acacha *et al*. (2019), Affomaï and Koné (2017); Alé (2008), Aplogan *et al*. (2022); Balié and Fouilleux (2008); Bierschenk (1997); Fouilleux and Balié (2009); Hirsch (2002); Ibikoulé and Lee (2009); Kpadé and Boinon (2011); Lavigne Delville (2018); Le Meur (2000); Mercoiret (2006); Dissou (1992); Delville (2010); Bierschenk *et al* (1998); Kherallah *et al* (2001); Dayou *et al* (2020); N'Goye *et al* (2021) ; Bendjebbar and Fouilleux (2022) ; Ribier (2002).
Books/Book Chapters	6	Avom and Ongo Nkoa (2019); Koukakanou *et al.* (2021); Balié and Ricoy (2010); Floquet and Mongbo (1998); Ribier and Baris (2014), Neefjes (1986)
Doctoral thesis	5	Nassi (2013); Bendjebbar (2018); Onifade Fagbemi (1986); Toudonou (1987); Senahoun (2000);
Research reports or Study reports	9	Ahoyo Adjovi *et al*., (2013), Amen (2009), CEDEAO (2015); Deniel (2008); Hodonou (2002); Inter-réseaux *et al.* (2012) ; Soulé (2012) ; Houinsou (2002) ; Balaro *et al.,* (2015);

3 RESULTS

3.1 THE TRAJECTORY OF REFORMS IN THE AGRICULTURAL SECTOR IN BENIN FROM THE INDEPENDENCE PERIOD TILL THE DATE

According to Bonnecase and Brachet (2021: p.8), the political trajectories of African societies are shaped by a complex interplay of historical factors, including the slave trade, colonial conquests, imperial formations, and the emergence of nation-states, alongside autonomous social dynamics. Agricultural policies, as defined by Ribier (2002), encompass a range of regulatory measures, structural arrangements, and allocation of resources by public authorities aimed at fostering agricultural development. These policies are heavily influenced by prevailing ideologies and political currents, which serve as frameworks guiding their objectives, orientations, and governance mechanisms.

In Benin, the evolution of public interventions in rural areas has transitioned from a comprehensive approach to a more sectoral and integrated approach, as noted by Affomaï and Koné (2017). Over time, agricultural policies in Benin have experienced five major shifts aligned with prevailing ideologies since the country's attainment of national sovereignty (Nassi, 2013; Adjovi, 2020).

1960 - 1972: A "forced" quest for economic growth

During this period, which followed Benin's independence, the overarching ideology of territorial independence shaped the country's approach to governance and development (Adjovi, 2020). The newly established governments aimed to break away from colonial practices while navigating the complexities of rural development management (Ibikoulé and Lee, 2021). Economic liberalism emerged as the prevailing development model, with public actions in the agricultural sector influenced by the evolutionary conception of development and a tendency to mimic Western policies (Fouilleux and Balié, 2009). This approach drew inspiration from Rostow's stages of economic growth theory, which posits these countries must progress through predefined stages to achieve development (Rostow, 1965).

The reorganization of the agricultural sector during this period was characterized by several key initiatives, including the establishment of rural development perimeters, the formation of village cooperatives, and the promotion of food crops like rice for local and subregional markets, particularly in Nigeria. Additionally, there was an emphasis on large-scale processing of agricultural products, as noted by Avom and Ongo Nkoa (2021), who observed an economic shift marked by the establishment of factories for processing raw materials.

However, these initiatives often mirrored colonial-era policies, as pointed out by Ahoyo Adjovi et al. (2013), who highlighted a prevailing model of agricultural cooperation between Dahomey and France. Public interventions targeting peasant organizations were viewed as solutions to agricultural sector challenges, influenced by the education system that primarily produced local leaders and bureaucrats (Austin, 2010).

The establishment of rural development cooperatives resulted in the loss of individual farmers' control over their land holdings, leading to expropriations of farmland by the State for public use. These actions facilitated the creation of rural development zones geared towards producing specific crops for French industries, such as palm oil production under the Société Béninoise de Palmier à Huile (SOBEPALH) and palm nut processing under the Société Nationale des Huileries du Dahomey (SNAHDA).

Furthermore, efforts to boost cotton production involved the expansion of activities by the Compagnie Française de Développement des Textiles (CFDT), aimed at ensuring a stable and profitable price for cotton farmers. However, these endeavors failed to significantly improve the situation for cotton growers, highlighting shortcomings in the institutional model of economic integration (Kpade and Boinon, 2011).

Le Meur (2006) characterized the period following independence (1960-1972) as marked by a dualism stemming from the continuation of colonial-era agricultural policies alongside efforts to break free from metropolitan dominance. This manifested in the "cooperativization" of agriculture and the promotion of food crops essential for local consumption.

However, state interventionism aimed at catching up with developed countries led to forced cotton production and attempts to transform agricultural products. These interventions, coupled with land expropriations and forced labor, ultimately resulted in the pauperization of local farmers (Alé, 2008; Ahoyo Adjovi et al., 2013; Kherallah et al., 2001; Affomaï and Koné, 2017; Nassi, 2013).

Overall, the period was characterized by a struggle to break away from colonial-era policies amid pressures to emulate them. Direct public intervention conflicted with the prevailing economic liberalism ideology, leading to a disconnect between

political actors and rural stakeholders. Failures in the agricultural sector, attributed to constraints inherited from colonialism, contributed to the rise of Marxist-Leninist ideology (Duran, 2018; Bjornlund et al., 2022).

From 1972 to 1990: Benin's agricultural sector in a revolutionary period

The inception of the Integrated Rural Development paradigm in Benin coincided with a shift in the political trajectory in October 1972, marked by a revolutionary military regime's ascent to power, emphasizing a centralized and planned economy centered around agriculture to ensure food security for the populace (Senahoun, 2000). This era prioritized food self-sufficiency and nutritional balance, with a focus on local production of cash crops to cater to local industries before exporting surpluses. External interventions, including scientific and technological knowledge, were amalgamated with local practices, fostering concentrated actions in rural areas (Nassi, 2013). This integrated rural development policy aims to satisfy the essential needs of rural actors by considering all factors (internal and external, economic and social). Operationally, numerous initiatives were undertaken:

- Establishment of various state-owned entities such as SONAFEL, GMB, SOCAD, SONACEB, SONAGRI, SADEVO (later transformed into SONIAH and OBAR), and CARDERs, aimed at hydroagricultural development, input supply, extension services, and agricultural training;
- Creation of socialist-style organizations like Groupements Révolutionnaires à Vocation Coopérative and Coopératives Agricoles Expérimentales de Type Socialiste, advocating class struggle, collectivization of means of production, and technical modernization (Ibikoule and Lee, 2021).

Overall, this period was marked by a break from the primary satisfaction of the needs of "others" and the prioritization of the needs of "one's own. The interventions were oriented more precisely in rural areas with a consideration of the farmers' knowledge. At the institutional level, one of the major transformations in the agricultural sector during this period was the generalization of CARDERs in 1975 (Adjovi, 2020). As public organizations of an industrial and commercial nature, the CARDERs were intended to guarantee integrated regional development, and brought about profound changes in rural areas throughout the country.

The analysis of public interventions in the agricultural field during the so-called revolutionary period reveals that the actions undertaken were guided by a desire for endogenous development influenced by Marxist ideology, where nationalism and socialism led to the establishment of national structures and societies aimed at improving the conditions of rural actors. However, these initiatives ended in failure and backtracking. For example, SONIAH was only able to develop a total area of 100 ha out of the 7,000 ha initially planned; CFDT, which was dismissed in 1975, was recalled in 1983 for the cotton sector; and SONAPRA, whose objective was to deal with agricultural promotion in general, focused essentially on cotton (a cash crop). These failures resulted from the failure to take into consideration issues of access to and control of land resources and an imbalance between agricultural activities and the geographic and environmental characteristics of rural areas (Bendjebbar and Fouilleux, 2022). Failures stemmed from overlooking issues of land resource access and control, as well as imbalances between agricultural activities and regional characteristics (Bierschenk & Olivier de Sardan, 2003). Neglecting social, cultural, and economic conditions of targeted regions further compounded these failures. The revolutionary period culminated in the state's bankruptcy in 1989, necessitating a structural adjustment plan (SAP) with the IMF. The SAP ushered in liberalization policies in the agricultural sector, reducing direct state intervention in favor of market mechanisms (Balié and Fouilleux, 2008). Accelerated by the debt crisis and SAPs imposed by Bretton Woods institutions, this breakdown led to food shortages and exacerbated import constraints (Mercoiret, 2006; Bjornlund et al., 2022).

In summary, the revolutionary era in Benin witnessed a shift towards Integrated Rural Development, characterized by state-led initiatives aimed at agricultural modernization and rural development. However, shortcomings in policy implementation, coupled with socioeconomic complexities and external pressures, contributed to its eventual failure and the subsequent adoption of liberalization measures under SAPs.

From 1990 to 2006: Agricultural policies with visions

During the 1990s, the gradual opening of Benin's economy to the global arena ushered in several transformations in the agricultural sector (Houinsou, 2002). A pivotal intervention during this period was the signing and adoption of the Lettre de Déclaration de Politique de Développement Rural (LDPDR) in 1991 between the Government of Benin, the International Monetary Fund, and the World Bank. This strategic instrument delineated Benin's agricultural orientations based on a visionary framework (Lavigne Delville, 2018). Subsequently, the National Agricultural Extension System (SNVA) and the Agricultural Services Restructuring Project (PRSA) were established, aiming to harmonize public interventions in supporting farmers

nationwide. This initiative witnessed the transition of the CARDERs from their erstwhile commercial and industrial activities to focusing on agricultural advisory roles, with SONAPRA assuming their relinquished functions (Adjovi, 2020). Following the principles of economic liberalism, as highlighted by Ahoyo Adjovi et al. (2013), the State redirected its focus from economic activities such as production, processing, and marketing, to concentrating on its regulatory and supportive roles, including extension services and support to farmers' organizations.

Four years subsequent to its enactment, the LDPDR underwent a review in 1995, giving rise to another strategic document for the agricultural sector, the Déclaration de Politique de Développement Rural (DPDR), in 1999. Since 2000, the Schéma Directeur du Développement Agricole Rural (SDDAR) has served as the sector's strategic blueprint, operationalized by the Strategic Operational Plan (PSO) approved in August 2000. The PSO delineates 14 subsectoral and cross-cutting action plans, encompassing diverse facets such as support to farmers' organizations, institutional support, agricultural production diversification, and rural infrastructure development (Hodonou, 2010). The 1990s also witnessed a gradual privatization of input supply and cotton ginning, alongside the establishment of farmer organizations like the Coopérative d'Approvisionnement et de Gestion des Intrants Agricoles (CAGIA) and the Association Interprofessionnelle du Coton (AIC) to streamline functions and serve as intermediaries between stakeholders (Ibikoule & Lee, 2021). Furthermore, in May 2004, through Decree No. 2004-301, the CARDERs evolved into Regional Centers for Agricultural Promotion (CeRPA), facilitated by the establishment of Centres Communaux de Promotion Agricole (CeCPA) at the municipal level, aimed at enhancing proximity to farmers and delivering tailored agricultural advisory services (Aplogan et al., 2022).

However, as observed by Hodonou (2010) and Acacha et al. (2019), the agricultural policies implemented post-2001 primarily aimed at achieving the Millennium Development Goals (MDGs), focusing on ensuring food and nutritional security and reducing poverty through sustainable income increments. Nonetheless, investment spending in the sector remained low during this period, despite administrative decentralization (Kouakanou et al., 2021; Sabourin et al., 2020). The period was characterized by the dismantling of agricultural policy, symbolized by the state's withdrawal from production, marketing, and processing activities, with these roles being transferred to other stakeholders, including producer organizations and the private sector (Kouakanou et al., 2021; Sabourin et al., 2020). Yet, as highlighted by Bauer et al. (2012), the inception of the PSO in 2000 signaled a revival amidst this dismantling, amidst a backdrop of national long-term outlook studies and strategic documents, spurred by international commitments such as the MDGs.

2006 to 2016: Resurgence of the Green Revolution

In 2006, a new government assumed power, prompting a comprehensive and exhaustive diagnosis of the agricultural and rural sectors to delineate a development policy. Consequently, Benin's Strategic Development Orientations (2006-2011) and the Growth Strategy for Poverty Reduction (GSPR/2007-2009) were formulated, envisioning the realization of a "Green Revolution" to propel Benin towards becoming a competitive agricultural economy in the forthcoming years (Honfoga, 2018).

In 2007, a white paper on agricultural advisory services was drafted, culminating in the adoption of the National Agricultural Advisory System (SNCA) and the recruitment of nearly two thousand agents for the Regional Agricultural Promotion Centers (CeRPA) (Aplogan et al., 2022). These centers underwent transformation into Regional Action Centers for Rural Development (CARDER) in 2013 due to perceived inefficiencies (Adjovi, 2020). However, with the adoption of Decree No. 2008-245 of May 6, 2008, the CARDERs were dissolved and liquidated. Concurrently, the food crisis in 2007 prompted the government to institute subsidies on select foodstuffs and necessities and establish the Office National d'Appui à la Sécurité Alimentaire (ONASA).

The Strategic Plan for the Recovery of the Agricultural Sector (PSRSA) was finalized and validated in 2008, yet its implementation was deferred until 2011, representing a three-year gap between policy formulation and execution. The PSRSA, delineated with fourteen strategic objectives, aimed at enhancing Benin's agriculture sustainably to ensure food and nutritional sovereignty, contribute to economic and social development, achieve the Millennium Development Goals (MDGs), and alleviate poverty (N'Goye et al., 2021). The plan prioritized support for designated sectors, encompassing thirteen priority sectors, advocating for productivity, competitiveness, and the development of modern, professional family farming (Bendjebbar and Fouilleux, 2022).

During this period, accompanying measures were devised to augment the efficacy of agricultural sector revival efforts. These measures included securing and enhancing access to production factors and agricultural financing. The National Fund for Agricultural Development (FNDA) was established to provide subsidies to farmers and serve as a guarantee fund for banks and microfinance institutions. Agricultural sector mechanization entailed modernizing rudimentary agricultural equipment through the creation of the Agricultural Mechanization Development Agency (ADMA-SA). The Ministry of Agriculture formulated the National Agricultural Mechanization Strategy, aiming to achieve 20% mechanization of plowed areas by 2015.

Additionally, ensuring access to chemical fertilizers and plant protection products involved allocating a significant tonnage of fertilizer for maize and other crops through cotton tenders annually. To ensure land tenure security, Law 2007-03 of October 16, 2007, on rural land tenure in the Republic of Benin was enacted, legally recognizing land rights established or acquired according to custom, with the aim of simplifying land access rights (Lavigne Delville, 2018). Although agricultural advisory services are ostensibly a shared function, they are predominantly provided by public services with an operational mode centered on addressing farmers' concerns, albeit not very effectively (Aplogan et al., 2022).

Government interventions in the agricultural sector during this period also encompassed tax relief on basic commodities importation and measures to revitalize short-cycle food production (Ahoyo Adjovi et al., 2013). Two programs, the Plan d'Urgence d'Appui à la Sécurité Alimentaire (PUASA) in 2007 and the Programme de Diversification de l'Agriculture par la Valorisation des Vallées (PDAVV) in 2008, were developed for this purpose (Bendjebbar & Fouilleux, 2022). Despite these initiatives, the gains achieved were not sufficiently sustained over time to foster sustainable economic growth, sustained food security, and rational natural resource management (N'Goye *et al.,* 2021; Kouakanou *et al.,* 2021).

From 2016 to the present: the era of rationalization of the agricultural sector

Amidst the depth of challenges linked to previous policies, the new regime that assumed power in 2016 embarked on significant agricultural sector reforms (Adjovi, 2020) with the aim to elevate the country to the status of a regional agricultural powerhouse, boasting extensive production capacity across crop production, livestock, and fisheries. One of the initial steps taken was the establishment of the Bureau of Studies and Support to the Agricultural Sector (B2A) through Decree No. 2016-351 of June 15, 2016. Comprising experts from various subsectors, B2A's primary mandate was to undertake strategic deliberations and spearhead actions to realize the government's agricultural development objectives.

Subsequently, Decree No. 422 of July 20, 2016, delineated the attributions, organization, and functioning of the Ministry of Agriculture, Livestock, and Fisheries, effecting notable changes from the preceding decree (No. 2012-541 of December 17, 2012). The new decree abolished General Directorates such as the Directorate General of Agricultural Development of Food and Nutrition (DGDAN) and the Directorate General of Planning and Rural Equipment (DGAER). The Directorate of Innovations, Agricultural Advice, and Operational Training (DICAF) underwent a transformation into the Directorate of Quality, Innovations, and Entrepreneurial Training (DQIFE).

Furthermore, Decree No. 2016-681 of November 07, 2016, established the institutional framework of agricultural development, which included the creation of seven Agricultural Development Poles (PDA), twelve Departmental Directorates of Agriculture, Livestock, and Fisheries (DDAEP), and the disengagement of the State from the productive sector. Territorial Agencies for Agricultural Development (ATDA) were established to oversee and administer the seven created poles, aiming for a synergistic blend of sectoral and territorial approaches. Consequently, six Regional Centers for Agricultural Promotion were dissolved based on the repeal of Decree No. 2013-137 of March 20, 2013, transforming them into Regional Agricultural Centers for Rural Development (CARDER).

Addressing failures in various agricultural enterprises, such as cashew nut, mango, orange juice, pineapple juice, cashew juice, tomato puree, peanut shelling workshop, and mini rice mills, the government initiated their transfer to private operators in October 2016. Subsequent actions included the liquidation of institutions such as the Office National d'Appui à la Sécurité Alimentaire (ONASA), the Office National de Stabilisation et de soutien des prix des revenus agricoles (ONS), the Centrale d'Achat des Intrants Agricoles (CAIA-SA), and the Société Nationale de Promotion Agricole (SONAPRA) in November 2016. The following month, the decision was made to liquidate the Agence de Promotion des Aménagements Hydro-Agricoles (APAHSA) and the Agence de Développement de la Mécanisation Agricole (ADMA-SA). Notably, the dissolution of B2A occurred towards the end of 2017, with its members redeployed to alternative roles.

Moreover, the Agence Nationale de Mécanisation Agricole (ANaMA), created by decree n°2019-123 of April 10, 2019, was transformed into the Société Nationale de Mécanisation Agricole (SoNaMA) by decree n°117/21 of April 28, 2021, thereby endorsing the statutes of SoNaMA. In a bid to bolster autonomy in cotton research and foster innovation in cotton byproduct production, the Cotton and Fiber Agricultural Research Center (CRA-CF) of the National Agricultural Research Institute of Benin (INRAB) was transferred to the Interprofessional Cotton Association (AIC) through Decree No. 2020-021 of January 8, 2020.

The promulgation of the law on agricultural orientation, food security, and nutrition in the Republic of Benin in July 2022 marked another significant milestone. Furthermore, the merger of the Central Laboratory of Food Safety (LCSSA) with the Beninese Agency of Food Safety (ABSSA) was enacted by Decree 2022-451 of July 27, 2022. Additionally, the government decided to grant a concession for the Glazoué and Malanville rice mills to a private operator on 11 November 2022.

These restructuring endeavors, encompassing suppression, creation, liquidation, assignment, transfer, merger, or leasing, have contributed to rationalizing the institutional landscape of the agricultural sector (Sossou *et al.,* 2023). Characterized by a shift towards subcontracting, where services previously rendered by the State are now entrusted to private operators adhering to specific specifications, these reforms have ushered in procedural and structural transformations within the agricultural sector and necessitated a reevaluation of the national strategy for agricultural advisory services (Aplogan *et al.,* 2022). As noted by Ribier (2002), the liberalization of services, including agricultural advisory services, once regarded as a shared function, has been instrumental. The Stratégie Nationale de Conseil Agricole (SNCA 2018-2025) envisages diminishing the primary role of the Ministry of Agriculture, traditionally tasked with project ownership and management of agricultural advisory services. Instead, the Ministry will gradually delegate project management responsibilities to farmers and their professional organizations, entrusting private entities with proven expertise in agricultural consultancy to assume project management duties. This approach seeks to enable the State to fulfill its sovereign function of quality control over agricultural advisory services.

A pivotal intervention in the agricultural sector is the territorialization of agricultural development, which includes fostering the commodity chain approach and territorial approach to amplify poverty reduction and bolster food security (Honfoga, 2018). By spotlighting agricultural goods distribution channels and illustrating the impact of public policies on local production systems (Temple *et al.,* 2011), this approach underscores the selection of one or two priority commodity chains based on their significance for grassroots actors and the national economy, subsequently serving as "locomotives" for other diversification commodities. These driving forces have been translated into cohesive structuring projects through National Programs for the Development of Chains (PNDFs), managed and coordinated by territorial agricultural development agencies. Aligned with the ethos of maximizing local potential (MAEP, 2017), this reform strategy aims to harness the collective strengths of various stakeholders to foster sustainable agricultural development

3.2 Agricultural Policies And The Agricultural Sector's Contribution To Wealth Creation

Cross-referencing the trajectory of public intervention in the agricultural sector with its contribution to national wealth creation reveals an overall decrease (Figure 2). However, this trend contradicts the trajectory of GDP, which has exhibited steady growth since the 1960s. Since independence, agricultural policies predominantly focused on subsistence farming have been implemented. Investment in the sector remained limited, resulting in a decline of 12 % points in the agricultural sector's contribution to GDP, reflecting the transition from a primarily agrarian to a diversified economy. During the revolutionary period, the emphasis on food self-sufficiency and nutritional balance for the populace catalyzed the establishment of numerous national agri-food processing enterprises (Ribier and Baris, 2013). Consequently, this has led to a significant increase in the agricultural sector's contribution to the national economy.

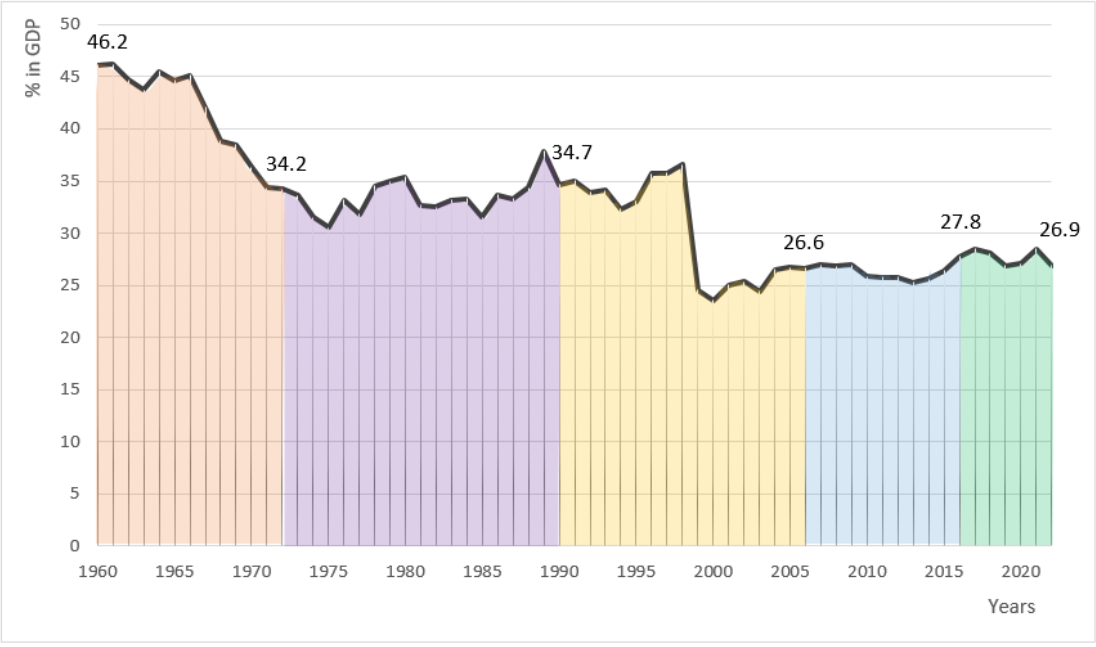


Fig. 2. Agriculture contribution (%GDP) from 1960 à 2022 (Adapted from World Bank, 2023)

The structural adjustments and economic reforms instigated post-1990, including the liberalization of the agricultural sector, engendered stability in the agricultural sector's contribution to the country's economic growth until 1997. Nonetheless, this period was marred by exogenous shocks, notably the volatility of agricultural product prices in the global market. Reflecting a susceptibility to external shocks, despite planning initiatives outlined in agricultural policy documents, the agricultural sector's contribution to the GDP plummeted from 36.6% in 1998 to 26.5% in 1999. Subsequently, post-2006 witnessed the promotion of the green revolution, accompanied by a renewed focus on food security and the development of agricultural value chains. Central to these initiatives were investments in rural infrastructure and the promotion of small-scale farming, culminating in a significant and consistent contribution of the agricultural sector to the national economy, averaging 26.2% over the decade spanning 2006-2016. Since 2016, institutional reforms and the emphasis on main value chains, leveraging the potential of each region, have sustained the agricultural sector's contribution to the GDP. In essence, the observed trend underscores the efficacy of public intervention not only in enhancing the competitiveness of the agricultural sector (Oloukoï *et al.,* 2013) but also in fostering its developmental trajectory (Ahoyo Adjovi *et al.,* 2013).

The institutional reforms enacted in the agricultural sector since 2016 predominantly entail the territorialization of agricultural development and the rationalization of the institutional framework (Sossou *et al.,* 2023). Despite their lamentable top-down approach, these reforms have yielded positive outcomes, propelling Benin from 8th place among African cotton-producing nations in 2011, following the cotton crisis, to the foremost position among cotton-producing countries in 2021, with a production volume of 728,000 tons (DSA, 2023). Additionally, the establishment of the Golo-Djigbé Industrial Zone aims to expedite the processing of agricultural commodities such as soybeans, cotton, cashews, and pineapples

4 DISCUSSION

"Reform and change are never inevitable," asserts Goldfinch (2009) poignantly. The agricultural sector, serving as the primary contributor to foreign exchange and employment in Benin, remains susceptible to transformation. However, as argued by Olivier de Sardan & Ridde (2014), institutional reforms, as public policy endeavors, must exhibit coherence and effectiveness—a criterion yet to be met by any nation worldwide, notwithstanding the considerable variations in inconsistencies and incoherences across similar reforms among nations. Examining the reforms undertaken within Benin's agricultural sector unveils inherent inconsistencies: these changes often echo the prevailing ideologies of the moment or adhere to the mandates and directives of external institutions or powers, overlooking the nuances of the Beninese rural landscape (Fouilleux and Balié, 2009). Characterized by instability, ambiguity, and a blend of continuity and rupture across successive administrations, agricultural policies in Benin perpetually fluctuate.

From independence until the mid-1980s, the incoherence of agricultural reforms was epitomized by conditionalities imposed on the young sovereign State to secure cooperation with France. Public interventions were devised to compel farmers to cater to the needs of the "metropolis," thus fostering a monocultural constraint antithetical to local production systems and exacerbating food and nutritional insecurity. Moreover, a myopic focus on developing large monocultural systems yielded dismal outcomes, initiating a cycle of infrastructure degradation and repair (Bjornlund *et al.,* 2020). Subsequently, structural adjustment programs ushered in a second era of incoherent logic: "off-the-shelf" reforms, devoid of preparatory groundwork or prior consultation with the intended beneficiaries, became imperatives in the context of global financial negotiations with Bretton Woods organizations. The debt crisis and the implementation of International Monetary Fund's (IMF) structural adjustment policies (SAPs) during the 1980s and 1990s precipitated a decline in import spending, plunging food availability below 1960s levels (Bjornlund *et al.,* 2022; Mercoiret, 2006). The uncritical embrace of economic liberalism as the sole pathway to development, akin to a Rostowian stance, elucidates waves of reforms entailing the withdrawal of the State from agricultural support functions, the dismantling of compensatory mechanisms, and the obligatory liberalization of markets devoid of contextual considerations pertinent to Benin's unique circumstances (Alé, 2008).

Furthermore, the 2000s witnessed a surge in initiatives aimed at establishing common agricultural policies across Africa, with Benin being no exception (Balié and Ricoy, 2010). The absence of explicit, coordinated national agricultural policies, leading to a climate of fragility and confusion at the regional level, spurred the formulation of these common agricultural policies, as posited by the aforementioned authors. Consequently, the inefficacy of public interventions underscores the current state of the sector, characterized by constraints such as (i) difficulties in accessing agricultural inputs and land; (ii) inadequate water and energy management; (iii) limited organization within agricultural sectors; (iv) geographic isolation of production areas; (v) insufficient and inadequate storage infrastructure; (vi) nascent mechanization; (vii) susceptibility of vulnerable populations; (viii) incomplete institutional and organizational reforms; and (ix) inadequacy of financing for the agricultural sector (MAEP, 2017). The repercussions of these interventions persistently reverberate across the sector's organization (Ribier, 2002), functioning (Delville, 2018), rural populace's living conditions (Nassi, 2013; Affomaï and Koné,

2017), regional integration (Balié and Fouilleux, 2008), agricultural advisory services (Aplogan *et al.,* 2022), value chains (Kpade and Boinon, 2016), and socioeconomic development of communities (Adjovi, 2020).

We advocate for a retrospective examination of the trajectory of public interventions within the agricultural sector to inform agenda-setting and policy implementation. Such retrospection aids in identifying coherences and divergences in policy orientations, as well as evaluating the outcomes of past decisions to steer future intentions. In alignment with Bongueli (2020) and Doliquez (2003), we recommend that ensuring ownership of agricultural policies necessitates the effective consideration of stakeholders' aspirations in reform implementation. It is imperative to engage all stakeholders impacted by agricultural policies in the policy-making process. As proposed by Lambert *et al.* (2003), policymakers should foster dialogue and collaboration among equitably represented stakeholders through participatory workshops, focus group discussions, and other forms of engagement to ensure the incorporation of diverse perspectives. This inclusive approach should encompass farmers, extension agents, researchers, local communities, and civil society organizations.

5 CONCLUSION

This literature review presents a chronological examination of public policies and socio-institutional changes within the agricultural sector of Benin up to the year 2022. The analysis delineates five distinct phases in the historical evolution of the agricultural sector. Primarily, the identified transformations pertain to the alignment of agricultural policies with prevailing ideologies, external directives, and to a certain extent, national agendas. Notably, the latest period under review (2016 to present) has witnessed the revision of strategic plans and investment frameworks. Nonetheless, there exists a discernible disjunction between the projected outcomes outlined in strategic documents and the actual achievements, alongside a pattern of discontinuities and continuities.

From a scholarly standpoint, several avenues warrant further investigation or exploration. These include the social perceptions of agricultural stakeholders regarding institutional reforms, the extent of stakeholders' engagement with reforms to realize the objectives delineated in strategic documents, and the ramifications of institutional changes on the organizational and productive dynamics of stakeholders. Given the observed inconsistencies in reform implementation and inefficiencies within the national agricultural sector since 1960, it is pertinent to question the efficacy of current interventions in realizing sectoral objectives. This underscores the imperative of bolstering monitoring and evaluation mechanisms to ensure the coherence and effectiveness of agricultural policies.

Preceding agricultural reforms, an analysis of past intervention failures and a comprehensive consideration of stakeholders' aspirations are imperative. Breaking away from the colonial-era policy paradigm of raw material exportation towards foreign industries is imperative for augmenting the value addition of agricultural products and fortifying agri-food processing capacities within the nation. Furthermore, this stance challenges the prevailing ideological orthodoxy, which often reflects the directives of technical and financial partners, whether bilateral or multilateral. Ultimately, agricultural policies in sub-Saharan nations like Benin would benefit from a long-term, forward-looking, integrated framework that prioritizes the welfare of local stakeholders over international institutional interests.

DECLARATION OF GENERATIVE AI AND AI-ASSISTED TECHNOLOGIES IN THE WRITING PROCESS

"During the preparation of this work the authors used CHATGPT in order to TRANSLATE and CHECK FOR GRAMMATICAL ERRORS IN THE PAPER. After using this tool/service, the authors reviewed and edited the content as needed and take full responsibility for the content of the publication.**"**

REFERENCES

[1] Acacha, H., Grégoire, V. E., & Adidjatou, K. A. D. (2019). Analyses des politiques territoriales publiques sur les politiques agricoles dans le développement des collines. *Revue des Etudes Multidisciplinaires en Sciences Economiques et Sociales, 4* (2). https://doi.org/10.48375/IMIST.PRSM/remses-v4i2.15989.

[2] Adjovi, I. S. M., (2020). Bilan et conceptualisation des paradoxes institutionnels du développement au regard des Politiques agricoles du Bénin de 1960 à 2017. *Revue Sociétés & Économies, 20 (2020), 39-69 http://rps.univ-parakou.bj/detail.html~idPublication~439.*

[3] Affognon, H., Mutungi, C., Sanginga, P., & Borgemeister, C. (2015). Unpacking postharvest losses in sub-Saharan Africa: a meta-analysis. *World development, 66,* 49-68. http://dx.doi.org/10.1016/j.worlddev.2014.08.002

[4] Affomaï M. Y., & Kone I. (2017). Mise en œuvre des politiques publiques agricoles dans la basse vallée de l'Ouémé au Bénin: quelles mutations socio-économiques?. *LONNIYA Revue du Laboratoire des Sciences Sociales et des Organisations* 1 (1), 67-95. https://www.lasso-ci.com/pdf/lonniya2017.pdf#page=67.

[5] Ahoyo Adjovi, N. R., Agboton, A. G., Djinadou K. A., Adégbola P. Y. et Dagan, A., (2015). Analyse de l'évolution de la production et des revenus agricoles en l'absence du Plan Stratégique de Relance du Secteur Agricole au Bénin. *Annales des sciences agronomiques* 19 (2) volume spécial: 239-250 https://publications-chercheurs.inrab.bj/uploads/fichiers/lots1/Articles/Adegbola/Article%2016_2015_ASA_Analyse%20%C3%83%C2%A9vol%20prod%20et%20revenus%20agri.pdf

[6] Ahoyo Adjovi, N., Glin, L. C., Azandegbe, D. (2013). Analyse des interventions du pouvoir public dans le secteur agricole au Bénin de 1960 à nos jours. In *Etude. Cotonou, Bénin: Conseil D'analyse Économique*. http://refhub.elsevier.com/S0743-0167 (21) 00345-4/sref2.

[7] Akpovo, A. H., Fandohan, A. B., & Djossa, A. B. (2022). Conservation et gestion durable de Ricinodendron heudelotii (Baill.) Pierre ex Heckel: Connaissances, lacunes et perspectives. *Sciences and Technologies for Substainable Agriculture, 2* (1), 1-17. https://stsa.una.bj/index.php/st/article/view/8.

[8] Ale, G. A. (2008). Libéralisation agricole et incidence sur la production du coton au Bénin. *Alternatives sud, 15* (1), 89-106. http://www.slire.net/download/1921/li_ralisation_agricole_et_incidence_sur_la_production_du_coton_aub_nin.pdf

[9] Anouilh, D., & Mbacké-Mboup, C. (2008). 50 ans d'histoire du conseil agricole en Afrique de l'Ouest et Centrale'. *Grain de sel,* 41-42. https://www.inter-reseaux.org/wp-content/uploads/gds-41-42-politiques-agricoles-part2-7-anouilh.pdf

[10] Amen, (2009). Evaluation de la politque de développement du secteur agricole au Bénin. Rapport d'étude, MPDEPP-CAG, 137p. https://evaluation.gouv.bj/evaluations/41.

[11] Aplogan, A., Zossou, E., Zoundji, G. C., & Vodouhe, S. D., (2022). Entre abstraction et réalité dans la mise en œuvre du conseil agricole en Afrique subsaharienne: leçons apprises des expériences du département de l'Atlantique au Bénin. *The European Journal of Development Research,* 34: 1118–1143 https://doi.org/10.1057/s41287-021-00424-x.

[12] Austin, G., (2010). African economic development and colonial legacies. International Development Policy, 1, 11-32. https://doi.org/10.4000/poldev.78.

[13] Avom D., & Ongo Nkoa B. E., (2021). Politiques publiques et transformation industrielle dans un contexte d'émergence: une analyse du cas de l'Afrique subsaharienne. In D. Avom, et B.E. Ongo Nkoa (Dirs.), Pertinence des politiques publiques de développement en Afrique subsaharienne (pp. 13-23). Editions L'harmattan, Paris.

[14] Balaro, G., Soulé, B. G., & Gansari, S. (2008). Analyse des politiques et stratégies mises en œuvre par l'état dans la filière riz depuis 2008. *Rapport technique,* 22. https://roppa-afrique.org/IMG/pdf/rapport_synthese_analyse_politiques_et_strategies_mises_en_oeuvre_depuis_2008_benin.pdf

[15] Balié, J., & Ricoy, A. (2010). Concrétiser les politiques agricoles communes africaines. *Économie rurale, 316,* 21-35. http://dx.doi.org/10.4000/economierurale.2562.

[16] Balié, J., Fouilleux, È. 2008. Enjeux et défis des politiques agricoles communes en Afrique: une mise en perspective avec l'expérience européenne 1. *Autrepart,* (2), 157-171. http://dx.doi.org/10.3917/autr.046.0157.

[17] Bassett, T., (2002). *Le coton des paysans. Une révolution agricole en Côte d'Ivoire,* Paris, Institut de recherche pour le développement, Paris, IRD Éditions, 2002. https://doi.org/10.4000/books.irdeditions.10192.

[18] Bauer MW, Jordan A, Green-Pedersen C, & Heritier A. (2013). Dismantling public policy: preferences, strategies and effects. Oxford: Oxford University Press. https://doi.org/10.1093/acprof: oso/9780199656646.001.0001.

[19] Bendjebbar, P. (2018). *Vers un modèle bio africain?: trajectoires comparées d'institutionnalisation de l'agriculture biologique au Bénin et en Ouganda* (Doctoral dissertation, Université Paris-Est). https://theses.hal.science/tel-02185005/preview/96911_BENDJEBBAR_2018_archivage.pdf

[20] Bendjebbar, P., & Fouilleux, E., (2022). Exploring national trajectories of organic agriculture in Africa. Comparing Benin and Uganda. *Journal of Rural Studies, 89,* 110-121. http://dx.doi.org/10.1016/j.jrurstud.2021.11.012

[21] Bierschenk, T. 1997. *Le secteur rural dans l'économie rentière du Bénin*. Inst. für Ethnologie und Afrikastudien., 1-8. https://www.researchgate.net/profile/Thomas-Bierschenk-2/publication/343749127_Bierschenk_Thomas_1997_Le_secteur_rural_dans_l'economie_rentiere_du_Benin/links/5f3d6372458515b7292f3d40/Bierschenk-Thomas-1997-Le-secteur-rural-dans-leconomie-rentiere-du-Benin.pdf

[22] Bierschenk, T., & Olivier De Sardan, J.P., (2003). Powers in the Village: Rural Benin Between Democratisation and Decentralisation. *Africa, 73* (2), 145-173. http://dx.doi.org/10.3366/afr.2003.73.2.145

[23] Bierschenk, T., Floquet, A., Le Meur, P. Y., Brüntrup-Seidemann, S., Gbessèmèhlan, V., Adanguidi, J.,... & Totognon, J., (1998). Paysans, État et ong au Bénin. *Une société civile entreprenante, Rapport de recherche, Université de Hohenheim*. https://www.researchgate.net/profile/Anne-Floquet/publication/259999427_Paysans_Etat_et_ong_au_Benin_Une_societe_civile_entreprenante/links/6083ffcf881fa114b4243310/Paysans-Etat-et-ong-au-Benin-Une-societe-civile-entreprenante.pdf

[24] Bjornlund, V., Bjornlund, H., & van Rooyen, A. (2022). Why food insecurity persists in sub-Saharan Africa: A review of existing evidence. *Food Security, 14* (4), 845-864. http://dx.doi.org/10.1007/s12571-022-01256-1.

[25] Bjornlund, V., Bjornlund, H., & van Rooyen, A. F. (2020). Exploring the factors causing the poor performance of most irrigation schemes in post-independence sub-Saharan Africa. *International Journal of Water Resources Development, 36* (sup1), S54-S101. http://dx.doi.org/10.1080/07900627.2020.1808448.

[26] Blom, A., Lan, G., & Adil, M. (2015). *Sub-Saharan African science, technology, engineering, and mathematics research: A decade of development*. World Bank Publications. http://dx.doi.org/10.1596/978-1-4648-0700-8.

[27] Bongeli Y. Ya Ato, E. (2020). Sociologie politique: perspectives africaines. L'Harmattan RD Congo. 547p.

[28] Bonnecase, V., & Brachet, J. (2021). Introduction au thème. Afrique et engagement scientifique: sur le mouvement des lignes. *Politique africaine,* 161-162, 5-29. https://doi.org/10.3917/polaf.161.0005.

[29] CEDEAO. (2015). L'agriculture et l'alimentation en Afrique de l'Ouest Mutations performances et Politiques agricoles.138p.

[30] Courade, G. (2006). Politiques alimentaires et agricoles en Afrique subsaharienne: Le possible et le nécessaire. In Hubert, B., & Clément, O. (Eds.), *Le monde peut-il nourrir tout le monde ? Sécuriser l'alimentation de la planète.* IRD Éditions. http://dx.doi.org/10.4000/books.irdeditions.446

[31] Daane, J. R., Mongbo, R. L., (1991). Peasant influence on development projects in Benin: a critical analysis. *Genève-Afrique/Geneva-Africa, 29* (2), 49. https://library.wur.nl/WebQuery/wurpubs/15118.

[32] Davis, J., Mengersen, K., Bennett, S., & Mazerolle, L., (2014). Viewing systematic reviews and meta-analysis in social research through different lenses. *SpringerPlus, 3* (1), 1-9. http://dx.doi.org/10.1186/2193-1801-3-511.

[33] Dayou, E. D., Zokpodo, B. K., Montcho, M., Ajav, E. A., Bamgboye, I. A., GldeKaka, R. L., (2020). Current Agricultural and Environmental Policies in Benin Republic. *Sustainable Agriculture Research, 9* (526-2021-471), 87-100. http://dx.doi.org/10.5539/sar.v9n2p87.

[34] Deniel, E. (2007). Réflexions sur le conseil agricole au Bénin: De la vulgarisation au conseil agricole: une volonté affichée mais un passage difficile sur le terrain (Services agricoles). *Paris: Inter-réseaux Développement rural*. https://www.inter-reseaux.org/wp-content/uploads/Benin_Conseil_Agricole_EDeniel_MAE_2008.pdf

[35] Dissou, M., 1992. L'Aide et les priorités internes des politiques agricoles nationales et sa place dans le secteur agricole: Le cas du Bénin. *Africa Development/Afrique et Développement,* 139-169. https://www.jstor.org/stable/43658267.

[36] Doligez, E. (2003). La participation, un theme recurrent du developpement?. *Journées d'Etude IRAM. Paris-Montpellier, France: IRAM*. https://www.iram-fr.org/ouverturepdf.php?file=iram-je2003-doc-prepa-complet-1498230058.pdf

[37] Douillet, M., & Girard, P., (2013). Productivité agricole: des motifs d'inquiétude? (I) les concepts«, *FARM, Notes,* N°7, juillet 2013, 12p. https://old.fondation-farm.org/zoe/doc/notefarm7_productivite_juil2013.pdf

[38] DSA (2023). Indicateurs macro-économiques du secteur agricole 2022. MAEP. 6 p. Cotonou, Bénin. https://dsa.agriculture.gouv.bj/statistics/macroeconomique.

[39] Dumez, H., (2011). Faire une revue de littérature: pourquoi et comment?. *Le Libellio d'Aegis, 7* (2-Eté), 15-27. http://lelibellio.com/wp-content/uploads/2013/01/Libellio22.pdf#page=15.

[40] Duran, P. (2018). L'évaluation des politiques publiques: Les sciences sociales comme sciences de gouvernement. *Idées économiques et sociales,* 193, 6-27. https://doi.org/10.3917/idee.193.0006.

[41] Durkheim, E. (2010). *Les règles de la méthode sociologique*. Nouvelle Éditions Flammarion, Paris, 208p.

[42] Floquet, A., & Mongbo, R. (1998). *Des paysans en mal d'alternatives: dégradation des terres, restructuration de l'espace agraire et urbanisation au bas Bénin*. Margraf. 191p. https://infodoc.agroparistech.fr/index.php?lvl=notice_display&id=125382.

[43] Fouad, F., Tahrouch, M., & Aajly, A. (2020). Regards croisés: résistance au changement organisationnel, quel phénomène et quelles perspectives de conduite?. *International Journal of Accounting, Finance, Auditing, Management and Economics, 1* (2), 283-300. https://dx.doi.org/10.5281/zenodo.4027688.

[44] Fouilleux, E., & Balié, J. (2009). Le double paradoxe de la mise en place de politiques agricoles communes en Afrique. Un cas improbable de transfert de politique publique. *Pôle Sud,* (2), 129-149. http://dx.doi.org/10.3917/psud.031.0129.

[45] Fréchette, A., (2009). La gouvernance forestière au Québec: le défi du changement institutionnel dans les systèmes socio-écologiques interdépendants, *VertigO - la revue électronique en sciences de l'environnement* [Online], Hors série 6, novembre 2009, http://dx.doi.org/10.4000/vertigo.8948.

[46] Goldfinch, S., (2009). Introduction. In Goldfinch, S., & Wallis, J. (Eds.). (2009). *International handbook of public management reform*. Edward Elgar Publishing.

[47] Groupe de la Banque Africaine de Développement – AfDB, (2016). Nourrir l'Afrique - Stratégie pour la transformation de l'agriculture africaine 2016–2025. 80p. https://www.afdb.org/fileadmin/uploads/afdb/Documents/Policy-Documents/Feed_Africa_-_Strategie-Fr.pdf

[48] Hassenteufel, P., (2008). *Sociologie politique: l'action publique,* Armand Colin, col. « U Sociologie », 294 p.

[49] Hélardot, V., Gaudart, C. & Volkoff, S. (2019). La prise en compte des dimensions temporelles pour l'analyse des liens santé-travail: voyages en diachronie. *Sciences sociales et santé,* 37, 73-97. https://doi.org/10.1684/sss.2019.0157.

[50] Hirsch, R. (2002). Deux regards sur les politiques agricoles- Les filières oléagineuses d'Afrique de l'Ouest: quelles perspectives face à l'intégration et à la mondialisation?. *Oléagineux, corps gras, lipides, 9* (6), 426-432.

http://dx.doi.org/10.1051/ocl.2002.0426.

[51] Hodonou, A., (2010). Efficacité des politiques mises en œuvre de 2001 à 2008 pour la réalisation des OMD au Bénin. Document de travail n°02/2010, CAPOD, Cotonou 44p. https://www.academia.edu/16653259/EFFICACITE_DES_POLITIQUES_MISES_EN_%C5%92UVRE_DE_2001_A_2008_POUR_LA_REALISATION_DES_OMD_AU_BENIN.

[52] Honfoga, B.G., (2018). Agricultural Policy and Challenges to Reducing Food Insecurity and Poverty in Benin. *Reference Module in Food Science,* 2018, 1-7. http://dx.doi.org/10.1016/B978-0-08-100596-5.21467-4.

[53] Houinsou, D., (2002). Une évaluation des secteurs des Engrais et des Semences au Benin. 0400 ATRIP Evaluation Bénin, 42p. http://www.hubrural.org/IMG/pdf/atrip_benin_evaluation_secteur_engrais_semences.pdf

[54] Hrustek, L., (2020). Sustainability driven by agriculture through digital transformation. *Sustainability, 12* (20), 8596. http://dx.doi.org/10.3390/su12208596.

[55] Ibikoule, G. E., & Lee, J. (2021). Characteristics of trends and historical path of agricultural cooperatives in the Republic of Benin. *Bull. Fac. Agric. Kagoshima Univ, 71,* 31-40. https://www.agri.kagoshima-u.ac.jp/wpo/wp-content/uploads/2022/06/vol71-p31-40.pdf

[56] Inter-Réseaux, Fert & Afdi/Corade, (2012). Le conseil dans les politiques agricoles du Bénin, du Burkina-Faso, de la Guinée et du Niger: synthèse et point de vue des organisations de producteurs. *Synthèse*. 9p. https://www.inter-reseaux.org/wp-content/uploads/Synthese_politiques_conseil_agricoles_10_mars2013_mis_en_page.pdf

[57] Kantchede, C. N., Ahouansou, R. H., Ajav, E. A., & Bizimungu, G. (2022). Development of a small-scale power tiller for farmers in developing countries: A case study of Benin. *Journal of Agriculture and Food Research, 10,* 100441. https://doi.org/10.1016/j.jafr.2022.100441.

[58] Kherallah, M., Minot, N., Kachule, R., Soule, B. G., & Berry, P., (2001). Impact of agricultural market reforms on smallholder farmers in Benin and Malawi. *IFPRI Research Report, GTZ,* 357p. https://citeseerx.ist.psu.edu/document?repid=rep1&type=pdf&doi=aba2e6a3e54f98fccedd51483f903fc0dbb965a3.

[59] Kouakanou, B., Aguemon, D., Aina, M. S., Gounou, A., & David-Gnahoui, E. M. (2021). The potential and the challenges of evaluations to positively influence reforms. *Using Evidence in Policy and Practice,* 152. http://dx.doi.org/10.4324/9781003007043-9.

[60] Kpadé, P. C., Boinon, J. P., (2011). Dynamique des politiques cotonnières au Bénin. Une lecture par la dépendance de sentier. *Économie rurale, 321,* 58-72. http://dx.doi.org/10.4000/economierurale.2949.

[61] Lambert, A., Le Meur P.Y., (2003). Guide opérationnel pour une prise en compte des groupes d'acteurs dans les politiques publiques de lutte contre la pauvreté et les inégalités (synthèse). In IRAM (Ed), De la participation à l'empowerment: entre la mise en condition et l'illusion de la prise du pouvoir ? (238-244). IRAM https://www.iram-fr.org/ouverturepdf.php?file=iram-je2003-doc-prepa-complet-1498230058.pdf

[62] Lavigne Delville, P., (2018). Les réformes de politiques publiques en Afrique de l'ouest, entre polity, politics et extraversion: eau potable et foncier en milieu rural (Bénin, Burkina Faso). *Gouvernement & action publique,* 7 (2), 53-73. http://dx.doi.org/10.3917/gap.182.0053.

[63] Lavigne Delville, P. (2010). La réforme foncière rurale au Bénin: émergence et mise en question d'une politique instituante dans un pays sous régime d'aide. *Revue française de science politique, 60* (3), 467-491. http://dx.doi.org/10.3917/rfsp.603.0467.

[64] Leca, J. (2012). L'état entre politics, policies et polity: ou peut-on sortir du triangle des Bermudes?. *Gouvernement & action publique,* (1), 59-82. http://dx.doi.org/10.3917/gap.121.0059.

[65] Le Meur, P.Y., (2006). State making and the politics of the frontier in central Benin. *Development and change, 37* (4), 871-900. http://dx.doi.org/10.1111/j.1467-7660.2006.00505.x.

[66] Long, N., (1994). Du paradigme perdu au paradigme... retrouvé ? Pour une sociologie du développement orientée vers les acteurs. *Bulletin de l'APAD* 7: 27p http://dx.doi.org/10.4000/apad.2183.

[67] MAEP, (2011). *Stratégie de Relance du Secteur Agricole (PSRSA).* Rapport d'étude. Cotonou: MAEP; 107 p.

[68] MAEP, (2017). Plan Stratégique de Développement du Secteur Agricole (PSDSA) 2025 Plan National d'Investissements Agricoles et de Sécurité Alimentaire et Nutritionnelle PNIASAN 2017 – 2021. Rapport. Cotonou: MAEP; 139 p.

[69] Mercoiret, M. R., (2006). Les organisations paysannes et les politiques agricoles. *Afrique contemporaine, 217* (1), 135-157. http://dx.doi.org/10.3917/afco.217.0135.

[70] N'Goye, C. G. B., Egah, J., Baco, M. N., (2021). Sustainability Analysis in Agricultural Policies in Benin. *Journal of Agricultural Studies,* 9 (1), 173-185 http://dx.doi.org/10.5296/jas.v9i1.17940.

[71] Nassi, K. (2013). La marchandisation du foncier rural à Allada au Sud-Bénin: Enjeux, logiques des acteurs et implications sociales, Thèse de doctorat, UAC, 287p.

[72] Neefjes, R., (1986). The agricultural policy in relation to food production in Benin: necessity and possibilities for an intensive intervention?. In Neefjes, R., (Dir.) *The agricultural policy in relation to food production in Benin: necessity and possibilities for an intensive intervention?* CABI (pp. 156).

[73] Nhemachena, C., Nhamo, L., Matchaya, G., Nhemachena, C. R., Muchara, B., Karuaihe, S. T., & Mpandeli, S. (2020). Climate change impacts on water and agriculture sectors in Southern Africa: Threats and opportunities for sustainable development. *Water, 12* (10), 2673. http://dx.doi.org/10.3390/w12102673.

[74] Norton, R.D., (2014). Policy Frameworks for International Agricultural and Rural Development. *Encyclopedia of Agriculture and Food Systems,* 4 (1).489-503. http://dx.doi.org/10.1016/B978-0-444-52512-3.00123-6.

[75] Olivier de Sardan, J.P, & Ridde, V., (2014). Les spécificités des politiques publiques et des systèmes de santé en Afrique sahélienne. In *Une politique publique de santé et ses contradictions: la gratuité des soins au Burkina Faso, au Mali et au Niger*. KARTHALA Editions. https://www.karthala.com/accueil/2877-une-politique-publique-de-sante-et-ses-contradictions-la-gratuite-des-soins-au-burkina-faso-au-mali-et-au-niger-9782811112226.html.

[76] Oloukoï, L. (2018). Sensibilité de la croissance et de la compétitivité agricoles aux chocs de politique agricole: évidence empirique pour le Bénin. *Revue des Etudes Multidisciplinaires en Sciences Economiques et Sociales, 3* (1). https://revues.imist.ma/index.php/REMSES/article/view/11185/6928.

[77] Oloukoï, L., Amoussouga Gero, F., Acclassato, D., & Chabossou, F. A. (2013). *Mesures de politique agricole et compétitivité interne de l'agriculture au Bénin* (No. 309-2016-5213). https://ageconsearch.umn.edu/record/161622/files/OLOUKOI%20Laurent_%20AMOUSSOUGA%20GERO%20Fulbert_%20ACCLASSATO%20Denis%20e.pdf

[78] Onifade Fagbemi, A., (1986). *La politique agricole du Bénin. De la colonisation à nos jours (1985)* (Doctoral dissertation, Grenoble 2). http://www.theses.fr/1986GRE21057.

[79] Page, M. J., McKenzie, J. E., Bossuyt, P. M., Boutron, I., Hoffmann, T. C., Mulrow, C. D.,... & Moher, D. (2021). The PRISMA 2020 statement: an updated guideline for reporting systematic reviews. *International journal of surgery, 88,* 105906. http://dx.doi.org/10.1016/j.ijsu.2021.105906.

[80] Payre R, & Pollet G. (2013). Socio-histoire de l'action publique, La Découverte, coll. « Repères«, Paris. https://doi.org/10.4000/lectures.11636.

[81] Ribier, V., & Baris, P. (2013). Vers un renouveau de politiques agricoles en Afrique?. *Déméter: économie et stratégies agricoles, 2014,* 143-158. https://agritrop.cirad.fr/570488/1/document_570488.pdf

[82] Ribier, V., (2002). Politiques agricoles en Afrique de l'Ouest et du Centre: reste-t-il une marge de manoeuvre pour l'intervention publique? Afrique: agriculture, développement et recherche. *OCL. Oléagineux, corps gras, lipides, 9* (6), 433-438. http://dx.doi.org/10.1051/ocl.2002.0433.

[83] Rostow, W. W., (1965). Les étapes de la croissance économique, *Revue économique*. Rouret (du) M.-J. (trad.), 16 (4), 629-630. https://www.persee.fr/doc/reco_0035-2764_1965_num_16_4_407673_t1_0629_0000_000.

[84] Sabourin E, Grisa C, Niederle P, Pereira Leite S, Milhorance C, Damasceno Ferreira A, Sauer S, & Andriguetto-Filho JM. (2020. Le démantèlement des politiques publiques rurales et environnementales au Brésil. *Cah. Agric.* 29: 31 http://dx.doi.org/10.1051/cagri/2020029.

[85] Schöpfel, J., 2015. Comprendre la littérature grise. *I2D - Information, données & documents,* 52, 30-32. https://doi.org/10.3917/i2d.151.0030.

[86] Senahoun, J., (2000). *Programmes d'ajustement structurel, sécurité alimentaire et durabilité agricole au Bénin* (Doctoral dissertation, Universität Hohenheim). https://agritrop.cirad.fr/486591/.

[87] Snyder, H., (2019). Literature review as a research methodology: An overview and guidelines. *Journal of business research, 104,* 333-339. http://dx.doi.org/10.1016/j.jbusres.2019.07.039

[88] Sossou, R., Nassi, K. M., Sossou, H. C., Gbaguidi, S. J., & Zandjanakou-Tachin, M. (2023). Trajectoire de la réforme de territorialisation du développement agricole au Bénin: qu'en disent les acteurs?. *Revue Internationale du chercheur, 4* (4), 714-738. https://doi.org/10.5281/zenodo.10394937.

[89] Soulé, B. (2012). Politique agricole de la CEDEAO: la monographie du Bénin. *Cotonou, Bénin*.24p. http://www.slire.net/download/1530/polacedeao.pdf

[90] Temple, L., Lançon, F., Palpacuer, F., & Paché, G. (2011). Actualisation du concept de filière dans l'agriculture et l'agroalimentaire. *Economies et Sociétés. Série AG Systèmes agroalimentaires,* (33), 1785-1797. https://hal.science/hal-00802690/document.

[91] Toudonou, J. A., (1987). Pénurie alimentaire et politiques agricoles dans les états de la Communauté Économique de l'Afrique de l'Ouest (CEAO): le cas de la République populaire du Bénin (Doctoral dissertation, Bordeaux 1). https://theses.fr/1987BOR1D015.ris

[92] Wohlin, C., Kalinowski, M., Felizardo, K. R., & Mendes, E. (2022). Successful combination of database search and snowballing for identification of primary studies in systematic literature studies. *Information and Software Technology, 147,* 106908. http://dx.doi.org/10.1016/j.infsof.2022.106908.

[93] The World Bank (2023), Agriculture, forestry, and fishing, value added (% of GDP) – Benin. Accessed online https://data.worldbank.org/indicator/NV.AGR.TOTL.ZS?locations=BJ.

International Journal of Innovation and Applied Studies
ISSN 2028-9324 Vol. 43 No. 2 Aug. 2024, pp. 468-477
© 2024 Innovative Space of Scientific Research Journals
http://www.ijias.issr-journals.org/

Recueil d'opinions des abonnés sur les origines des interruptions fréquentes d'électricité dans la cité de Mbanza-Ngungu en République Démocratique du Congo (RDC)

[Collection of subscriber opinions on the causes of frequent electricity interruptions in the city of Mbanza-Ngungu in the Democratic Republic of Congo (DRC)]

BAZANGIKA MFUMUANENE Victoire[1], KINYOKA KABALUMUNA Godel[2], and TANGENYI OKITO Marcien[2]

[1]Institut Supérieur de Techniques Appliquées Gombe-Matadi, Section Electricité, RD Congo

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

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

ABSTRACT: This paper aims to explore the various perceptions regarding the origins of frequent electricity interruptions in the Mbanza-Ngungu housing estate.
By gathering the views of residents, the collection aims to provide a comprehensive overview of the potential causes of power cuts in the cité, with a view to improving network reliability.
Residents' testimonies revealed that power cuts are caused by technical problems such as breakdowns due to outdated distribution equipment, overloading of HTA cables and network power transformers, as well as poor management of energy resources.
Subscribers also expressed their frustration at the slowness of local authorities to resolve problems linked to the supply of electrical energy in their community.
The article concludes that urgent measures need to be taken to solve the energy supply problems in the housing estate in order to improve the living conditions of the residents.

KEYWORDS: Electricity interruptions, subscribers, Mbanza-Ngungu, DRC, technical problems, outages, network disruption, energy management, supply, opinions.

RESUME: Cette communication vise à explorer les diverses perceptions quant aux origines des interruptions fréquentes d'électricité dans la cité de Mbanza-Ngungu.
En rassemblant les points de vues des résidents, le recueil vise à fournir un aperçu complet des causes potentielles des coupures d'électricité dans la cité, afin d'améliorer la fiabilité du réseau.
Les témoignages des résidents ont révélé que les coupures d'électricité sont causées par des problèmes techniques tels que des pannes dues par un état vétusté des équipements de distribution, surcharge des câbles HTA et transformateurs de puissance du réseau, ainsi que par une mauvaise gestion des ressources énergétiques.
Les abonnés ont également exprimé leur frustration quant à la lenteur des autorités locales à résoudre les problèmes liés à la desserte de l'énergie électrique dans leur communauté.
L'article conclut que des mesures urgentes doivent être prises pour résoudre les problèmes d'approvisionnement énergétique dans la cité afin d'améliorer les conditions de vie des habitants.

MOTS-CLEFS: interruptions d'électricité, abonnés, Mbanza-Ngungu, RDC, problèmes techniques, pannes, perturbation de réseau, gestion énergétique, desserte, opinions.

Corresponding Author: BAZANGIKA MFUMUANENE Victoire

1 INTRODUCTION

L'électricité est un élément clé pour le confort et le développement économique d'une région. Cependant, les interruptions fréquentes d'électricité constituent un défi majeur pour de nombreuses communautés à travers le monde, et la cité de Mbanza-Ngungu en République Démocratique du Congo ne fait pas exception. Ces interruptions peuvent avoir des conséquences significatives sur la vie quotidienne des habitants, affectant tout, de la productivité économique à la qualité de vie. Afin de mieux comprendre les causes sous-jacentes de ce problème persistant, il est essentiel de recueillir les opinions et les perspectives des abonnés locaux. Ce recueil d'opinions vise à explorer les différentes perceptions des résidents de Mbanza-Ngungu concernant les origines des interruptions récurrentes d'électricité dans leur cité. En analysant ces points de vue variés, nous cherchons à identifier les défis spécifiques auxquels est confrontée la fourniture d'électricité dans la région et à formuler des recommandations pour améliorer la fiabilité du réseau électrique.

Les intérêts de cette recherche résident dans sa capacité à fournir des « insights » précieux pour les autorités locales, les fournisseurs d'électricité (SNEL) et les décideurs politiques, afin qu'ils puissent prendre des mesures appropriées pour résoudre ce problème crucial qui affecte la vie quotidienne des habitants de Mbanza-Ngungu.

2 PRESENTATION DU SITE ET ANALYSE DES PARAMETRES D'EXPLOITATION DU RESEAU DE DISTRIBUTION

Située à l'Ouest de la République Démocratique du Congo, dans le territoire de Mbanza-Ngungu et à 154 km au Sud-Ouest de la ville de Kinshasa et à 211 km de la ville de Matadi, le Chef-lieu de la province. La cité de Mbanza-Ngungu est traversée en biais par la Nationale n°1, alors que la voie ferrée est accessible à plus ou moins 16 km par la gare de Mwala-Kinsende (Bureau Territoire Mbanza-Ngungu, 2023).

2.1 REPARTITION DE LA POPULATION DE LA CITE DE MBANZA-NGUNGU POUR L'ANNEE 2023

La figure 1 présente la répartition de la population de la cité de Mbanza-Ngungu par quartier pour l'année 2023.

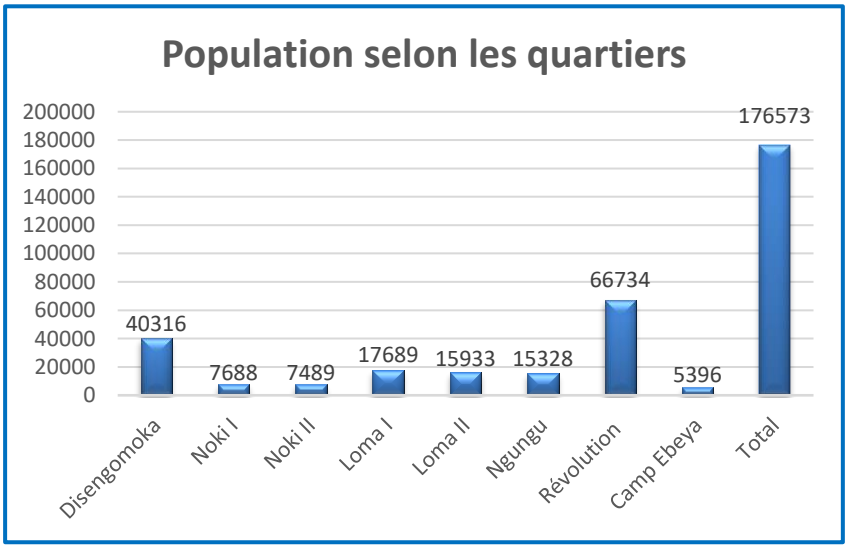


Fig. 1. Évolution de la population selon les quartiers

2.2 TAUX DE CHARGE DU TRANSFORMATEUR HTB DU POSTE SOURCE, FEEDERS HTA ET POSTES HTA/BT DU RESEAU DE DISTRIBUTION ÉLECTRIQUE DE LA CITE DE MBANZA-NGUNGU

Le tableau 1, présente le taux de charge du transformateur HTB/HTA du poste source Zongo de la cité de Mbanza-Ngungu.

Tableau 1. Taux de charge du transformateur HTB/HTA du poste source Zongo

N°	Année	Puissance disponible (MVA)	Pointe (MVA)	Taux de charge (%)
1	2021	15	9,838	58,9
2	2022	15	11,027	67,4
3	2023	15	10,387	69,2

Le tableau 2 indique le taux de charge des feeders HTA du réseau de distribution de la cité de Mbanza-Ngungu pour l'année 2023.

Tableau 2. Taux de charge des feeders HTA 6,6 kV du réseau de distribution électrique de Mbanza-Ngungu pour l'année 2023

N°	Désignation feeders	Taux de charge (%)
1	Yukula	84,8
2	Ngungu	63,7
3	Christ-Roi	129,7
4	Hôpital	113,5

Le tableau 3 présente le taux de charge des transformateurs HTA/BT du réseau de distribution électrique de Mbanza-Ngungu

Tableau 3. Taux de charge des transformateurs HTA/BT du réseau de distribution de Mbanza-Ngungu pour l'année 2023

N°	Désignation cabine/puissance (kVA)	Taux de charge (%)
1	Matubuana (630)	65,7
2	Kinzonzi (160)	3,9
3	Mvumbi (630)	93,3
4	Yukula (630)	98,9
5	Offitra (630)	93,5
6	Ngungu (630)	99,4
7	Pan I (630)	86,2
8	Pan II (630)	74,5
9	Thys (630)	76,9
10	Trabeka (630)	61
11	Noki (630)	72,5
12	Disengomoka (630)	104,5
13	Mukoko (800)	86,8
14	Christ- Roi (630)	77,4
15	Loma I (800)	65,7
16	Loma II (500)	66,4
17	Boko (400)	30,6
18	Mangu (250)	80
19	Mafuku (630)	57,4
20	Val massamba (500)	38,1
21	Hôpital (630)	108,4
22	Athénée (630)	86,2

2.3 STATISTIQUES DES INTERRUPTIONS DE FOURNITURES DE L'ENERGIE ÉLECTRIQUE BT DU JANVIER 2023 AU DECEMBRE 2023

Le tableau 4 présente les statistiques des interruptions de fourniture de l'énergie électrique BT du janvier au Décembre.

Tableau 4. Statistiques des interruptions de fourniture de l'énergie électrique BT du Janvier au Décembre 2023

N°	Mois/Années	Nombre d'interruption	Durée d'interruption	END (kWh)
1	janv-23	477	242741	295229,66
2	févr-23	443	233243	284307,72
3	mars-23	522	261035	318306,98
4	avr-23	463	250342	305185,19
5	mai-23	500	261068	317921,18
6	juin-23	462	253364	308580,81
7	juil-23	491	260543	316013,24
8	août-23	517	261980	317888,99
9	sept-23	493	253597	308832,93
10	oct-23	489	216572	259992,48
11	nov-23	489	216572	259992,48
12	déc-23	478	233400	280732,61
Total		**5824**	**2944457**	**3572984,27**

Pour l'année 2023, nous avons connu au total 5824 interruptions entrainant au totale une énergie non distribuée de **3572984,27 kwh, soit 3,572 Gwh.**

3 DEMARCHE METHODOLOGIQUE

Selon Van Marren (1995, p10), la méthodologie est une « discipline codifiée et dynamique qui a pour objet, l'observation, l'analyse, la réflexion et la contestation… ». Il y a donc nécessité de détailler les méthodologies et techniques qui ont aidé à recueillir les données relativement à notre population d'étude, représentée par notre échantillon en vue d'émettre un point de vue relativement aux hypothèses de départ.

Notre méthodologie est la suivante:

- ***Définir le cadre de l'étude:*** Il est important de préciser les objectifs de l'étude, les questions de recherche, le contexte géographique, le type d'abonnés et le nombre d'abonnés à interroger
- ***Déterminer la méthode de collecte de données:*** Pour notre cas, nous avons utilisé la méthode d'enquête en face à face
- ***Élaborer le questionnaire d'enquête***: Le questionnaire est composé de questions ouvertes et fermées pour recueillir l'opinion des abonnés sur les origines des interruptions fréquentes d'électricité
- ***Pré-tester le questionnaire:*** Avant de lancer l'enquête auprès des abonnés, nous avons testé le questionnaire sur un échantillon réduit de personnes (abonnés) pour évaluer la clarté des questionnaires et la compréhension des répondants
- ***Collecter et analyser les données:*** Une fois le questionnaire validé, il convient de lancer l'enquête auprès des abonnés. Les données recueillies seront ensuite triées, codées et analysées à l'aide d'un outil statistique (SPSS23) pour identifier les tendances et les associations entre les réponses (test de W de Kendall, Alpha de Cronbach et test de Cochran)
- ***Interpréter les résultats et rédiger le rapport:*** Les résultats de l'enquête sont interprétés et présentés de manière claire et synthétique. Le rapport final peut inclure les recommandations pour améliorer la qualité de l'électricité dans la cité de Mbanza-Ngungu

Afin de déterminer notre échantillon d'étude, nous avons fait usage de la table calculée d'échantillon randomisé d'une population selon Krejec et Morgan cité par Bonzeke Nshole (2021).

Tenant compte des abonnés recueillis sur la population des abonnés SNEL dans la cité de Mbanza-Ngungu, selon la table de Krejec et Morgan ainsi consultée, notre échantillon est de 373 sujets répartis dans six quartiers de la cité de Mbanza-Ngungu.

Dans cette étude, nous avons opté pour une approche par sondage d'opinions auprès des abonnés de la SNEL des quartiers de la cité de Mbanza-Ngungu.

Après conception de la check-list (questionnaire final), cet instrument a été testé à travers les tests statistiques suivants: Alpha de Cronbach, W de Kendall:

3.1 ALPHA DE CRONBACH

Tableau 5. Valeur de l'indice Alpha de Cronbach

Alpha de Cronbach	Nombre d'éléments
0,582	23

3.2 W. DE KENDALL

Tableau 6. Rangs de Kendall lors de l'enquête proprement dite

	Rang moyen
Q6	9,08
Q7	15,43
Q8	15,79
Q9	15,66
Q10	15,64
Q11	18,50
Q12	10,62
Q13	7,59
Q14	14,02
Q15	8,03
Q16	7,72
Q17	15,98
Q18	15,03
Q19	15,39
Q20	8,26
Q21	14,51
Q22	8,94
Q23	9,83
Q24	9,33
Q25	10,90
Q26	10,28
Q27	9,96
Q28	9,50

La modalité de fixation des effectifs de l'échantillon selon les quartiers se présente comme suit:

Tableau 7. Répartition des enquêtés selon leurs quartiers

	Effectif	%
Révolution	141	37,7
Loma	71	19,0
Ngungu	33	8,6
Noki	32	8,5
DISENGOMOKA	85	22,8
EBEYA	11	3
Total	373	100,0

4 RÉSULTATS ET DISCUSSION

4.1.1 PRESENTATION DES RESULTATS GLOBAUX PAR ITEMS

Ces résultats sont répartis selon les questions dans les tableaux suivants:

Dans le tableau 8 ci-dessus, nous avons exprimé les suffrages d'adhésion exprimés ainsi que leurs pourcentages respectifs à l'égard des items de la check-list.

Tableau 8. Réparation des enquêtés selon leur qualité

		Fréquence	Pourcentage
Valide	ABONNE BT	349	93,6
	ABONNE MT	18	4,8
	Total	367	98,4
Manquant	Système	6	1,6
Total		373	100,0

THÈME 1: QUALITÉ ET QUANTITÉ DE L'ÉNERGIE ÉLECTRIQUE DESSERVIE:

Tableau 9. Répartition des enquêtés selon leur satisfaction de la qualité de l'énergie

		Fréquence	Pourcentage
Valide	NON	277	74,3
	OUI	94	25,2
	NE SAIS PAS	2	,5
	Total	373	100,0

Tableau 10. Répartition des enquêtés selon leur constatation des variations de la tension

		Fréquence	Pourcentage
Valide	NON	47	12,6
	OUI	324	86,9
	NE SAIS PAS	1	,3
	Total	372	99,7
Manquant	Système	1	,3
Total		373	100,0

Tableau 11. Répartition des enquêtés selon qu'il soit en situation de délestage

		Fréquence	Pourcentage
Valide	NON	43	11,5
	OUI	321	86,1
	NE SAIS PAS	8	2,1
	Total	372	99,7
Manquant	Système	1	,3
Total		373	100,0

Tableau 12. Répartition des enquêtés selon leur fréquence hebdomadaire de délestage

		Fréquence	Pourcentage
Valide	1JOUR	21	5,6
	2JOURS	74	19,8
	3JOURS	163	43,7
	4JOURS	67	18,0
	6JOURS	5	1,3
	7JOURS	2	,5
	AUCUN	41	11,0
	Total	373	100,0

Tableau 13. Répartition des enquêtés selon les causes probables de ce délestage d'électricité

		Fréquence	Pourcentage
Valide	ne sais pas	178	47,7
	SURCHARGE DU TRANSFO	100	26,8
	SURCHAGE DU DEPART	12	3,2
	SURCHAGE M	73	19,6
	SURCHAGE DU TRANSFO HTB	10	2,7
	Total	373	100,0

THEME 2: ENTRETIEN DES EQUIPEMENTS UTILISES LORS DE LA DESSERTE DE L'ENERGIE ELECTRIQUE:

Tableau 14.

		Fréquence	Pourcentage
Valide	NON	52	13,9
	OUI	309	82,8
	NE SAIS PAS	12	3,2
	Total	373	100,0

Tableau 15. Les équipements électriques utilisés pour la desserte d'électricité sont-ils vétustes

		Fréquence	Pourcentage
Valide	NON	310	83,1
	OUI	54	14,5
	NE SAIS PAS	9	2,4
	Total	373	100,0

THEME 3: NIVEAU D'HABILITATION, ATTITUDE ET REACTIVITE DES AGENTS EXPLOITANTS DE LA SNEL FACE AUX DIFFERENTES PANNES ET REVENDICATIONS DES ABONNES:

Tableau 16. Les agents exploitants de la SNEL CVS Mbanza-Ngungu réagissent-ils rapidement en cas de panne électrique

		Fréquence	Pourcentage
Valide	NON	92	24,7
	OUI	256	68,6
	NE SAIS PAS	25	6,7
	Total	373	100,0

Tableau 17. Les agents de la SNEL/CVS Mbanza-Ngungu collaborent-ils correctement avec leurs abonnés

		Fréquence	Pourcentage
Valide	NON	283	75,9
	OUI	85	22,8
	NE SAIS PS	4	1,1
	Total	372	99,7
Manquant	Système	1	,3
Total		373	100,0

Tableau 18. Les agents de la SNEL/CVS Mbanza-Ngungu réagissent-ils convenablement aux revendications liées à la qualité de service

		Fréquence	Pourcentage
Valide	NON	251	67,3
	OUI	108	29,0
	NE SAIS PAS	14	3,8
	Total	373	100,0

Tableau 19. La SNE/CVS Mbanza-Ngungu rembourse-t-elle des équipements électroménagers endommagés en cas de forfait

		Fréquence	Pourcentage
Valide	NON	290	77,7
	OUI	34	9,1
	NE SAIS PAS	49	13,1
	Total	373	100,0

Tableau 20. Les agents exploitants de la SNEL/CVS Mbanza-Ngungu ont un niveau d'habilitation suffisant

		Fréquence	Pourcentage
Valide	NON	265	71,0
	OUI	11	2,9
	NE SAIS PAS	97	26,0
	Total	373	100,0

4.1.2 PRESENTATION ET ANALYSE DES RESULTATS SELON LES VM

La décision de signification asymptotique a été prise au seuil de 0.05 qui signifie:

- non significative lorsque sa valeur est supérieure à 0.05;
- significative lorsque sa valeur est comprise entre 0.01 et 0.05;
- très significative lorsque sa valeur est inférieure à 0.01.

4.2 ANALYSE ET INTERPRÉTATION DES RÉSULTATS

4.2.1 DES OPINIONS GÉNÉRALES DES ENQUÊTÉS

Tenant compte de notre problématique d'une part et de nos hypothèses de départ d'autre part et en se référant à la tendance supérieure des résultats, nous avons interprété les résultats de la manière suivante:

Parmi les 5 quartiers de la cité de Mbanza-Ngungu, celui Révolution regorge d'un grand nombre d'abonnés BT, soit 38,9%.

Les abonnés BT représentent 93,6% sur le nombre total d'abonnés. Leurs avis ont une grande portée dans la prise de décision ou dans la recherche d'une éventuelle solution quant à ce.

74,3% des abonnés interrogés ne sont pas satisfaits de la qualité de l'énergie électrique fournie par la SNEL. En d'autres termes, la qualité de l'énergie électrique desservie par le distributeur auprès des utilisateurs est mauvaise. État de chose qui justifie pleinement notre étude. Sûrement, cela est dû aux causes recherchées.

En rapport avec la stabilité de la tension, 86,9% d'abonnés constatent une instabilité gênante de la tension ou de l'énergie électrique fournie par le distributeur.

Sur 100% des abonnés BT interrogés, 86,1% ont affirmé la présence du phénomène « délestage » d'électricité dans leurs quartiers d'habitation en rapport avec la cabine d'alimentation. Ils ont confirmé une surcharge du transformateur de puissance alimentant leurs foyers en énergie électrique.

Par rapport à la fréquence hebdomadaire de délestage, 43,7% des abonnés sont délestés au moins trois jours par semaine.

64,3% des abonnés BT ont constaté une fréquence journalière d'interruption allant de 1 à 5 fois. Ce qui traduit une autre défaillance dans la desserte en énergie électrique.

47,7% des abonnés BT ne sont pas du tout informés de la cause probable des délestages subis. Un aspect qui dénote d'un manque de communication entre le distributeur et les utilisateurs sur les probables origines des événements subis. Cette communication incessante éviterait certains comportements indignes de la part des utilisateurs. Ces derniers seraient prévenus à temps et prendraient des mesures préventives qui s'imposent.

82,8% des abonnés ont affirmé le non entretien des équipements électriques par la SNEL. Une négligence qui entrainerait la détérioration des équipements et la présence des défaillances importantes.

L'affirmation de la question précédente se confirme par les réponses des abonnés (83,1%) à cette question. Les équipements utilisés par la SNEL sont de plus en plus vétustes.

En cas de panne électrique brusque, 68,6% des abonnés ont estimé que la SNEL a généralement une réaction d'intervention assez rapide et que la desserte n'était pas du tout compromise en cas de panne.

75,9% des abonnés estiment que la SNEL, à travers ses agents, collaborent très peu avec eux. Il y a crise de communication entre distributeur (fournisseur) et utilisateurs (acheteurs) ; il n'y a pas une relation de collaboration saine entre les deux parties.

67,3% des abonnés estiment que les agents de la SNEL / CVS de Mbanza-Ngungu réagissent peu face à leurs revendications en termes de la qualité de service fourni.

Ils sont relativement rapides pour dépanner et insouciants pour la prise en charge de abonnés face à leurs revendications.

77,7% des abonnés estiment qu'en cas de dommage des équipements par une éventuelle instabilité de la part de la SNEL, cette dernière ne rembourse nullement les forfaits causés. Une autre défaillance de leur part.

De manière générale, il apparaît clairement qu'il y a défaillance dans la desserte de l'énergie électrique dans le réseau de distribution de Mbanza-Ngungu due à des causes avérées découlant des réactions des questionnés. Parmi ces causes, nous citons: la surcharge des transformateurs de puissance des postes HTA/BT ainsi que la surcharge des départs (câbles) MT existants.

À ce stade, la réponse à l'hypothèse principale a été renforcée par une analyse approfondie de ces causes dans le chapitre suivant sur les discussions des résultats.

5 CONCLUSION ET PERSPECTIVE

L'enquête menée auprès des abonnés de la cité de Mbanza-Ngungu en République Démocratique du Congo a révélé diverses causes potentielles des coupures fréquentes d'électricité. Les principales raisons identifiées incluent l'infrastructure vieillissante, le manque de maintenance régulière, les problèmes de gestion, ainsi que les facteurs environnementaux et climatiques. Les retours des résidents soulignent un besoin urgent d'amélioration des services distribution d'énergie électrique, ainsi que d'une communication plus transparente de la part des autorités locales perspectives.

Pour répondre aux préoccupations soulevées par les abonnés, il est crucial d'envisager plusieurs actions stratégiques:

1. *Modélisation des infrastructures:* Investit dans la mise à jour et le renforcement des infrastructures électriques pour améliorer la fiabilité du réseau;
2. *Maintenance proactive:* Mettre en place un programme de maintenance régulière pour prévenir les pannes et réduire les temps d'interruption;
3. *Formation et gestion:* Former le personnel technique et améliorer les pratiques de gestion pour une meilleure efficacité opérationnelle;
4. *Diversification des sources d'énergie:* Explorer des sources d'énergie alternatives et renouvelables pour compléter le réseau existant et réduire la dépendance à des sources uniques;
5. *Engagement communautaires:* Renforcer la communication avec les abonnés pour assurer une transparence sur les plans d'amélioration et encourager la participation communautaire dans la gestion de l'énergie

Ces mesures visent non seulement à résoudre les problèmes actuels, mais également à garantir une fourniture d'électricité plus stable et durable pour les résidents de Mbanza-Ngungu à long terme.

REFERENCES

[1] Bachelet, R. (2020). *Analyse & traitement de données: Validité et fiabilité*. Lille: École Centrale de Lille-Villeneuve.

[2] Beaud, S. & Weber F. (2010). Guide de l'enquête de terrain: produire et analyser des données ethnographiques. La découverte (4e éd.).

[3] Belhomme, A. (2010/2011). Cours de stratégie de maintenance.

[4] Bonzeke Nshole, D. (2021). Opinions des enseignants des écoles primaires et secondaires de la cité de Mbanza-Ngungu sur la pratique de punitions scolaires. Mémoire non publiée. Kinshasa: UNIKIN.

[5] Boukherissi M. (2014). « Analyse des modes de défaillances, de leurs effets et de leurs criticités appliquées à la STEP d'Ain et Houtz ». p 182.

[6] Bura Pulunyo, C-M. (2016). Séminaire de questions spéciales de statistique et de psychométrie. Inédit. Kinshasa: UNIKIN.

[7] Bureau de l'État civil. (2020). Territoire de Mbanza-Ngungu. Mbanza-Ngungu.

[8] Carricano, M. & Poujol, F. (2009). *Analyse de données avec SPSS*. Paris: Collection Synthex.

[9] Cellule d'analyses des indicateurs de développement (CAID). (2021). *Cartes géographiques.* Kinshasa: https://www.caid.cd/index.php/donnees-par-province-administrative/province-de-kongo-central/?donnees=fiche.

[10] Centre de documentation. (2020). Style APA 7ème édition: Présentation des citations et références bibliographiques. Genève: Heds.

[11] Davoine, A. (2011). Les enquêtes: généralités sur les sondages, la population et l'échantillon, cours de recherche commerciale online.

[12] De Pietro, J-F. & Murielle, R. (2017). *À propos de la validité « didactique » d'une évaluation.* Évaluer: Journal international de Recherche en Éducation et Formation. 3 (3). 31-50.

[13] Develay, M. (1989). *Sur la démarche expérimentale*. Paris: Aster.

[14] Fourez, G. (1992). *La construction des sciences*. Bruxelles: De Boeck.

[15] Genin, M. (2015). *Tests statistiques*. Lille: Université de Lille 2.

International Journal of Innovation and Applied Studies
ISSN 2028-9324 Vol. 43 No. 2 Aug. 2024, pp. 478-487
© 2024 Innovative Space of Scientific Research Journals
http://www.ijias.issr-journals.org/

Stratégies d'augmentation du taux d'électrification dans les milieux ruraux et renforcement de la capacite en desserte électrique en RD Congo

[Strategies for increasing the electrification rate in rural areas and strengthening the electricity supply capacity in the DR Congo]

Charles NDUMBI KAPUKU and Benjamin NDUBU KHONDE

Ingénieur Electricien et Enseignant des Universités, RD Congo

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

ABSTRACT: In this article the objective is to define the main strategies aimed at proposing the means to increase the rate of electrification in rural areas throughout the national territory not covered by the electricity distribution network. Furthermore, we also offer the possibilities of strengthening the capacity in terms of electrical service to areas covered by the electrical distribution network but operating under severe overload. This theme also aims to create a database that decision-makers can use to facilitate precision at a certain level.

KEYWORDS: Strategies, Increase, Rate, Electrification, Rural areas, Strengthening, Capacity, Electric service, Democratic Republic of Congo.

RESUME: Dans cet article l'objectif est de définir les stratégies principales visant à proposer les moyens pour augmenter le taux d'électrification dans les milieux ruraux de l'ensemble du territoire national non couvert par le réseau électrique de distribution. Par ailleurs, nous proposons aussi les possibilités de renforcement de la capacité en terme de desserte électrique des zones couvertes par le réseau de distribution électrique mais fonctionnant en surcharge approfondie. Ce thème vise également la constitution d'une banque de données que les décideurs pourront utiliser pour faciliter la précision à un certain niveau au moment de l'implémentation.

MOTS-CLEFS: Stratégies, Augmentation, Taux, Electrification, Milieux ruraux, Renforcement, Capacité, Desserte électrique, République Démocratique du Congo.

1 NOTIONS SUR L'ELECTRIFICATION ET RESEAU ÉLECTRIQUE

L'électrification rurale peut contribuer au développement humain à différents égards, et il est souvent avancé que les problèmes d'accès à l'électricité freinent le développement économique et la fourniture de services publics tels que les soins de santé et la scolarité. Partant de ces hypothèses, les Nations Unies veulent assurer un accès universel à l'électricité d'ici 2030 par le biais de leur initiative Énergie durable pour tous. En outre, l'électrification des milieux ruraux (Villages) et localités permet d'améliorer les conditions de travail des écoliers et des enseignants, facilite l'accès à l'eau propre par l'installation de pompes électriques, rend possible la conservation de vaccins, l'éclairage des centres de santé, contribue à la sécurité des personnelles et de leurs biens.

Corresponding Author: Charles NDUMBI KAPUKU

1.1 Trois Étapes Pour Assurer L'electrification Rurale Decentralisee D'une Zone

Nous pouvons mettre en œuvre des projets d'électrification rurale décentralisée de manière à améliorer les conditions de vie des populations démunies, tout en inscrivant la procédure dans une triple logique, dont:

1. Économique: l'électricité permet de créer des emplois directs, de réduire la facture énergétique, d'accroître le temps disponible pour le travail et donc les revenus qui y sont liés, de créer des nouvelles activités ou d'en moderniser certaines, telles que: artisanat, agriculture, etc;
2. Sociale: l'électrification des villages et localités rurales permet d'améliorer les conditions de travail des écoliers et des enseignants, facilite l'accès à l'eau propre par l'installation de pompes électriques, rend possible la conservation de vaccins, l'éclairage des centres de santé, contribue à la sécurité des populations;
3. Environnementale: le recours aux énergies renouvelables permet de lutter contre la déforestation, limite les pollutions liées aux piles, et contribue à réduire les émissions de CO2 et la dépendance aux énergies fossiles

La figure 1 ci-dessous donne la configuration du réseau d'électrification rurale.

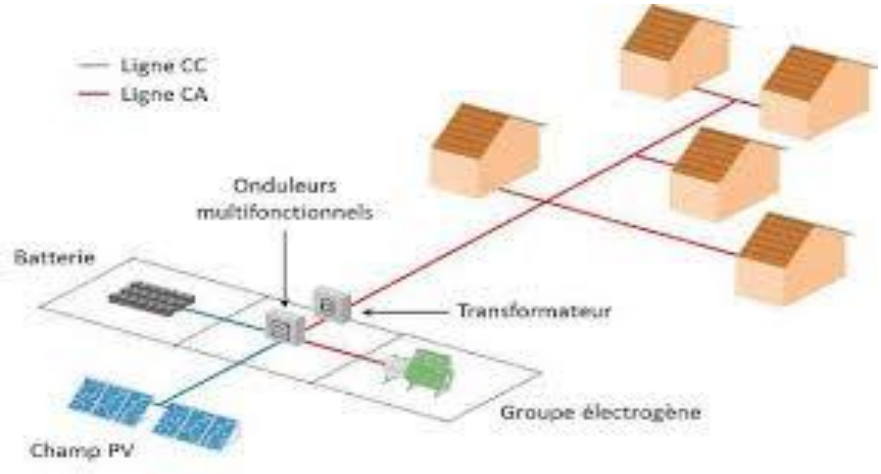


Fig. 1. Schéma d'alimentation électrique à deux sources d'une cité rurale

2 Notions Sur La Fourniture D'energie Électrique En R.D.Congo[1]

Le service public de l'État en RDC qui s'occupe de la distribution d'énergie électrique, c'est la Société Nationale d'Électricité (SNEL), qui a une longue histoire de performances opérationnelles et financières sous-optimales. Cela est dû à un taux élevé de connexions d'utilisateurs illégales et à un tarif moyen pour l'électricité de 0,07 USD / kWh, l'un des plus bas d'Afrique. Cette entreprise compte plus de 500000 connexions enregistrées, y compris les connexions assurées par deux réseaux hydroélectriques et neuf mini-réseaux fonctionnant avec les groupes électrogènes diesel.

2.1 Proposition Du Plan D'accroissement De L'acces À L'electricite

En 2018, le gouvernement de la République Démocratique du Congo a élaboré le Plan National Stratégique de Développement (PNSD), contenant une section seulement consacrée au développement du secteur électrique, et la RDC n'a toujours pas de politique nationale dans ce domaine ni d'autorité réglementaire chargée de l'approvisionnement en électricité.

[1] usaid.gov/powerafrica

2.2 CONTRAINTES EN MATIERE D'EXTENSION DU RESEAU RURAL

L'un des plus grands défis auxquels font face les entreprises solaires locales est un manque d'accès au financement; il s'agit en particulier du financement aux consommateurs, car de nombreux ménages ne peuvent pas payer leurs systèmes en espèces et n'ont pas encore accès aux services bancaires mobiles. De nombreux clients potentiels hors réseau vivent dans des régions éloignées du pays, ce qui complique les efforts des entreprises à les atteindre d'une manière peu coûteuse et en temps opportun.

2.2.1 POLITIQUE ET RÉGLEMENTATION

Le Ministère de l'Énergie et Ressources Hydrauliques (MERH) est l'autorité principale du secteur électrique. En plus de la surveillance du service public national, la SNEL, les responsabilités du MERH comprennent la planification, l'élaboration de politiques, le développement de programmes et la surveillance. La loi no 14/011 sur l'électricité—que le gouvernement de la RDC a mise en application le 17 juin 2014—a supprimé le monopole de la SNEL. La loi ne contient pas cependant de mention spécifique de systèmes pico-solaires, seulement des systèmes basés sur des réseaux et mini-réseaux.

2.2.1.1 ASSOCIATIONS

Les principales entreprises d'énergie renouvelable et les fournisseurs des équipements de base de ces centrales verte en RDC, avec le soutien du programme ELAN du Département du Développement International (Department for International Development [DFID]), ont établi l'Association Congolaise pour les Énergies Renouvelables et Décentralisées (ACERD) en juillet 2018. L'objectif principal d'ACERD est de coordonner les entreprises énergétiques pour répondre aux problèmes d'accès à l'énergie en RDC. Les acteurs majeurs sont: BBOXX, Greenlight Planet, BURN, Altech et Dev Solaire.

2.2.2 EVALUATION DU BILAN DE PUISSANCE À LA PRODUCTION

La puissance installée en RDC est en 2016 de 2 400 MW, mais seuls 1 281 MW sont opérationnels ; par exemple, les barrages Inga 1 et Inga 2 sur le fleuve Congo (construits respectivement en 1972 et 1982) devaient fournir 1 770 MW (351 MW pour Inga 1 et 1 424 MW pour Inga 2), mais du fait de problème de maintenance ne fournissent dans les faits que de 1 000 MW de puissance. Selon la SNEL, la capacité installée n'est utilisée qu'à 30 %.

Tableau 1. Capacité du réseau de production électrique de la R.D. Congo

Puissance installée des centrales SNEL en 2020		
Centrale	**Réseau**	**Puissance installée (MW)**
Inga 1	Ouest	351
Inga 2	Ouest	1424
Zongo 1	Ouest	75
Zongo 2	Ouest	150
Sanga	Ouest	12
Nseke	Sud	260
Nzilo	Sud	108
M'Sha	Sud	68
Koni	Sud	42
Ruzizi 1	Est	30
Hydro isolés	4 centrales	57
Thermique	75 groupes	32
Total	135 groupes	2609

Selon le rapport national « Énergie durable pour tous à l'horizon 2030 » du PNUD, l'objectif d'accès universel à l'électricité à l'horizon 2030 impliquerait que la consommation finale d'électricité de la RDC atteigne 150 000 kWh en 2030, soit une multiplication par un facteur 23,8 par rapport à 2011.

Selon l'*International Hydropower Association* (IHA), la production hydroélectrique de la RDC s'est élevée à 9 TWh en 2021, soit 0,55 % de la production mondiale et 6,2 % de la production africaine, au 6e rang en Afrique, derrière la Zambie: 15 TWh, le Mozambique: 15 TWh, l'Éthiopie: 14 TWh, l'Égypte: 14 TWh et l'Angola: 11 TWh. La puissance installée des centrales hydroélectriques congolaises atteint 2 760 MW fin 2021, soit 7,2 % du total africain, au 5e rang en Afrique derrière l'Éthiopie (4 074 MW), l'Angola (3 836 MW), l'Afrique du sud (3 600 MW) et l' Égypte (2 876 MW). Aucune mise en service n'a été réalisée en 2021.

Les centrales hydroélectriques ont produit 11045 GWh en 2019, soit 99,4 % de l'électricité de la RDC.

Selon l'Agence Nationale pour la Promotion des Investissements (Ministère du Plan), le pays possède un potentiel hydroélectrique exploitable évalué à 100 000 MW réparti sur 780 sites, soit 37 % du potentiel de l'Afrique et 6 % du potentiel mondial. Le projet Grand INGA possède à lui seul un potentiel de 39 000 MW. Le potentiel national permettrait une production annuelle estimée à 774 TWh. Le fleuve Congo a un débit moyen de 41 000 mètres cubes/seconde. Aujourd'hui, il n'est exploité qu'au moins de 3 %.

Le barrage Inga I, mis en service en 1970 en utilisant la vallée de Nkololo, sur le site des chutes d'Inga dans la province du Bas-Congo, à une trentaine de kilomètres au nord de la ville de Matadi, a une puissance de 351 MW. Le barrage Inga II, mis en service en 1982 sur le même site, a une puissance de 1 424 MW. Toutefois, la puissance réellement disponible représentait en 2006 moins de 40 % de la capacité installée en raison du manque d'entretien de la centrale et de problèmes de conception des ouvrages qui ont conduit à l'arrêt de plusieurs machines et la limitation du volume du bassin de mise en charge. Le projet de centrale Inga III a été envisagé initialement avec une puissance de 1 344 MW, puis avec une puissance de 3 500 MW moyennant le doublement de la capacité du canal d'amenée avec d'importants travaux de génie civil sur les ouvrages amont pour aménager une deuxième prise d'eau. Enfin, en utilisant la vallée de Bundi, plus à l'ouest, comme réservoir, le projet de centrale de Grand Inga, équipée de 52 groupes de 750 MW, atteindrait au total une puissance installée de 39 000 MW.

Les émissions de CO_2 liées à l'énergie par habitant en RDC en 2019 ont été de 0,68 tonne, soit seulement 15 % de la moyenne mondiale (4,39 tonnes) et 70 % de la moyenne africaine (0,97 tonne).

Les équipements traditionnels habituellement utilisés en Afrique subsaharienne sont inefficaces et produisent de la fumée et des gaz à cause d'une mauvaise combustion, entraînant à long terme des problèmes respiratoires et des décès. Les niveaux de particules émises par la combustion de la biomasse solide dans les foyers sont vraisemblablement dix à cinquante fois supérieurs aux valeurs prescrites par l'Organisation mondiale de la santé (OMS).

2.3 STRATEGIES D'AUGMENTATION DU TAUX D'ELECTRIFICATION RURALE

Nous proposons ici, la procédure qu'on doit développer pour accroitre le taux d'électrification dans les zones rurales, à savoir:

- La première source: est celle qui permet l'alimentation d'une zone par une source c'est-à-dire un générateur électrique qui peut desservir une série d'abonnés;
- La deuxième source: nous pouvons proposer deux sources électriques, à l'instar de solaire hybride parallèle « SHP » combinaison de diverses sources d'énergie complémentaires pour assurer la production d'électricité sur des sites isolés et ruraux. Ce système utilise différentes sources d'énergie

Photovoltaïque – Eolien – Groupe Electrogène avec batterie de stockage.

Un stockage par batterie est indispensable pour assurer la production d'électricité la nuit et durant les périodes de non ensoleillement.

Le groupe électrogène, en attente, est sollicité pour une recharge rapide des batteries ou pour assurer la continuité de service.

Le système SHP offre une grande fiabilité dans le fonctionnement et dans la souplesse d'exploitation et gain d'exploitation.

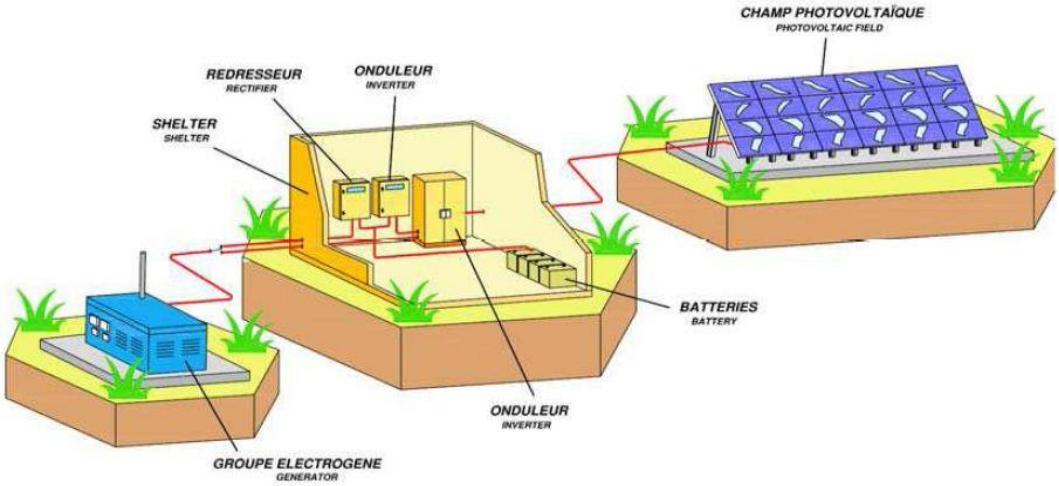


Fig. 2. Système hybride (diesel-solaire) pour sites isolés

L'exploitation des potentiels énergétiques solaires photovoltaïques et groupe électrogène pour la production d'électricité, s'avère être rentable dans les régions isolées alimentées par un groupe électrogène.

Cette configuration DIESELSOL permet une économie de carburant très importante durant les journées d'ensoleillement. En effet, le GE consomme 40% de moins de carburant. En période d'ensoleillement, le générateur de courant PV prend le pas sur le fonctionnement du GE en réduisant sa consommation et sa maintenance.

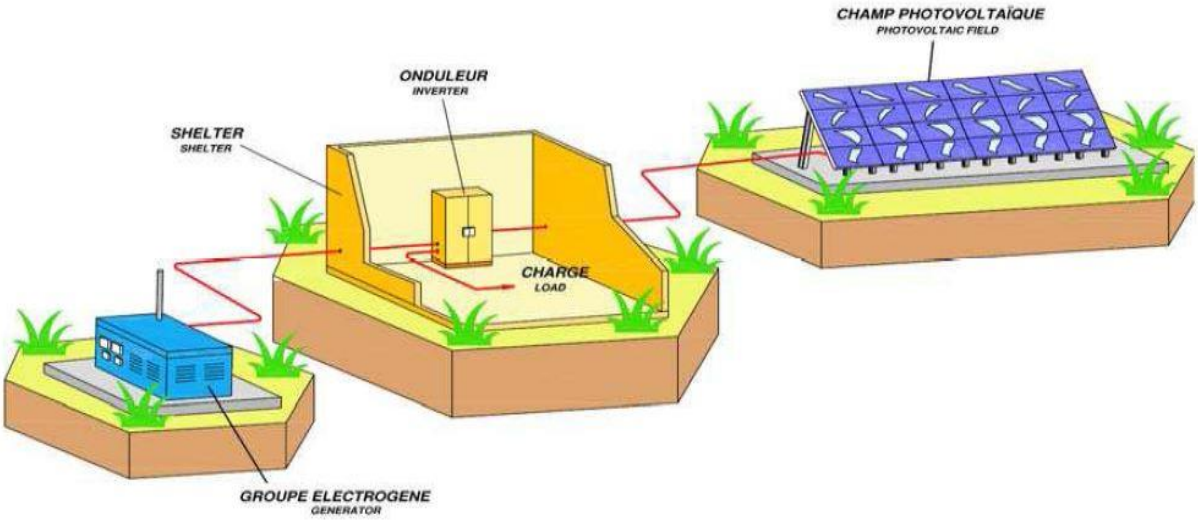


Fig. 3. Mini centrale électrique autonome hybride PV - Diesel master MHPV

La **Mini Centrale MHPV** est un système hybride combinant 2 sources d'énergies (Energie Photovoltaïque et Groupe Electrogène DIESEL) associés à un stockage par Batterie.

Cet ensemble correspond aux besoins d'électrification des populations rurales isolées (tel que dans une zone désertique).

L'hybridation offre des solutions intéressantes pour la création de mini-réseaux locaux ou la ressource solaire est très abondante.

2.3.1 CONSTITUTION DE MINI CENTRALE HYBRIDE SOLAIRE PHOTOVOLTAÏQUE

Cette centrale comprend les éléments ci-après:

N+1 Onduleurs Industriels à double conversion avec transformateur d'isolement;

- Un Champ Photovoltaïque P.V. à forte pénétration afin de réduire le coût de production du kWh;
- Un Parc de 2 Batteries pour application solaire;
- N Régulateurs MOSSOL-MPPT assurant l'utilisation maximale de l'énergie solaire pour la recharge des batteries

2.3.2 SYSTEME DE SUPERVISION ET D'ENREGISTREMENT DE DONNEES DE L'ENSEMBLE DES PARAMETRES

Deux Groupes Electrogènes DIESEL pouvant assurer un service maximal sans interruption; la pointe de puissance maximale étant assurée par chacun des deux groupes.

2.3.2.1 AVANTAGES

- Assurer une continuité de service du réseau électrique sans micro-coupure;
- Réduction des coûts de consommation de carburant;
- Réduction des émissions de CO2;
- Limitation du fonctionnement des groupes à faible charge;
- Allongement de la durée de vie des groupes électrogènes;
- Coût d'exploitation réduit en comparaison du système GE en continu;
- La Mini Centrale MHPV pouvant s'intégrer dans les stations GE existantes;
- L'installation et la mise en service s'opèrent dans un temps réduit;
- Réduction de la maintenance.

Nota: Service après Vente de cet équipement devant assurer l'hybridation, impose une formation des exploitants;

- Une formation particulière pour le Service après vente pouvant assurer la maintenance de plusieurs sites;
- La mise en place de pièces de rechange concernant les équipements électroniques.



Fig. 4. Microstations Solaires

Les MICROSTATIONS SOLAIRES sont des générateurs compacts destinés à alimenter sous 12V/24/ ou 48V des appareils de faible puissance.

Ils sont très largement utilisés pour de nombreuses applications en télémétrie, en téléphonie rurale, ou encore dans le balisage.

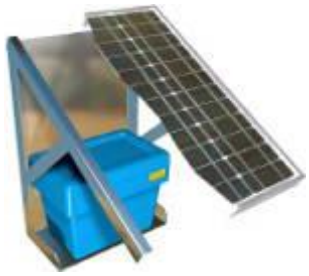


Fig. 5. Microstation Solaire

Ces types de générateurs offrent de nombreux avantages:

- Mise en œuvre, utilisation simple;
- Transport facile;
- Interchangeabilité;
- Robustesse et fiabilité;
- Maintenance très faible;
- Autonomie.

Retenons que leur design autorise une fixation au sol, au mur, ou sur un Poteau et fait de ces unités une solution idéale aux problèmes d'installation en sites isolés.

Pour les applications de forte puissance (au-delà de 1,5 kW permanent), les générateurs solaires sont moins utilisés car ils peuvent présenter un coût d'investissement initial important.

Une solution hybride qui combine l'énergie solaire avec un groupe électrogène ou toute autre source d'énergie auxiliaire permet de réduire ces coûts.

Les avantages:

- Rentabilité: réduction de la taille du générateur solaire et réduction des coûts opérationnels du groupe électrogène;
- Fiabilité: autonomie assurée par les batteries du générateur solaire plus fourniture d'énergie à la demande par le groupe électrogène;
- Capacité de supporter des surconsommations (en augmentant le temps de fonctionnement du groupe électrogène)

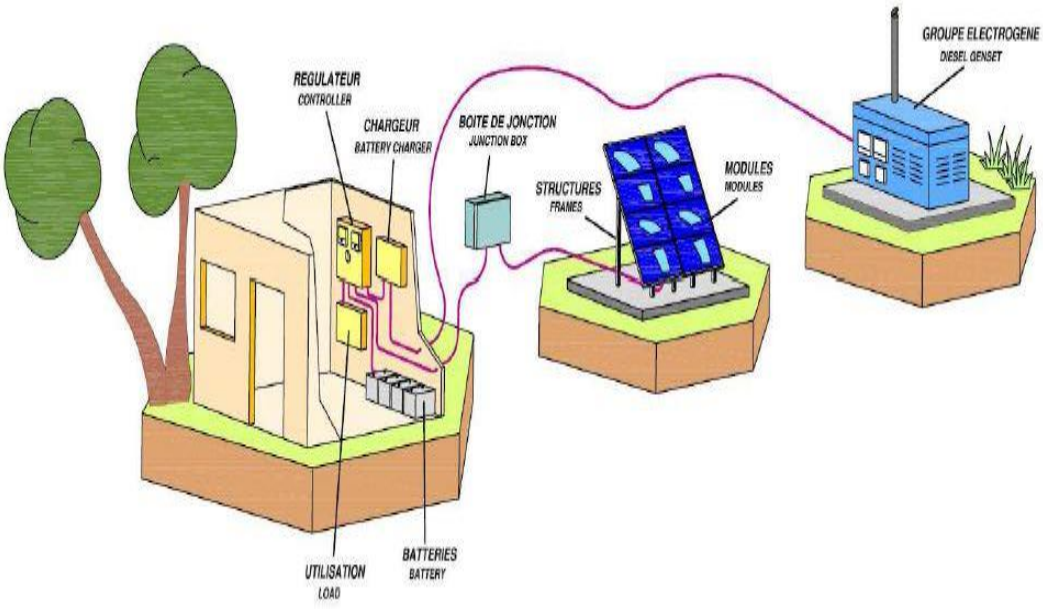


Fig. 6. Composition de la microcentrale hybride

Composition des générateurs:

Notre offre standard comprend le générateur solaire suivant la description de la gamme

A cela s'ajoutent les équipements suivant:

- Le groupe électrogène;
- L'armoire de commande du groupe;
- Les chargeurs de batteries (Convertisseur AC/DC);
- Les accessoires de montage et de câblage;
- L'emballage standard (carton, palette)

Avec comme options:

- Cuve à carburant;
- Pièce de rechange pour 2 ans;
- Emballage maritime (caisse bois)

Configurations standards

- Groupe électrogène: 7,5 kVA, 11,5 kVA, 16 kVA, 20 kVA, 30 kVA;
- Chargeur de batterie: 25 A, 50 A, 75 A, 2 × 50 A, 2 × 75 A, 2 × 100 A

3 EXEMPLE ILLUSTRATIF SUR L'AUGMENTATION DU TAUX D'ELECTRIFICATION ET RENFORCEMENT DE LA CAPACITE EN DESSERTE ÉLECTRIQUE

3.1 PROJECTION DE LA POPULATION À L'HORIZON 2044

Il existe de modèles mathématiques permettant de projeter l'évolution d'une grandeur à l'horizon donné. Dans le cadre de cet article, nous nous sommes servis du modèle d'intérêt composé (méthode d'extrapolation). Soit une cité rurale, comptant 58919 habitants retenons qu'il s'ajoute à la situation de la dite cité une population jeune avec un taux d'accroissement élevé. L'expression qui permet la détermination de cette projection est la suivante.

$$P_f = P_o\,(1 + t_x)^t \qquad (1)$$

P_f: Population future, P_0: Population du départ (population initiale); T_x: Taux d'accroissement initial (pris à 3% soit 0,03); t: Durée de la projection

$$t = t_f - t_o \qquad (2)$$

Ainsi pour notre étude,

$t = 2044 - 2024$

t = 20 ans (les années projetées)

On aura, donc:

$P_{2035} = 58919\,(1+0{,}03)^{20}$

P_{2044} = 106414 habitants en 2044

Nota: cette même démarche peut être appliquée pour le renforcement de la capacité en desserte électrique.

3.2 DETERMINATION DE NOMBRE DES MENAGES DEVANT ÊTRE DESSERVI EN ÉNERGIE ÉLECTRIQUE

Considérons la population en 2044 qui est évaluée à 106414 habitants dont l'objectif serait de ramener cette population en ménage.

Par hypothèse, nous estimons la taille moyenne de nombre des personnes par ménage est de 8 personnes.

$$N_m = P_{2044}/M_f \quad (3)$$

D'où Nm: Nombre de ménages, Mf: Taille moyenne des personnes par ménage.

= 106414/8

N_m = 13302 ménages.

Donc le nombre total des foyers à desservir en 2044 est estimé à 13302.

3.2.1 DETERMINATION DE LA CHARGE PAR MENAGE

Dans le domaine de l'électrification rurale, la banque mondiale utilise une approche selon laquelle, on peut différencier et obtenir la proportion de quatre segments des consommateurs des niveaux de paiement et des besoins de service différents à travers une analyse à composantes multiples, qui est appliquée aux informations obtenues des enquêtes sur terrain. Dans le cas de notre étude, nous avons trouvé les segments ci-après:

a) Basse classe A (regroupés à 80%): les abonnés à faible consommation d'énergie électrique;
b) Classe moyenne B (regroupés à 15%), les abonnés à consommation moyenne;
c) Haute classe C (regroupés à 5%), les abonnés à forte consommation.

Remarque: les paramètres que l'on doit repartir sont le nombre des ménages et la puissance installée en vue de calculer la capacité du générateur électrique qui doit alimenter la cité avec un dépassement de 20 %. On utilise en effet deux puissances électriques, à savoir: Puissance apparente et puissance active.

C'est parce qu'il s'agit d'une puissance apparente. Toute la puissance ne peut pas être utilisée. En effet, la puissance fournie se compose d'une puissance active (efficace) et d'une puissance aveugle (non efficace). La quantité de puissance utilisable efficacement est indiquée par le facteur de puissance (pf). Ce facteur est généralement de l'ordre de 80% soit 0,8.

Retenons que pour ramener S (kVA) en P (kW), ampères ou watts, cette conversion est très simple:

- 1 kVA = 0,8 kW;
- 1 kVA = 800 watts;
- 1 kVA = 1,5 ampère

Le nombre de kVA dont le générateur électrique (source d'alimentation) a besoin dépend de la tension dont on a besoin (230V ou 400V) et de la capacité combinée de tous les équipements qu'on peut connecter au groupe électrogène en même temps. Par défaut, il en faut un peu plus pour faire face aux pics de charge en vue d'éviter la surcharge du générateur.

En résumé, pour calculer la puissance d'un générateur, il est important de mesurer la puissance apparente, réactive et active en utilisant un wattmètre ou un analyseur de puissance. La puissance apparente doit être égale ou supérieure à la puissance active pour s'assurer que le générateur est capable de fournir suffisamment d'énergie pour l'application. Il est également important de tenir compte de la tension et du courant pour calculer la puissance d'un générateur.

4 CONCLUSION GÉNÉRALE

De toute évidence, notre hypothèse a consistait à fournir les stratégies visant à augmenter le taux en accès en électricité dans les milieux ruraux et accroitre la demande en énergie électrique dans les milieux urbains. Par ailleurs cette demande a été évaluée sur base de la consommation de l'énergie électrique en tenant compte du taux d'accroissement de la population qui était fixé à 0,03 soit 3% et la durée de projection de ce projet était de 20 ans, c'est-à-dire de 2024 à 2044. Ce projet pourra être appliqué en vue d'augmenter la capacité en desserte électrique dans les milieux périurbains des grands centres et les milieux ruraux.

REMERCIEMENTS

Nous remercions les personnes qui ont travaillés dans l'ombre pour l'aboutissement de cet article, nous citons: NGALULA Horline, NTUMBA Orchalene, TSHALU Charvie, BENECHA BIPENDU et KAPUKU Charciel.

REFERENCES

[1] Dr Xavier LAMAIRE: la prévision de la demande en électricité en milieu rural Africain, Clean Energy, solutions center, Assistings countries With Clean Energy Policy, 20Juillet 2016.
[2] H.S.YOTTO Conroad: Etude et conception d'une mini-centrale photovoltaïque pour l'alimentation d'une partie de l'installation électricité de la présidence de la République du Benin, mémoire de master, l'Institut National d'Ingénierie de l'eau et de l'environnement, le 25 Octobre 2013.
[3] Cellule d'analyse des indicateurs de développement (CAID), RDC, 2017.
[4] Projet Multisectoriel d'urgence, de réhabilitation et de construction (PMURR): Etude d'électrification rurale, Banque Mondiale, RDC, SOFRECO, Octobre 2007.
[5] Ministère de l'énergie et des ressources hydrauliques: Atlas des énergies renouvelables de la RDC, Novembre 2015.
[6] YABA MOKE Liévin, Notes de cours de réseaux électriques, CRETEC, 2022.

International Journal of Innovation and Applied Studies
ISSN 2028-9324 Vol. 43 No. 2 Aug. 2024, pp. 488-502
© 2024 Innovative Space of Scientific Research Journals
http://www.ijias.issr-journals.org/

Paragenèses minérales des métamorphites de Nganda-Tsundi et ses environs (Degré Carré de Tshela, Province du Kongo Central, République Démocratique du Congo)

[Mineral parageneses of the metamorphites of Nganda-Tsundi and its surroundings (Square degree of Tshela, Kongo Central Province, Democratic Republic of Congo)]

Tshombe Mbaya Henock[1], Minzadi Kinianga Belle[2], and Mawanzo Manzikala Carine[2], Mukonkole Mukonkole Patrick[1], and Simbungu Angboko Fleury William[1]

[1]Centre de Recherches Géologiques et Minières (CRGM), B.P.: 898, Kinshasa I, RD Congo

[2]Département des Géosciences, Faculté des Sciences, Université de Kinshasa B.P. 190 Kinshasa XI, Université de Kinshasa (UNIKIN), Kinshasa, Lemba, RD Congo

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

ABSTRACT: This research focuses on the study of mineral parageneses of metamorphites that outcrop in the Nganda-Tsundi region and its surroundings located in the territory of Tshela, in order to obtain coherent information regarding the degrees of metamorphism that have contributed to the transformation of pre-existing rocks. The compilation of field (macroscopic analysis), laboratory results and previous work results revealed seven main petrographic facies in the study area: namely the biotitoschist, chloritochist, amphibolite, quartzophyllade, sericitoschist, garnet metaquartzite and graphitic shale. Mineralogical assemblages enabled us to distinguish three degrees of metamorphism in the study area: low-grade, medium-grade and high-grade. By combining structural data, such as the schistosities observed in the field and during microscopic in thin sections observations, with these last mineralogical observations, we can conclude that the rocks of our study area were affected by two distinct orogenic events namely: the Tadilian orogeny of Proterozoic age which is responsible for two types of schistosity which affected the chloritoschists and the West-Congolian Neoproterozoic orogeny, is responsible for a single schistosity affecting the other petrographic facies (biotitoschist, amphibolite, quartzophyllade, sericitoschist, metaquartzite and graphitic schist).

KEYWORDS: Panafrican, West Congo belt, Kimezian, Tshela Group, metamorphism.

RESUME: La présente recherche porte sur l'étude des paragenèses minérales des métamorphites qui affleurent dans la région de Nganda-Tsundi et ses environs localisés dans le territoire de Tshela dans le but d'avoir les informations cohérentes en ce qui concerne les degrés de métamorphisme qui ont contribué à la transformation des roches préexistantes. La compilation des résultats du terrain (analyse macroscopique), du laboratoire et des travaux antérieurs a permis de déceler sept faciès pétrographiques principaux dans la région d'étude en occurrence le biotitoschiste, le chloritochiste, l'amphibolite, le quartzophyllade, le séricitoschiste, le métaquartzite à grenat et le schiste graphiteux. Les assemblages minéralogiques nous ont permis de distinguer trois degrés de métamorphisme dans la région d'étude à savoir: le métamorphisme de bas degré, de moyen degré et de haut degré. En combinant les données d'ordre structural telles que les schistosités observées sur le terrain et lors des observations microscopiques en lames minces, à ces dernières observations d'ordre minéralogique, nous pouvons conclure que les roches de notre région d'étude ont été affecté par deux évènements orogéniques distincts à savoir: l'orogenèse tadilienne d'âge protérozoïque qui est responsable de deux types de schistosité qui ont affectée le chloritoschiste et l'orogenèse ouest-congolienne d'âge néoprotérozoïque qui est responsable d'une seule schistosité qui affecte les autres faciès pétrographiques (biotitoschiste, amphibolite, quartzophyllade, séricitoschiste, métaquartzite et schiste graphiteux).

MOTS-CLEFS: Panafricain, Chaîne Ouest-Congo, Kimezien, Groupe de Tshela, métamorphisme.

Corresponding Author: Tshombe Mbaya Henock

1 INTRODUCTION

La région de Nganda-Tsundi et ses environs renferment des roches métamorphiques qui nécessitent une description minutieuse pour compléter les travaux antérieurs et ceux entrepris au cours des dernières décennies dans la Province du Kongo Central en général et dans le territoire de Tshela en particulier.

Ainsi, cette recherche porte sur l'étude des paragenèses minérales des metamorphites du village de Nganda-Tsundi et ses environs. Elle consiste à faire une description in situ des roches affleurantes, déterminer les caractéristiques pétrographiques des assemblages minéralogiques retrouvées dans ces roches de la région d'étude, déterminer les degrés de métamorphisme dans lesquels ces roches se sont formées et les différentes phases de déformation qu'elles ont subies au cours de l'histoire géologique de la région.

Les résultats de cette étude contribueront à la relecture de la carte géologique et à l'enrichissement de la base de données géologiques de la Province du Kongo Central.

Notre zone d'étude est située dans le Territoire de Tshela, Province du Kongo Central, au Sud-Ouest de la République Démocratique du Congo, à plus ou moins 113 km à vol d'oiseau au Nord-Ouest de la ville portuaire de Matadi, entre 12 °46' et 12°58' de longitude Est et 4°50' et 5°0' de latitude Sud (Figure 1). Elle renferme principalement des roches du Groupe néoprotérozoïque de Tshela daté de 920 Ma et du Supergroupe paléoprotérozoïque de Kimeza daté de 2,1 Ga. Le Groupe néoprotérozoïque de Tshela est composé d'une séquence volcano-plutonique avec quelques intercalations de roches volcano-sédimentaires et sédimentaires. Le Supergroupe paléoprotérozoïque de Kimeza est composé de gneiss, gneiss oeillés, gneiss amphibolitiques, migmatites, marbres laminaires de diverses couleurs et quartzites (TACK et al, 2001 [1], 2004 [2]; BAUDET et al., 2013 [3]; Figure 2).

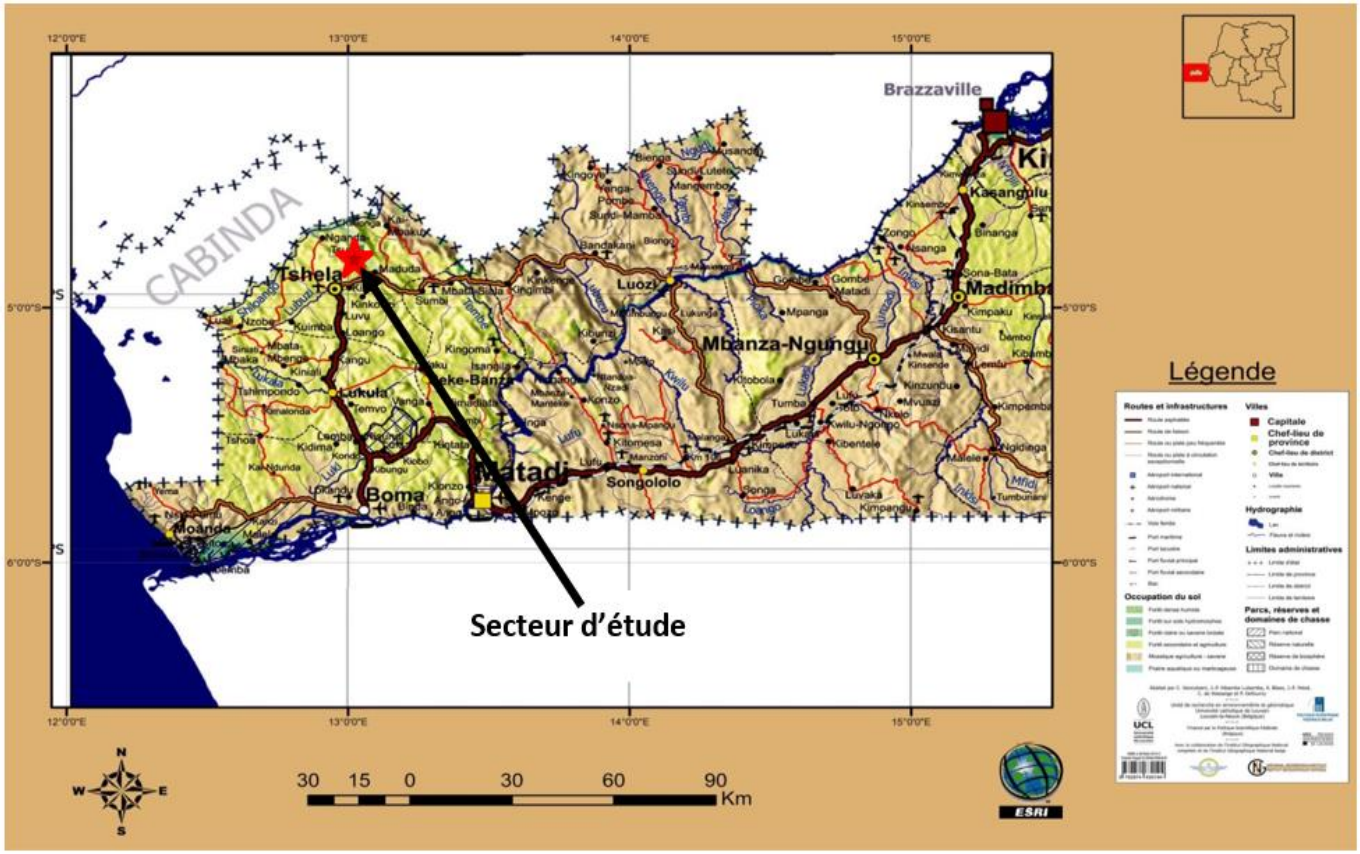


Fig. 1. Carte de localisation du secteur d'étude

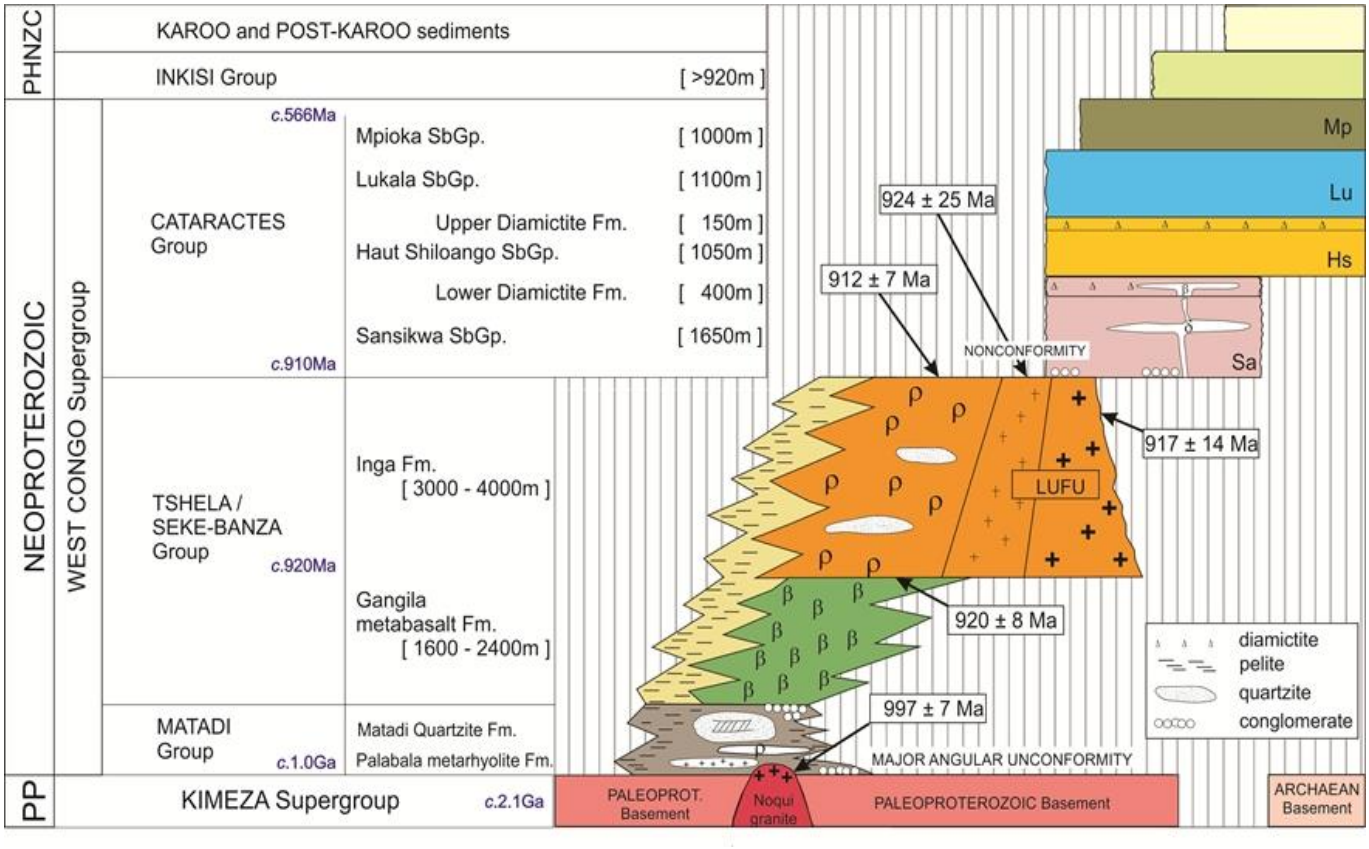


Fig. 2. Reconstruction lithostratigraphique du Supergroupe Néoprotérozoïque Ouest-Congo qui est composé de trois groupes, de bas en haut: le Groupe de Matadi, le Groupe de Tshela/Seke-Banza et le Groupe des Cataractes. Symboles: ρ = rhyolite; ϐ= basalte; δ = dolérite; M = Mativa; BK = Bata Kimenga D'après BAUDET et al., 2013 [3]. adaptée de TACK et al., 2001 [1]

2 MATÉRIELS ET MÉTHODES

2.1 MATÉRIELS

Les travaux sur le terrain et en laboratoire ont nécessité l'utilisation des matériels suivants:

- Un GPS de marque Garmin pour la localisation des stations d'observation et d'échantillonnage;
- Une boussole à clinomètre incorporé de marque Silva pour le prélèvement de direction et de pendage des éléments structuraux;
- Un marteau de géologue pour échantillonner les roches;
- Une loupe monoculaire;
- Un fond topographique du secteur d'étude;
- Des sachets en plastique pour l'emballage des échantillons;
- Un sac à dos pour faciliter le transport des échantillons et d'autres matériels;
- Une machette pour le léonnage;
- Deux carnets de terrain, des stylos et des crayons à mine pour noter les observations et faire des croquis;
- Un microscope binoculaire de marque Leitz Wetzaler pour la description des lames minces; et
- Un ordinateur muni des logiciels d'application Word, PowerPoint et ArcGis 10.5 pour la manipulation et le traitement des données de terrain et de laboratoire.

2.2 MÉTHODES

Pour atteindre l'objectif assigné, les méthodes ci-après ont été mises à profit:

- La méthode documentaire au bureau, nous a permis de recourir à des travaux géologiques antérieurs effectués dans le Territoire de Tshela;
- Sur terrain, nous avons effectué un lever géologique au cours duquel nous avons décrit les roches, prélevé les mesures structurales sur les accidents tectoniques tels que les failles. A ce stade du terrain, nous avons prélevé 53 échantillons des roches ;
- Au laboratoire, nous avons sélectionné 12 échantillons des roches et les avons envoyés à l'atelier des coupes minces du Département des Géosciences de l'université de Kinshasa. Une fois les lames minces ont été confectionnées avec une épaisseur standard de 30 microns, elles ont fait l'objet d'une description microscopique détaillée ;
- Enfin, nous avons procédé à l'interprétation et discussion des résultats obtenus des travaux de terrain et de laboratoire.

3 RÉSULTATS

La zone d'étude est constituée de sept faciès pétrographiques principaux identifiés sur le terrain. Ils sont représentés essentiellement par le biotitoschiste, le chloritoschiste, l'amphibolite, le quartzophyllade, le séricitoschiste, le métaquartzite à grenat et les schistes graphiteux.

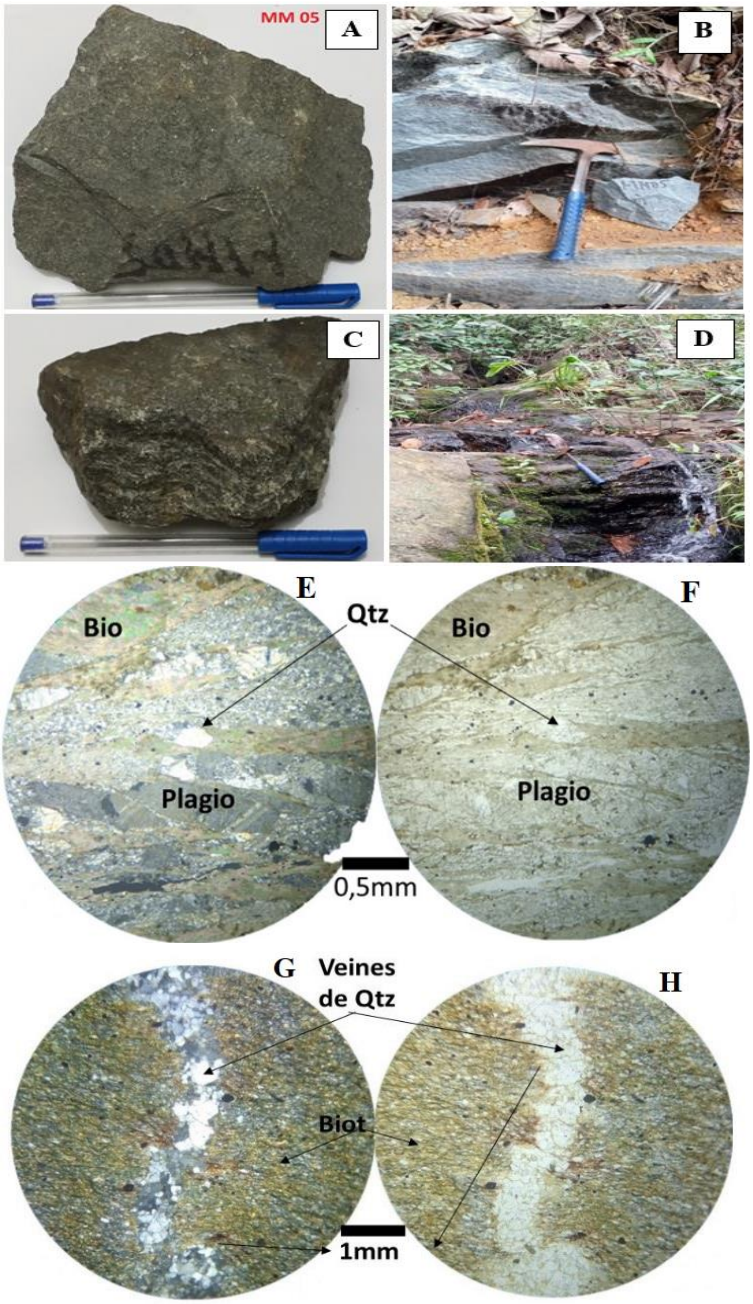
3.1 LE BIOTITOSCHISTE

Il se présente en bancs successifs schisteux à grains fins de quartz et à paillettes de biotite de couleur noire; la schistosité est mise en évidence par l'alternance des feuillets à paillettes de biotite avec des feuillets à grains de quartz. La roche est recoupée par des veinules de quartz. A 35 m de la rivière Manionzi (Figures 3A et 3B) et au lit de la rivière Thadi Buta, ce biotitoschiste se présente en bancs successifs et poreux à grains fins de couleur noir (Figures 3C et 3D). Le long de la route menant vers la cité de Tshela proche du Rond-Point Ntombo Yanga, on observe un banc schisteux d'une roche quartzo-micacée (Echantillon MM 41). La schistosité se traduit par l'alternance des feuillets à paillettes de biotite de couleur noire avec des feuillets à petits cristaux de quartz; le diamètre des pores est d'environ 1 mm.

Il montre sous le microscope polarisant, une schistosité qui est mise en évidence par l'alternance des niveaux granoblastiques et des niveaux lépidoblastiques (Figures 3E et 3F). Les niveaux granoblastiques sont constitués par des porphyroblastes de plagioclase à macles polysynthétiques (LPA) et incolores (LPNA) et des cristaux de quartz de teinte blanche ou grise (LPA) et incolore (LPNA). Les porphyblastes de plagioclase ont de forme allongée presque obliquement au plan de schistosité; les cristaux de quartz fins à moyens sont généralement xénomorphes à subautomorphes. Les niveaux lépidoblastiques renferment des paillettes de biotite d'aspect moiré (LPA) et brune à presqu'incolore (LPNA). Il s'observe parfois quelques petits cristaux de quartz. Ces cristaux de quartz et ceux de plagioclase sont allongés parallèlement au plan de schistosité (Figures 3E et 3F).

Les lames minces des échantillons MM 41 et MM 43 (Figures 3G et 3H) présentent une texture lépidoblastique qui est mise en évidence par des aiguilles de biotite de teinte brune (LPA et LPNA) entre lesquelles s'intercalent de très petits cristaux de quartz de teinte blanche ou grise (LPA) et incolore (LPNA). L'alignement de ces aiguilles confère à la roche une schistosité. Cette dernière est perpendiculairement recoupée par une veine de quartz à cristaux subautomorphes et xénomorphes de taille moyenne. La roche renferme aussi des granules des minéraux opaques.

La roche renferme une schistosité déformée en plis ptygmatiques. Parallèlement à cette schistosité, s'allongent des porphyblastes de quartz et ceux de plagioclase à macles polysynthétiques (LPA, Figures 3I et 3K) et incolore (LPNA, Figures 3J et 3L).


MM 05
A
B
C
D
E
Bio
Qtz
Plagio
0,5mm
F
Bio
Plagio
G
Veines
de Qtz
Biot
1mm
H

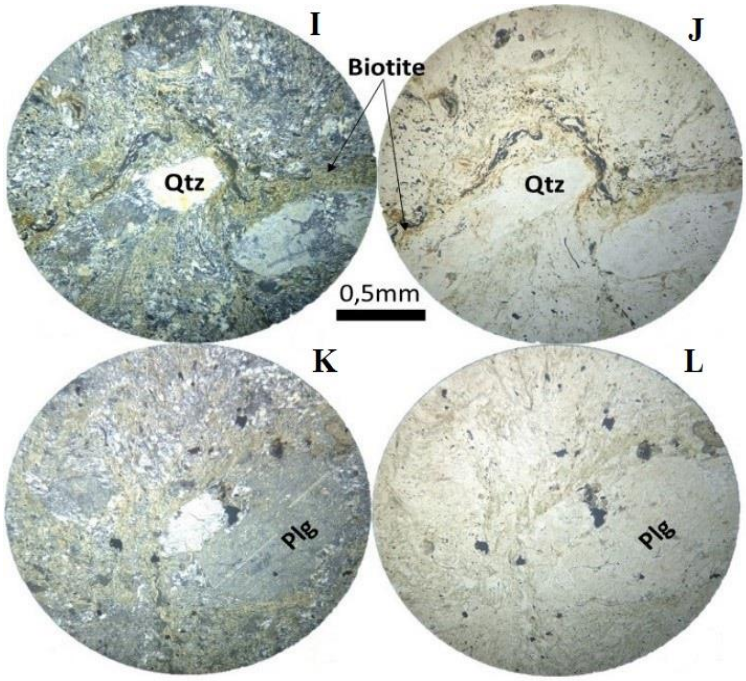


Fig. 3. Biotitoschiste: Echantillon MM 05 (A) et affleurement (B) de biotitoschiste de couleur noire. Echantillon MM 31 (C) et affleurement (D) de biotitoschiste de couleur noire (lit de la rivière Thadi Buta); Biotitoschistes montrant: (E) Plagioclase à macles polysynthétiques et quartz blanc ou gris ainsi que biotite à aspect moiré en LPA; (F) Plagioclase et quartz incolores ainsi que biotite brune en LPNA; (G) Biotite de teinte brune et quartz blanc ou gris en LPA; (H) Biotite de teinte brune et quartz incolore en LPNA (Echantillon MM 41). (I et J) biotite de teinte brune et quartz blanc ou gris en LPA; (K et L) biotite de teinte brune à presqu'incolore et quartz incolore en LPNA (Echantillon MM 43)

3.2 LE CHLORITOSCHISTE

Dans le lit de la rivière Vungununu à 35 m du village Mbamba-Zanga, on observe une succession des bancs schisteux de chloritoschiste à grains fins de quartz et à paillettes de chlorite (Figures 4A et 4B); la schistosité est mise en évidence par l'alternance des feuillets à grains de quartz avec des feuillets à paillettes de chlorite. La roche est affectée par des failles orientées N68°E/52°SW.

Au village Kimbaku 1, on observe un banc schisteux de chloritoschiste quartzo-micacé (Figures 4C et 4D). La schistosité est mise en évidence par l'alternance des feuillets à paillettes de chlorite de couleur vert satiné et celles de biotite de couleur brune avec des feuillets à cristaux de quartz. La roche est faillée orientée N128°/68SW, N40°E/40°SW et N26°E/78°SE.

A proximité du village Kisungu, on observe un banc schisteux de chloritoschiste à grains fins de couleur verte (Figures 4 E et F); la schistosité se remarque par l'alternance des feuillets à paillettes de biotite de couleur noire avec des feuillets à grains de quartz de couleur blanche. La roche est affectée par des failles orientée N42°E/70°SW et N170°/90°NW.

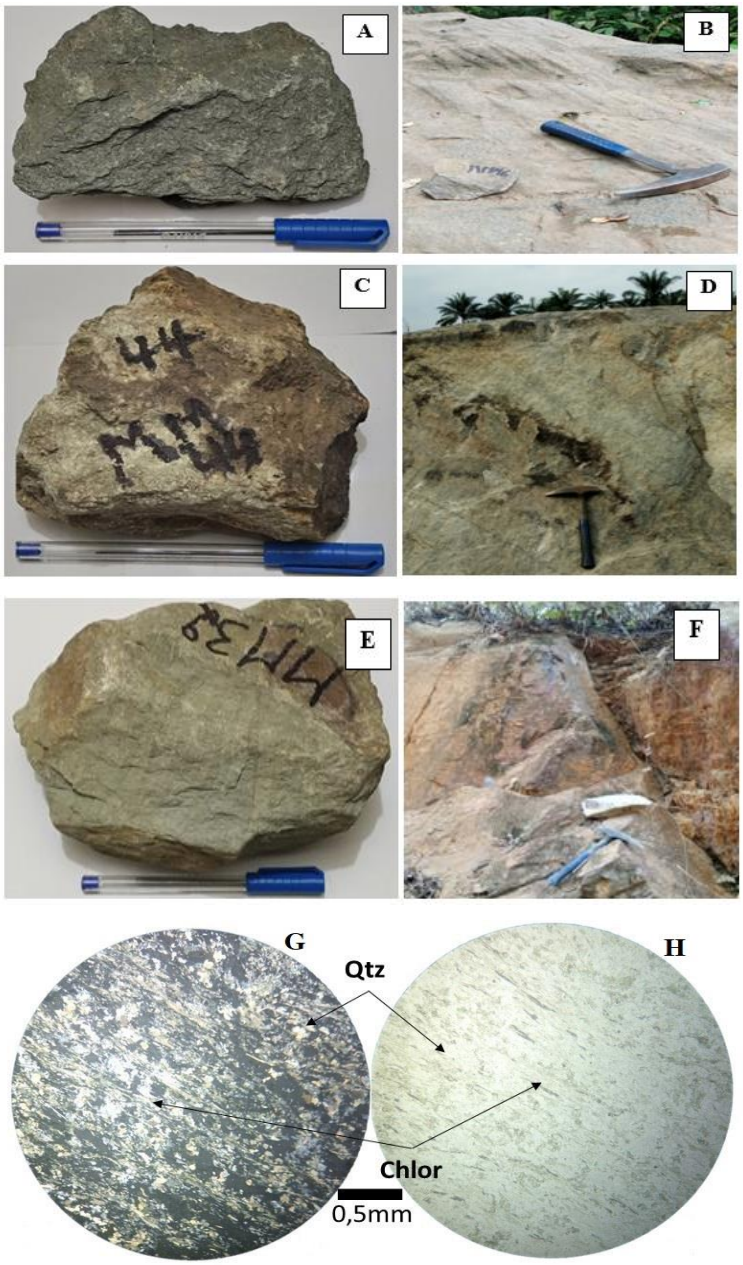
A 50 m du village Mvikiti Kayala, on observe une succession des bancs schisteux d'un chloritoschiste constitué de quartz et de chlorite. La schistosité est mise en évidence par l'alternance des feuillets à paillettes de chlorite de couleur verte avec des feuillets à cristaux de quartz. L'épaisseur des bancs varie entre 5 et 50 cm; l'épaisseur totale est d'environ 1 m, La roche est orientée N80°E/72°SW.

Au microscope polarisant, ce chloritoschiste (Figures 4G et 4H) présente une texture granolépidoblastique mise en évidence par des cristaux de quartz xénomorphes de teinte blanche ou grise (LPA) et incolore (LPNA) et des paillettes de chlorite de teinte blanche (LPA) et vert à presqu'incolore (LPNA). Entre les cristaux de quartz, s'intercalent des paillettes de chlorite alignées les unes derrière les autres en conférant à la roche une schistosité.

La lame mince (Figures 4 I et 4J) présente deux schistosités entrecoupées perpendiculairement et formant un angle droit. Elles sont mises en évidence par des fines paillettes de chlorite de teinte brune (LPA) et incolore à vert jaunâtre (LPNA) et rarement celles de biotite d'aspect moiré (LPA) et brun jaunâtre (LPNA). Entre ces phyllithes, s'intercalent des petits cristaux

de quartz de teinte blanche ou grise (LPA) et incolore (LPNA), des granules et des filaments des minéraux opaques. Localement, la roche renferme des porphyroblastes de plagioclase à macles polysynthétiques (LPA) et incolore (LPNA) (Figures 4K et 4L). La roche renferme aussi des cavités de forme irrégulière.

En outre, ce chloritoschiste présente des paillettes de biotite de teinte brune (LPA et LPNA) et celles de chlorite de teinte jaunâtre et verdâtre (LPA) et verdâtre (LPNA) entre et autour des cristaux de quartz de teinte blanche ou grise (LPA) et incolore en LPNA. L'alignement de ces paillettes confère à la roche deux plans de schistosité dont l'intersection forme un angle aigu. La roche renferme aussi des amas et granules des minéraux opaques en dissémination (Figures 4 M et 4 N).



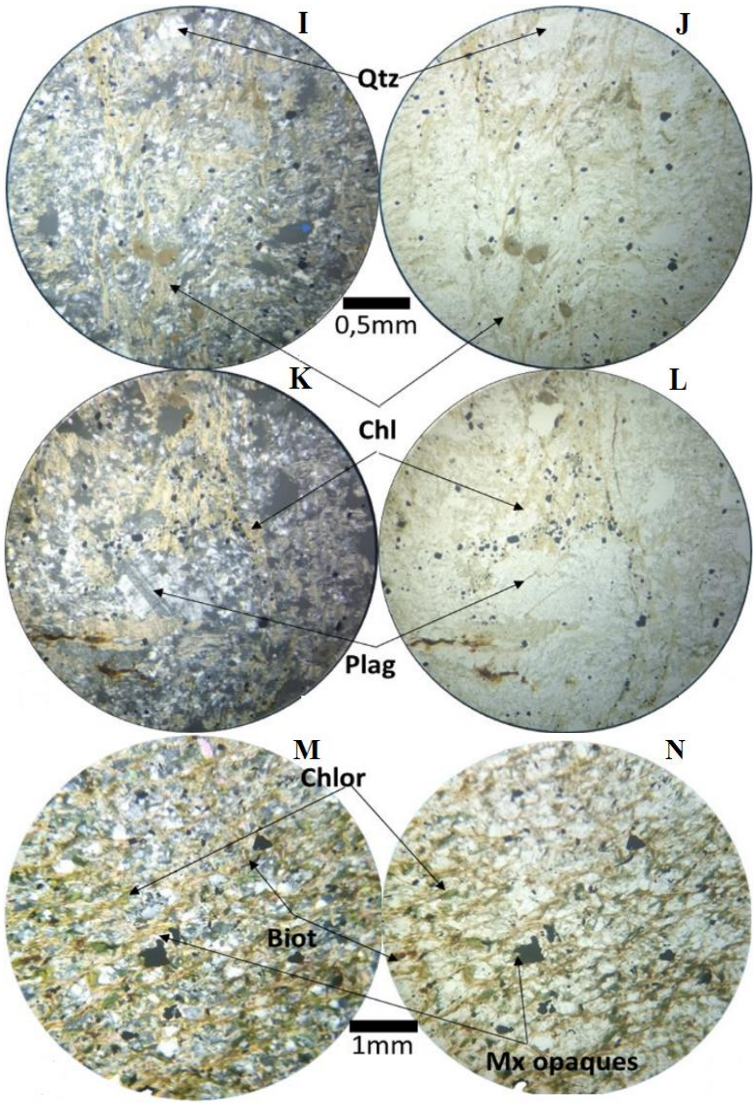


Fig. 4. Chloritoschiste: Echantillon (A) et affleurement (B) de chloritoschiste massif de couleur vert clair dans le lit de la rivière Vungununu à 35 m du village Mbamba-Zanga; Echantillon MM 44 (C) et affleurement (D) d'un chloritoschiste massif de couleur verte au village Kimbaku 1; Echantillon MM 32 (E) et affleurement (F) d'un massif de chloritoschiste de couleur vert mât à proximité du village Kisungu; Chloritoschiste à: (G) quartz blanc ou gris et chlorite blanchâtre à jaunâtre en LPA; (H) à quartz incolore et chlorite verte à presqu'incolore en LPNA; (I) à hornblende verte de teinte verte, vert pâle et vert jaunâtre, chlorite blanchâtre à jaunâtre et quartz blanc ou gris en LPA; (J) hornblende verte de teinte verte, chlorite de teinte vert d'eau et quartz incolore en LPNA; (K) plagioclase à macles polysynthétique en LPA; (L) plagioclase incolore; (M) biotite de teinte brune, chlorite de teinte jaunâtre et verdâtre et quartz blanc ou gris en LPA; (N) biotite de teinte brune, chlorite de teinte verdâtre et quartz incolore en LPNA

3.3 L'AMPHIBOLITE

Dans le lit de la rivière Mangola en allant vers le camp Modèle, cette amphibolite se présente en bancs successifs mélanocrate. De texture grenue, elle est constituée d'aiguilles de hornblende verte, des paillettes de biotite de couleur noire et des cristaux de quartz (Figures 5A et 5B). L'épaisseur des bancs varie entre 10 et 32 cm; l'épaisseur totale est d'environ 3 m. Les surfaces des bancs sont orientées N20°E/70°SW.

En lame mince (Figures 5C et 5D), cette amphibolite présente des amas à cristaux xénomorphes de hornblende verte de teinte verte, vert pâle et vert jaunâtre (LPA) et vert sombre à vert jaunâtre (LPNA) à coté de quelques cristaux automorphes à xénomorphes de quartz de teinte blanche ou grise (LPA) et incolore (LPNA). Ces amas sont séparés entre eux par des couloirs à paillettes de chlorite de teinte blanchâtre à jaunâtre (LPA) et vert d'eau (LPNA).

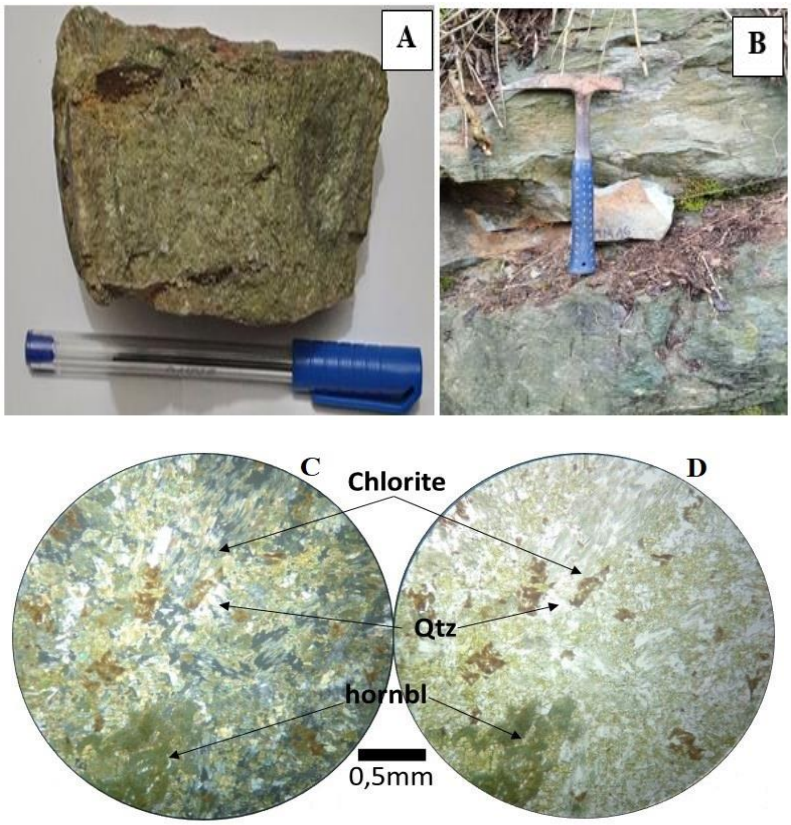


Fig. 5. Echantillon MM 25 (A) et affleurement (B) d'une amphibolite en bancs successifs dans le lit de la rivière Mangola en allant vers le camp Modèle; (C) Amphibolite à hornblende verte de teinte verte, vert pâle et vert jaunâtre, chlorite blanchâtre à jaunâtre et quartz blanc ou gris en LPA; (D) Amphibolite à hornblende verte de teinte verte, chlorite de teinte vert d'eau et quartz incolore en LPNA

3.4 LE QUARTZOPHYLLADE

Dans le lit de la rivière Mvikiti à 25 m du village Mvikiti, il se présente en bancs schisteux successifs à grains fins de quartz (Figures 6 A et 6B). La schistosité est mise en évidence par des feuillets à petits cristaux de quartz et ceux à paillettes de séricite. L'épaisseur des bancs varie entre 5 et 15 cm; l'épaisseur totale est d'environ 1,5 m. Cette succession de bancs schisteux, constituée de quartzophyllade, se trouve au-dessus d'une succession des bancs d'une amphibolite.

Au microscope (Figures 6C et 6D), ce quartzophyllade présente une texture granolépidoblastique traduite par des cristaux de quartz de teinte blanche ou grise (LPA) et incolore (LPNA) entre lesquels s'intercalent des paillettes de séricite d'aspect moiré (LPA) et incolore (LPNA). Les cristaux de quartz sont subautomorphes à xénomorphes. L'alignement des paillettes de séricite confère à la roche une schistosité.

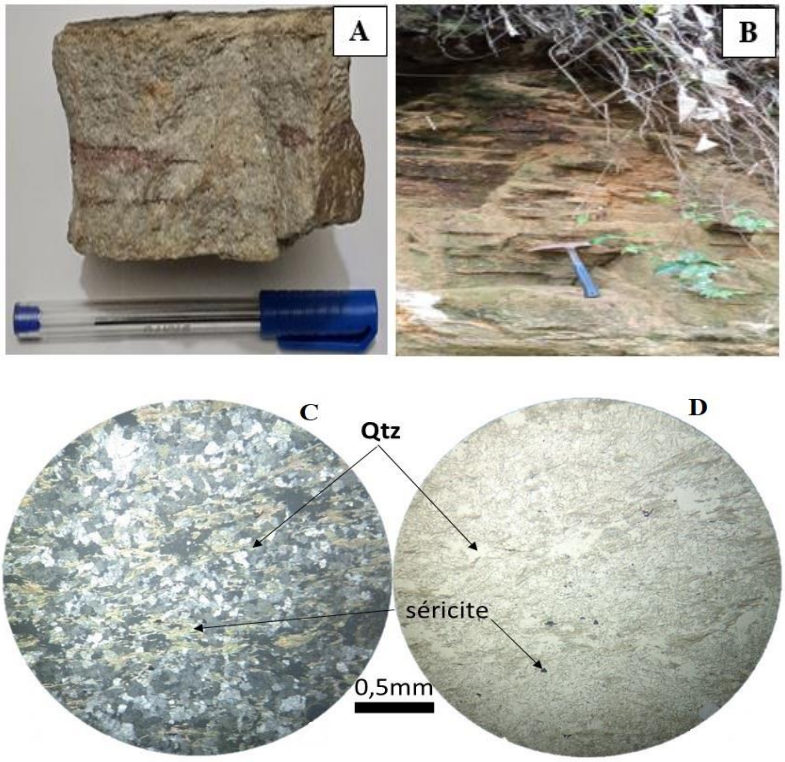


Fig. 6. (A) Echantillon et (B) affleurement de quartzophyllade de couleur blanchâtre observé dans le lit de la rivière Mvikiti à 25 m du village Mvikiti; (C) Quartzophyllade à séricite d'aspect moiré et quartz blanc ou gris en LPA; (D) Quartzophyllade à séricite incolore et quartz incolore en LPNA

3.5 LE SÉRICITOSCHISTE

Au village Kabwene, le long de la Route Nationale n°1 vers le secteur de Lubolo, ce séricitoschiste se présente en bancs successifs schisteux à grains fins et à feuillets de séricite de couleur vert satiné. La schistosité est mise en évidence par l'alternance des feuillets à paillettes de séricite et feuillets à petits cristaux de quartz. La roche renferme aussi des minéraux opaques (Figures 7A et 7B). Il est affecté par des cassures orientées N140°/62°NW, N48°E/30°SW. Le long de la Route Nationale n°1 en allant vers le village Pha, on observe une succession des bancs schisteux de roche quartzo-micacée. La schistosité se remarque par l'alternance des feuillets à paillettes de séricite avec des feuillets à cristaux de quartz.

Au microscope (Figures 7 C et 7D), il présente une schistosité légèrement ployée. Cette dernière est mise en évidence par des aiguilles de séricite d'aspect moiré (LPA) et incolore à jaunâtre (LPNA) entre lesquelles s'intercalent de rares et petits cristaux de quartz de teinte blanche ou grise (LPA) et incolore (LPNA). On y observe aussi des granules des minéraux opaques en dissémination.

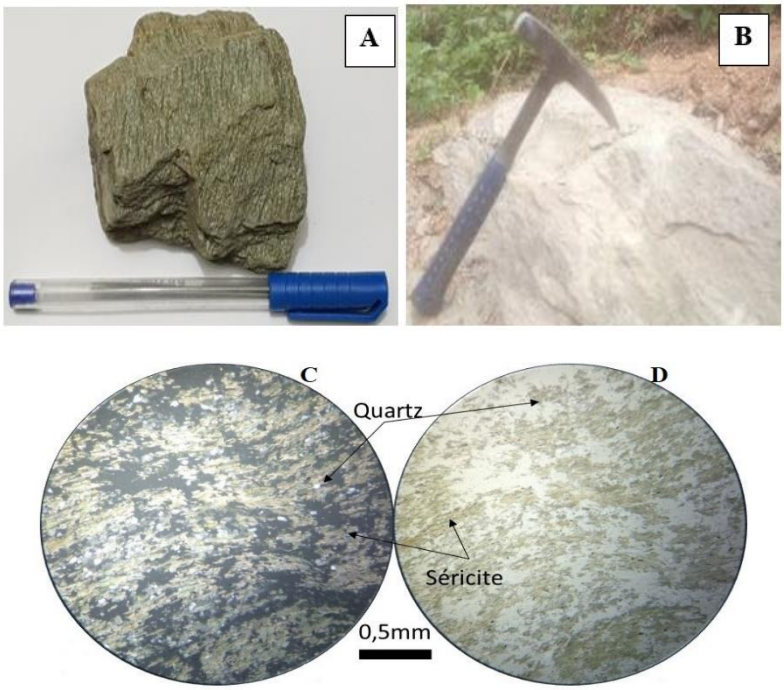


Fig. 7. (A) Echantillon et (B) affleurement de séricitoschiste de couleur vert satiné observé au village Kabwene; (C) Séricitoschiste à séricite d'aspect moiré et quartz blanc ou gris en LPA; (D) Séricitoschiste à séricite incolore à jaunâtre et quartz incolore en LPNA

3.6 LE MÉTAQUARTZITE À GRENAT

A 15 m de la rivière Lubila le long de la Route Nationale n°1, il se présente en bancs massifs successifs à grains fins de quartz de couleur gris brun. Entre ces grains de quartz, s'observent quelques gros grains translucides de grenat de couleur noire (Figures 9 A et B). Il est affecté par des fentes remplies de quartz et est affecté par des failles orientées N182°/68°NW, N42°E/80°SW, N100°/28°NW.

Au microscope (Figures 8 C et 8 D), il présente une texture porphyroblastique mise en évidence par des porphyroblastes de grenat de teinte gris sombre (LPA) et incolore (LPNA) entre de très petits cristaux de quartz de teinte blanche ou grise (LPA) et incolore (LPA). Ces cristaux de quartz sont généralement xénomorphes. Par contre, les porphyroblastes de grenat sont subautomorphes et légèrement craquelés. Dans ces craquelures, s'observent des amas allongés de quartz. La roche renferme aussi des cavités.

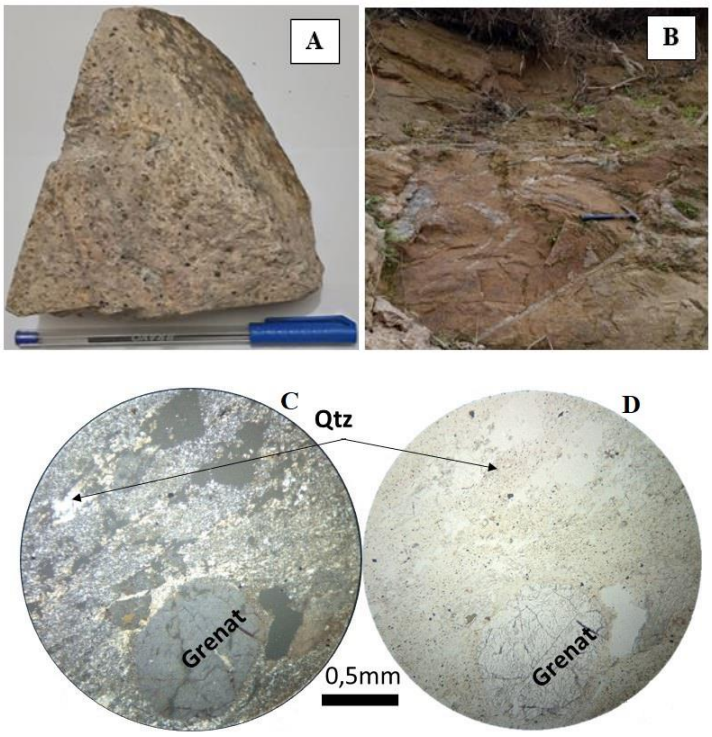


Fig. 8. (A) Echantillon et (B) affleurement de métaquartzite à grenat de couleur gris brun observé à 15 m de la rivière Lubila le long de la Route Nationale n°1; (C) Métaquartzite à grenat de teinte gris sombre et quartz blanc ou gris en LPA; (D) Métaquartzite à grenat et quartz incolores en LPNA

3.7 LE SCHISTE GRAPHITEUX

Sur les berges de la rivière Mvuemba le long de la route menant au village Ndalu, on observe une roche schisteuse à grains fins de couleur gris noir (schiste graphiteux); la schistosité est mise en évidence par l'alternance des feuillets gris clair avec des feuillets gris noir; le long des plans de schistosité, s'observent des amas à cristaux recristallisés de quartz (Figures 9A et 9B). Elle est orientée N108°/82°SW.

En lame mince (Figures 9C et 9D), il présente une schistosité qui se traduit l'alternance des niveaux granoblastiques avec des niveaux granolépidoblastiques. Les niveaux granoblastiques sont constitués par des cristaux de quartz de teinte blanche ou grise (LPA) et incolore (LPNA). Les niveaux granolépidoblastiques sont constitués d'un mélange des amas allongés de graphite de teinte noire (LPA et LPNA), des trainées de biotite de teinte brune et verdâtre (LPA) et brunâtre (LPNA) et des petits cristaux de quartz de teinte blanche ou grise (LPA) et incolore (LPNA). L'alignement des biotites et des graphites confère à la roche une schistosité. La roche renferme des cavités.

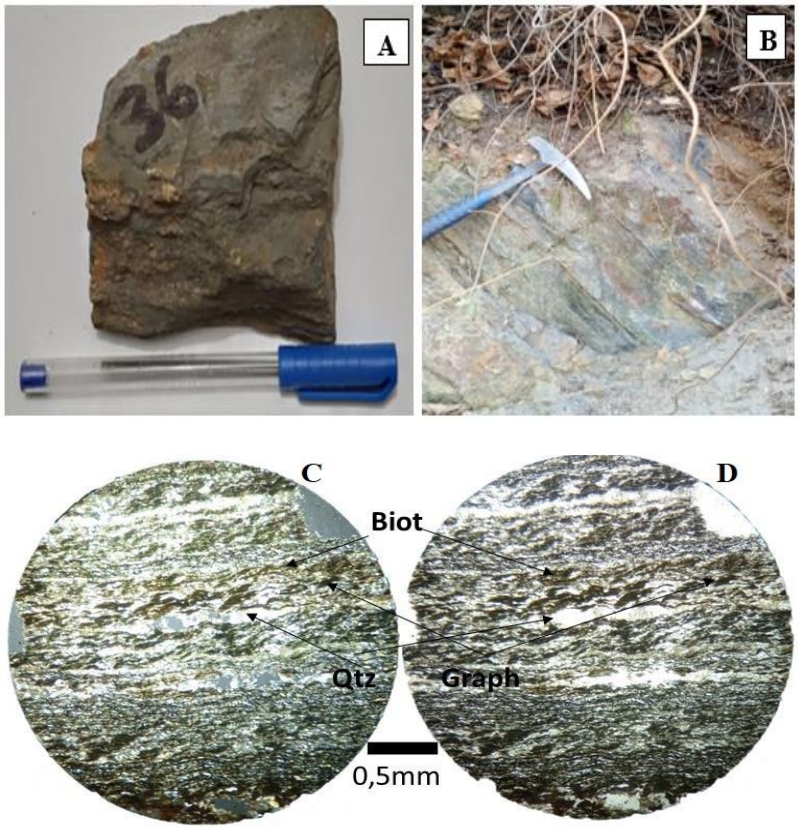


Fig. 9. (A) Echantillon et (B) affleurement de schiste graphiteux de couleur gris noir observé le long de la Route Nationale n°1 à proximité du village Ndalu; (C) Schiste graphiteux à graphite de teinte noire, biotite de teinte brune et verdâtre et quartz blanc ou gris en LPA; (D) Schiste graphiteux à graphite de teinte noire, biotite de teinte brune et quartz incolore en LPNA

4 DISCUSSION

4.1 PARAGENÈSE MINÉRALE

a. Assemblage plagioclase-quartz-biotite

Cette association minéralogique est retrouvée dans le biotitoschiste. Il en est de même de l'association Biotite-quartz du biotitoschiste décrit ci-dessus. Si le plagioclase et le quartz sont des minéraux ubiquistes dans le diagramme de NICOLLET (2010) [4], la biotite, elle, est un minéral spécifique pour déterminer le degré du métamorphisme. Son aspect moiré dans le biotitoschiste, témoigne que cette roche s'est formée par le métamorphisme de bas degré. Par contre, la biotite brune, typique de métamorphisme plus intense d'après les expériences de HAYAMA (1959) [5], caractérise les biotitoschistes dans le métamorphisme de degré moyen.

b. Assemblage chlorite-biotite-quartz-plagioclase

Cette association minéralogique est caractéristique du chloritoschiste. La présence du chlorite dans cette roche indique un métamorphisme de bas degré si l'on se réfère au diagramme de NICOLLET (2010) [4]. Etant ubiquistes dans ce même diagramme, le quartz et le plagioclase coexistant avec le chlorite, ne fournissent pas d'informations complémentaires. D'où, le chloritoschiste est caractérisé dans une zone de métamorphisme de bas degré. Les chloritoschistes, qui renferment l'assemblage chlorite-quartz, sont aussi à classer dans cette zone métamorphique.

Cependant, la biotite associée aux minéraux sus-vantés du chloritoschiste, caractérisée par sa couleur brune d'un minéral de métamorphisme très intense (HAYAMA, 1959 [5]), témoigne que cette roche résulterait d'une rétromorphose.

c. Assemblage séricite-quartz-minéraux opaques

La paragenèse séricite-quartz est caractéristique du séricitoschiste et quartzophyllade. Elle est typique du faciès des schistes verts si l'on se réfère au diagramme de NICOLLET (2010) [4]. Ces roches citées ci-haut seraient formées au cours d'un métamorphisme de bas degré d'une séquence silto-pélitique dont les minéraux argileux sont transformés en séricite et les grains de quartz ont subi simplement une recristallisation.

Les minéraux opaques présents dans ces roches seraient soit des sulfures soit des chlorures déposés par des fluides métamorphiques.

d. Assemblage hornblende verte-chlorite-quartz

Ces minéraux sont rencontrés dans l'amphibolite et sont tous caractéristiques du métamorphisme de bas degré d'après de WINKLER (1974) [6]. De sa structure en bancs, cette roche peut être qualifiée d'un métabasite provenant du métamorphisme d'un sill doléritique.

e. Assemblage grenat-quartz

Cette paragenèse est caractéristique de métaquartztite à grenat. Le métaquartzite est une roche dont l'aspect reste pratiquement constant malgré l'augmentation du degré de métamorphisme. La forme automorphe et la couleur gris clair du grenat que renferme cette roche sont caractéristiques d'Andradite. C'est un grenat ($Ca_2Fe_2Si_3O_{12}$) de basse pression (FYFE et al., 1958 [7]) et est obtenu à partir d'un mélange de silicate de calcium ($CaSiO_3$) et d'hématite à partir de 1020°C (KABBANI et al., 1971 [8]). Se référant au diagramme de NICOLLET (2010) [4], cette température est caractéristique de métamorphisme de haut degré.

f. Assemblage graphite-biotite-quartz

Cet assemblage minéralogique est typique du schiste graphiteux. Cette roche s'est formée par le métamorphisme d'une formation pélitique riche en matière organique, transformée dans les conditions de température et de pression du faciès Schiste vert similaires aux schistes graphiteux étudiés par BARZOI et GUY (2002) [9] dans la vallée de Lotru à Carpathes en Roumanie. L'alternance des feuillets phylliteux avec des feuillets granoblastiques dans cette roche témoigne la protolithe de ce schiste serait un shale où des lits argileux, susceptibles de générer des minéraux phylliteux, alternent avec des lits silteux riches en quartz qui ne subit une simple recristallisation au cours du métamorphisme.

4.2 RELATIONS CRISTALLISATION-DÉFORMATION

L'étude minéralogique a permis de suggérer trois degrés de métamorphisme. Il s'agit du:

- métamorphisme de bas degré mis en évidence par les assemblages chlorite-biotite-quartz-plagioclase, séricite-quartz, hornblende verte-chlorite-quartz, graphite-biotite-quartz;
- métamorphisme de degré moyen mis en évidence par l'assemblage Plagioclase-quartz-biotite;
- métamorphisme de haut degré par l'assemblage grenat-quartz.

La majorité des roches de notre secteur d'étude porte une schistosité. Seul le chloritoschiste en possède deux. Si l'on se réfère aux travaux de DELHAL ET LEDENT (1976) [10], les deux schistosités traduisent les deux orogenèses qu'ont subies les roches du Supergroupe Kimezien, à savoir: l'orogenèse tadilienne datant du Paléoprotérozoïque et l'orogenèse Ouest congolienne datée du Néoprotérozoïque.

Considérant ce qui précède, toutes les roches de bas degré de métamorphisme de ce secteur d'étude portant une seule schistosité peuvent être considérées comme appartenant dans le Groupe de Tshela. Celle portant deux schistosités et les roches de haut degré de métamorphisme peuvent être considérées comme appartenant dans le Supergroupe Kimezien.

5 CONCLUSION

L'analyse pétrographique effectuée dans la région de Nganda-Tsundi a permis de mettre en évidence sept faciès des roches, à savoir: le biotitoschiste, le chloritoschiste, le séricitoschiste, le schiste graphiteux, l'amphibolite, le quartzophyllade et le

métaquartzite à grenat. Le biotitoschiste et le métaquartzite à grenat appartiennent au Supergroupe Kimezien, tandis que tous les autres faciès appartiennent dans le Groupe de Tshela.

L'étude minéralogique de ces roches a permis de déduire trois degrés de métamorphisme, à savoir:

- métamorphisme de bas degré mis en évidence par les paragenèses chlorite-biotite-quartz-plagioclase, séricite-quartz, hornblende verte-chlorite-quartz, graphite-biotite-quartz;
- métamorphisme de degré moyen mis en évidence par la paragenèse Plagioclase-quartz-biotite;
- métamorphisme de haut degré par la paragenèse grenat-quartz.

L'analyse tectono-métamorphique a montré que ces roches ont été affectées par deux épisodes orogéniques, à savoir: l'orogenèse tadilienne d'âge paléoprotérozoïque affectant le chloritoschiste et l'orogenèse Ouest Congolienne d'âge néoprotérozoïque affectant les autres roches qui restent dans la zone d'étude. C'est cette dernière orogenèse qui était responsable de la rétromorphose du chloritoschiste.

REFERENCES

[1] L. TACK, M.T.D. WINGATE, J.-P. LIEGEOIS, M. FERNANDEZ-ALONSO AND A. DEBLOND, «Early Neoproterozoic magmatism (1000-910 Ma) of the Zadinian and Mayumbian Groups (Bas-Congo): onset of Rodinia rifting at the western edge of the Congo craton,» *Precambrian Research,* 110, pp. 277–306, 2001.

[2] L. TACK, V. KANDA NKULA, T. KANIKA MAYENA, C. MPIANA KENABABU, E. CIBAMBULA CIA MUSAU, J.K. MPOYI KABAMBI, G. FRANCESCHI. *Guide book to the field trip in the Pan African West Congo belt of the Bas-Congo region (Democratic Republic of the Congo).* 3rd annual international conference of IGCP - 4470/UNESCO, 2004.

[3] D. M. BAUDET; M. FERNANDEZ-ALONSO; K.F. KANT; L. TACK; K. THEUNISSEN; S. DEWAELE; K. EEKELERS; G. KADJA; E. MUJINGA; P. NSEKA; J. PHAMBU; N. KITAMBALA; E. KONGOTA; J. MATUNGILA; M. MUANZA AND A.M. TSHIBWABWA, *Notice explicative de la carte géologique de la Province du Bas-Congo et Carte géologique à l'échelle du 1/500.000è, Version 1.0*. MRAC (Belgique) & CRGM (R.D. Congo), 2013.

[4] C. NICOLLET, Métamorphisme et géodynamique, Dunod, Paris, 2010.

[5] Y. HAYAMA, «Some considerations on the colour of biotite and its relation to metamorphism,» *JOUR. GEOL. SOC. JAPAN 65,* vol. 2, (760), pp. 21–30, 1959.

[6] H.G.F. WINKLER, *Petrogenesis of metamorphic rocks,* Third Edition. Springer Verlag Ed., New York, 1974.

[7] W.S FYFE, F.J TURNER and J. VERHOOGEN, Metamorphic reactions and metamorphic facies, Geological Society of America, New York, 1958.

[8] K. KABBANI, K. D. PHAN and M. ARNOULD, «La synthèse de l'andradite par réaction à l'état solide à la pression atmosphérique. Transformation pseudowollastonite – wollastonite,» Bull. Soc. Fr. Minéral. Cristallogr, 94, pp. 141–145, 1975.

[9] S.-C. BARZOI and B. GUY, «Rôle de la déformation métamorphique dans la cristallinité du graphite: l'exemple des schistes graphiteux de la vallée de la Lotru (Carpathes, Roumanie),» C.R. Géoscience, 334, pp. 89–95, 2002.

[10] J. DELHAL J. and D. LEDENT, «Age et évolution comparée des gneiss migmatitiques prézadiniens des régions de Boma et de Mpozo-Tombagadio (Bas-Zaïre),» Ann. Soc. Géol. Belg., 99, pp. 165–187, 1976.

International Journal of Innovation and Applied Studies
ISSN 2028-9324 Vol. 43 No. 2 Aug. 2024, pp. 503-512
© 2024 Innovative Space of Scientific Research Journals
http://www.ijias.issr-journals.org/

Investigation ethnobotanique et caractéristiques socio-culturelles du mil (*Pennisetum glaucum* (L.) R. Br.) dans le district des savanes au Nord de la Côte d'Ivoire

[Ethnobotanical investigation and socio-cultural characteristics of millet (*Pennisetum glaucum* (L.) R. Br.) in the savannah district of Côte d'Ivoire]

Laopé Ambroise Casimir SIENE[1], Mariame CONDE[1], Roger BAYALA[2], Ange Fabrice Béra KOUADIO[1], and Tâh Valentin Felix NGUETTIA[1]

[1]Département de Biologie Végétale, Université Peleforo GON COULIBALY, UFR des Sciences Biologiques, Korhogo, Côte d'Ivoire

[2]UFR Agroforesterie, Université Jean Lorougnon GUEDE, Daloa, Côte d'Ivoire

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

ABSTRACT: Millet (*Pennisetum glaucum* (L.) R. Br.) is one of the staple foods of the populations of northern Côte d'Ivoire. And, farmers serve as both producers, curators of millet biodiversity and are also repositories of knowledge to determine and differentiate the varieties of millet in their possession. It therefore seems necessary to carry out an investigation with them, in order to benefit from their knowledge on the management methods of the millet accessions cultivated in their possession as well as on the socio-cultural characteristics of the genetic diversity of millet. To do this, 176 producers in the savannah district were questioned during a survey. They were predominantly male and belonging to a diversity of ethnic groups using different local names to designate millet. Three varieties of millet were identified there, namely late and intermediate local varieties, with gray colored seeds, and early varieties which are improved with olive-yellow or light yellow seeds. The results showed that it is a food present in all the ceremonies of the peoples of the North and is consumed in several culinary forms. However, its cultivation is in decline due to certain constraints encountered there and would be neglected in favor of cash crops such as corn, cotton and cashew nuts. Given the important place this culture occupies within the populations of northern Côte d'Ivoire, actions must be taken to contribute to the promotion and development of its culture.

KEYWORDS: Millet, sociocultural characteristics, sociodemographic characteristics, Ivory Coast, genetic diversity.

RESUME: Le mil (*Pennisetum glaucum* (L.) R. Br.) est l'un des aliments de base des populations du Nord de la Côte d'Ivoire. Et, les agriculteurs servent à la fois de producteurs, de conservateurs de la biodiversité du mil et sont également des dépositaires de connaissances pour déterminer et différencier les variétés de mil en leur possession. Il parait donc nécessaire de mener une investigation auprès d'eux, afin de bénéficier de leurs connaissances sur les modes de gestion des accessions de mil cultivées en leur possession ainsi que sur les caractéristiques socio-culturelles de la diversité génétique du mil. Pour ce faire, 176 producteurs du district des savanes ont été interrogés au cours d'une enquête. Ceux-ci ont été majoritairement de sexe masculin et appartenant à une diversité de groupes ethniques utilisant différentes appellations locales pour désigner le mil. Trois variétés de mil y ont été identifiées, à savoir les variétés locales tardives et intermédiaires, avec des graines de couleur grise, et des variétés précoces qui sont améliorées avec des graines de couleur jaune-olive ou jaune clair. Les résultats ont montré que c'est un aliment présent dans toutes les cérémonies des peuples du Nord et est consommé sous plusieurs formes culinaires. Cependant, sa culture est en régression à cause certaines contraintes qui y sont rencontrées et il serait délaissé au profit des cultures de rente telles que le maïs, le coton et l'anacarde. Face à la place importante qu'occupe cette spéculation au sein des populations du Nord de la Côte d'Ivoire des actions doivent être menées afin de contribuer à la promotion, à la relance et au développement de sa culture.

MOTS-CLEFS: Caractéristiques socioculturelles, caractéristiques sociodémographiques, Côte d'Ivoire, diversité génétique, mil.

1 INTRODUCTION

Le mil, *Pennisetum glaucum* (L.) R. Br) est l'une des céréales les plus importantes cultivée en régions arides et semi-arides, principalement de l'Inde et de l'Afrique de l'Ouest [1]. Classée septième céréale au monde, il est cultivé pour ses grains et son fourrage.

C'est la composante principale dans les systèmes traditionnels de culture et demeure la céréale de base de l'alimentation des populations des zones dans lesquelles elle joue un rôle crucial dans la sécurité alimentaire [2]. La culture du mil couvrait plus de 29 855 214 ha en 2022 dans le monde [3]. Elle se répartit principalement dans les zones arides et semi-arides de l'Afrique avec 21,12 millions d'hectares cultivés pour une production de 15 millions de tonnes [4]. Près de 500 millions de personnes en dépendent pour leur survie [5].

Les cultivateurs africains produisent 40 % du mil mondial. L'Afrique de l'Ouest, qui est un grand centre de diversité pour le mil, contient les principaux pays producteurs de cette céréale. Ceux-ci sont, par ordre décroissant, le Nigeria, le Niger, le Mali, le Burkina Faso et le Sénégal. Malgré son faible rendement (500-600 kg/ha) du fait des sols pauvres sur lesquels il est produit et des différentes pressions parasitaires auxquelles il est confronté, sa culture donne des grains nutritifs recommandés pour certaines diètes [6]. Sa valeur énergétique est l'une des plus élevées parmi les céréales. Ainsi, pour 100 g de mil, celui-ci est plus énergétique que le blé complet [7]. Il est la troisième céréale riche en protéines mais aussi en calcium et fer. La quantité de lipides et de riboflavine le place en première position chez les céréales. C'est pourquoi dans les zones où il est cultivé, on le recommande particulièrement pour les enfants et les personnes âgées ou convalescentes [7].

En Côte d'Ivoire, sa production est estimée à environ 67 000 t/an pour une demande nationale de 120 000 t [8]. Il occupe la troisième place des céréales produites et consommées dans le pays après le riz et le maïs [9]. La culture du mil est pratiquée dans les différentes zones agro-écologiques au Nord de la Côte d'Ivoire. Il intervient dans la sécurité alimentaire des populations de cette partie du pays et constitue l'un des aliments de base de cette population [10]. Les paysans utilisent des appellations locales pour distinguer les différentes variétés et parfois ces appellations diffèrent selon les localités et les groupes ethniques. Plusieurs variétés de mil sont en circulation avec des noms différents produits par les agriculteurs [11]. En raison de l'absence de centres nationaux de collecte de matériel génétique de mil bien établis et de noms normalisés pour ces variétés, les agriculteurs servent à la fois de producteurs et de conservateurs de la biodiversité, conservant diverses variétés de mil. Ils servent également de dépositaire de connaissances pour déterminer et différencier les variétés de mil en leur possession. Or, jusque-là très peu d'études assez poussées ont été menées à notre connaissance sur l'état des lieux des modes de gestion des semences de mil, ainsi que sur l'identification et la classification des variétés locales de mil cultivées. De telles informations seraient indispensables à la préservation des systèmes de cultures à base de mil dans le contexte actuel de variabilité climatique. Il parait donc nécessaire de mener une investigation auprès des producteurs afin de bénéficier de leurs connaissances sur les modes de gestion des accessions de mil cultivées en leur possession, ainsi que sur les caractéristiques socio-culturelles de la diversité génétique du mil. D'où l'intérêt de cette étude qui a pour objectif d'inventorier les variétés de mil cultivées et de caractériser l'impact socio-culturel de la diversité génétique du mil dans le district des savanes situé au Nord de la Côte d'Ivoire.

2 MATÉRIEL ET MÉTHODES

2.1 ZONE DE L'ÉTUDE

L'enquête a été menée dans les trois Régions (Bagoué, Poro et Tchologo) du District des savanes situées au Nord de la Côte d'Ivoire (Figure 1) en collaboration avec l'ANADER.

Le district des savanes est situé entre les longitudes 3°50 et 7° ouest et les latitudes 8°50 et 10° nord. Elle délimite un ensemble géographique constitué de 3 régions, notamment la Bagoué, le Poro et le Tchologo [12]. Deux saisons bien marquées caractérisent le climat de cette zone: la saison sèche en hiver boréal (de novembre à avril) et la saison des pluies en été (de mai à octobre). La pluviométrie moyenne interannuelle est inférieure à 1 200 mm [13]. La pédologie de cette zone est caractérisée par trois sous classes de sols ferralitiques; les sols sur roches basiques, les sols ferrugineux tropicaux et les sols hydromorphes [14].

2.2 ÉCHANTILLONNAGE ET COLLECTE DES DONNÉES

Six départements dudit district, à savoir Korhogo, Sinématiali, Tengréla, Ferkessédougou, Ouangolodougou et Kong ont été sélectionnés sur la base des critères suivants: l'accessibilité de la zone et la production de mil. Dans chaque département, les villages ont été choisis sur la base de la présence de producteurs de mil, avec l'aide des agents de l'ANADER.

Au total, 37 villages et 176 producteurs ont été enquêtés (Tableau 1). Dans chaque village avec l'aide de son chef, seuls les agriculteurs engagés dans la culture du mil ont été sélectionnés et interviewés. Au cours des interviews, les informations recueillies ont porté sur:

- le profil sociodémographique des producteurs: âge, sexe, ethnie, religion, niveau d'instruction, situation matrimoniale;
- les caractéristiques socio-culturelles: usages et formes culinaires du mil;
- les stratégies et modes de gestion de la biodiversité du mil par les paysans: noms vernaculaires du mil, modes d'acquisition des semences, types de variétés et critères d'identification des variétés; et
- l'état de la culture du mil: cultivé avant, cultivé aujourd'hui, raisons de l'abandon.

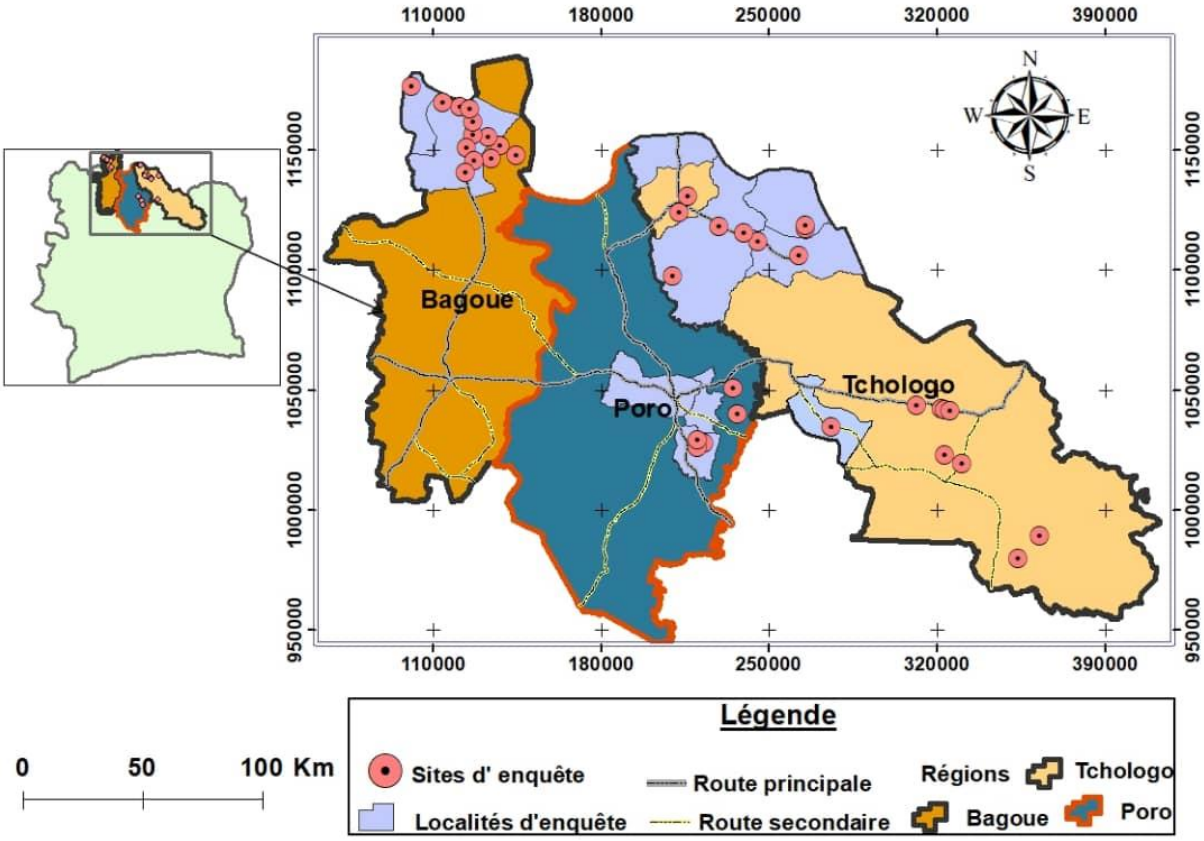


Fig. 1. Localisation des sites d'enquête dans les trois Régions du District des Savanes en Côte d'Ivoire

Tableau 1. Echantillonnage des producteurs enquêtés

Régions	Départements	Sous-Préfectures	Villages	Répondants
Poro	Korhogo	Napié	3	15
	sous total	**1**	**3**	**15**
	Sinématiali	Sinématiali	2	4
	sous total	**1**	**2**	**4**
Bagoué	Tengrela	Kanakono	3	14
		Tengrela	7	43
		Débété	3	11
	sous total	**3**	**13**	**68**
Tchologo	Ferkeséedougou	Koumbala	1	3
	sous total	**1**	**1**	**3**
	Ouangolodougou	Kaouara	2	5
		Ouangolodougou	2	6
		Diawala	3	15
		Niéllé	2	11
	sous total	**4**	**9**	**37**
	Kong	Kong	3	11
		Bilimono	2	12
		Sikolo	4	26
	sous total	**3**	**9**	**49**
Total	**6**	**13**	**37**	**176**

2.3 ANALYSE ET TRAITEMENT DES DONNEES

Les données de l'enquête collectées ont été saisies dans le tableur Excel. Il a également permis de générer des tableaux et des graphiques des différentes informations recueillies au cours de l'enquête. Les statistiques descriptives, le test t et les tests du chi carré ont été réalisés à l'aide du logiciel R version 4.4.0.

3 RÉSULTATS

3.1 CARACTÉRISTIQUES SOCIODÉMOGRAPHIQUES DES PRODUCTEURS ENQUÊTÉS

Sur les 176 producteurs interrogés dans les six départements du district des savanes, 90,91 % des répondants étaient des hommes contre 9,09 % de femmes (Tableau 2). Dans le département de Korhogo tous les répondants étaient des femmes comparativement aux départements de Ferké, Kong, Sinématiali et Tengrela où tous les répondants ont été des hommes, avec une femme parmi ceux de Ouangolo. L'analyse de la situation matrimoniale des répondants a montré que 89,77 % des hommes étaient mariés contre 8,52 % pour les femmes, par rapport respectivement à 1,14 et 0,57% célibataires et veuves. Dans la zone d'étude, les Sénoufos étaient majoritaires (60,80 %), suivi des malinkés (18,75 %) et des Lobis (12,50 %). A Ferké, Korhogo et Sinématiali, tous les répondants appartenaient à l'ethnie Sénoufo tandis qu'une diversité de groupes ethniques a été constatée dans le département de Kong suivis de ceux de Ouangolo et Tengrela. Concernant l'appartenance religieuse des producteurs interrogés, 67,69 % étaient musulmans, 19,89 % d'animistes et 12,50 % de chrétiens. Sur l'ensemble des répondants, 72,16 % étaient non instruits et 12,5 % avaient fait l'école coranique. Seuls 13,64 % ont fait l'école primaire et 1,70 % le secondaire. L'âge moyen des producteurs par département varie entre 43,23 (±8,55) et 59 (±4,24) ans dans la zone d'étude (Tableau 3).

Tableau 2. ***Caractéristiques qualitatives des producteurs enquêtés***

CARACTÉRISTIQUES QUALITATIVES	MODALITÉS	DÉPARTEMENTS						TOTAL	*X2*	*P*
		FERKÉ	KONG	KORHOGO	OUANGOLO	SINÉMATIALI	TENGRELA			
SEXE	F	0 (0,0 %)	0 (0,0 %)	15 (93,8 %)	1 (6,2 %)	0 (0,0 %)	0 (0,0 %)	16 (9,09 %)	**164,22**	**0,000**
	H	3 (1,9 %)	49 (30,6 %)	0 (0,0 %)	36 (22,5 %)	4 (2,5 %)	68 (42,5 %)	160 (90,91 %)		
	Total	3 (1,9 %)	49 (27,8 %)	15 (8,5 %)	37 (21 %)	4 (2,3 %)	68 (38,6 %)	176 (100 %)		
SITUATION MATRIMONIALE	célibataire	0 (0,0 %)	0 (0,0 %)	0 (0,0 %)	1 (50 %)	0 (0,0 %)	1 (50 %)	2 (1,14 %)	**181,22**	**0,000**
	marié	3 (1,9 %)	49 (31 %)	0 (0,0 %)	35 (22,2 %)	4 (2,5 %)	67 (42,4 %)	158 (89,77 %)		
	veuve	0 (0,0 %)	0 (0,0 %)	0 (0,0 %)	1 (100 %)	0 (0,0 %)	0 (0,0 %)	1 (0,57 %)		
	mariée	0 (0,0 %)	0 (0,0 %)	15 (100 %)	0 (0,0 %)	0 (0,0 %)	0 (0,0 %)	15 (8,52 %)		
	Total	3 (1,7 %)	49 (27,8 %)	15 (8,5 %)	37 (21%)	4 (2,3 %)	68 (0,0 %)	176 (100 %)		
RELIGION	animiste	0 (0,0 %)	16 (45,7 %)	10 (28,6 %)	0 (0,0 %)	0 (0,0 %)	9 (25,7 %)	35 (19,89 %)	**82,29**	**0,000**
	chrétienne	3 (13,6 %)	8 (36,4 %)	4 (18,2%)	0 (0,0 %)	2 (9,1 %)	5 (22,7 %)	22 (12,5 %)		
	musulmane	0 (0,0 %)	25 (21 %)	1 (0,8 %)	37 (31,1 %)	2 (1,7 %)	54 (45,4 %)	119 (67,69 %)		
	Total	3 (1,7 %)	49 (27,8 %)	15 (8,5 %)	37 (21 %)	4 (2,3 %)	68 (38,6 %)	176 (100 %)		
NIVEAU D'INSTRUCTION	coranique	0 (0,0 %)	8 (36,46 %)	0 (0,0 %)	2 (9,1 %)	0 (0,0 %)	12 (54,5 %)	22 (12,5 %)	**32,22**	**0,006**
	non instruit	1 (0,8 %)	33 (26 %)	13 (10,2 %)	32 (25,2 %)	3 (2,4 %)	45 (35,4 %)	127 (72,7 %)		
	primaire	2 (8,3 %)	7 (29,2 %)	2 (8,3 %)	2 (8,3 %)	0 (0,0 %)	11 (45,8 %)	24 (13,64 %)		
	secondaire	0 (0,0 %)	1 (33,3 %)	0 (0,0 %)	1 (33,3 %)	1 (33,3 %)	0 (0,0 %)	3 (1,70 %)		
	Total	3 (1,7 %)	49 (27,8 %)	15 (8,5 %)	37 (21 %)	4 (2,3 %)	68 (38,6 %)	176 (100%)		
ETHNIE	dagari	0 (0,0 %)	1 (100 %)	0 (0,0 %)	0 (0,0 %)	0 (0,0 %)	0 (0,0 %)	1 (0,57 %)	**100,17**	**0,000**
	gan	0 (0,0 %)	4 (100 %)	0 (0,0 %)	0 (0,0 %)	0 (0,0 %)	0 (0,0 %)	4 (2,27 %)		
	lobi	0 (0,0 %)	22 (100 %)	0 (0,0 %)	0 (0,0 %)	0 (0,0 %)	0 (0,0 %)	22 (12,5 %)		
	malinké	0 (0,0 %)	6 (18,2 %)	0 (0,0 %)	7 (21,2 %)	0 (0,0 %)	20 (60,6 %)	33 (18,75 %)		
	maraka	0 (0,0 %)	0 (0,0 %)	0 (0,0 %)	0 (0,0 %)	0 (0,0 %)	1 (100 %)	1 (0,57 %)		
	peul	0 (0,0 %)	0 (0,0 %)	0 (0,0 %)	4 (50 %)	0 (0,0 %)	4 (50 %)	8 (4,55 %)		
	sénoufo	3 (1,7 %)	16 (15 %)	15 (14 %)	26 (24,3 %)	4 (3,7 %)	43 (40,2 %)	107 (60,8 %)		
	Total	3 (3,17 %)	49 (27,8 %)	15 (8,5 %)	37 (21 %)	4 (2,3 %)	68 (38,6 %)	176 (100 %)		

Tableau 3. Caractéristiques quantitatives des producteurs enquêtés

CARACTÉRISTIQUES QUANTITATIVES	MODALITÉS	DÉPARTEMENTS						PR (>F)
		FERKÉ	KONG	KORHOGO	OUANGOLO	SINÉMATIALI	TENGRELA	
AGE	Moyenne	53,50 ± 10,61 a	43,96 ± 11,10 ab	43,23 ± 8,55 ab	44,14 ± 11,12 ab	59,00 ± 4,24 a	51,66 ± 10,83 a	**0,0008**
	Minimum	46	21	34	25	56	22	
	Maximum	61	71	63	66	62	76	

3.2 GESTION LOCALE DE LA BIODIVERSITE DU MIL

3.2.1 NOMS VERNACULAIRES DU MIL

Les résultats de l'enquête ont révélé différentes appellations du mil selon les ethnies (Tableau 4). Les différences notées au niveau des ethnies proviennent des dialectes qui existent au sein de celles-ci.

Tableau 4. Noms vernaculaires du mil

Ethnies	Sénoufo	Malinké	Lobi	Dagari	Peulh
Noms vernaculaires	sougoulé sohoulou	sagnon gnon	djoufi djoubou	biêh	mougoutiri

3.2.2 GESTION LOCALE DES SEMENCES DE MIL

L'enquête a révélé que 70,45 % des producteurs interrogés ont acquis les semences de mil par héritage; 21,02 % l'ont acquis par achat; 4,54 % par don; 2,84 % par échange et 1,13 % par emprunt (Tableau 5).

Trois variétés de mil sont cultivées dans le district des savanes dans les proportions suivantes: 76,70 % pour les variétés tardives, 16,48 % pour les précoces et 6,82 % pour les intermédiaires. Les variétés tardives et intermédiaires sont des variétés locales tandis que les précoces sont des améliorées. Deux couleurs distinguent ces variétés à savoir la couleur grise (90,34 % des répondants) et jaune-olive ou jaune claire (9,66 % des répondants). Selon les producteurs enquêtés, les variétés locales sont de couleur grise alors que les améliorées sont de couleur jaune-olive ou jaune clair (Tableau 5). Le mode d'acquisition des semences diffère d'une variété à l'autre (Tableau 6): les variétés tardives et intermédiaires sont acquises principalement par héritage (74,81 % et 58,33 %) tandis que les variétés précoces le sont plus par achat (55,17 %).

Les résultats de l'enquête ont montré qu'il existe quatre critères d'identification des variétés de mil selon les proportions suivantes: la couleur des grains à 72,15 %; la forme des épis à 18,75 %; la taille des grains à 3,40 % et 5,68 % des répondants se basent aussi bien sur la couleur des grains et la forme des épis pour identifier les variétés de mil (Tableau 5).

Tableau 5. ***Gestion locale des semences de mil***

MODES DE GESTION	MODALITÉS	DÉPARTEMENTS						TOTAL	*X2*	*P*
		Ferké	Kong	Korhogo	Ouangolo	Sinématiali	Tengrela			
MODES D'ACQUISITION DES SEMENCES	achat	2 (5,4 %)	4 (10,81 %)	2 (5,4 %)	18(48,64%)	0 (0,0 %)	11(29,72%)	37 (21,02 %)	**35,46**	**0,0178**
	don	0 (0,0%)	3 (37,5 %)	0 (0,0 %)	2 (25 %)	0 (0,0 %)	3 (37,75 %)	8(4,54 %)		
	échange	0 (0,0%)	3 (60 %)	0 (0,0 %)	1 (20 %)	0 (0,0 %)	1 (20 %)	5 (2,84 %)		
	emprunt	0 (0,0%)	0 (0,0 %)	0 (0,0 %)	0 (0,0 %)	0 (0,0 %)	2 (100 %)	2 (1,13 %)		
	héritage	1 (0,8 %)	39 (31,7%)	13 (10,5 %)	16 (13 %)	4 (3,25%)	51 (41,5 %)	124 (70,45 %)		
	Total général	3 (1,7 %)	49 (27,8 %)	15 (8,6 %)	37 (21,1 %)	4 (1,7 %)	68 (38,9 %)	176 (100 %)		
TYPE DE VARIÉTÉ	intermédiaire (4 mois/locale)	0 (0,0 %)	0 (0,0 %)	0 (0,0 %)	2 (16,7 %)	1 (8,3 %)	9 (75 %)	12 (6,82 %)	**32,48**	**0,0003**
	Précoce (3 mois/amélioée)	2 (6,9 %)	13 (44,8 %)	0 (0,0 %)	1 (3,4 %)	2 (6,9 %)	11 (37,9 %)	29 (16,48 %)		
	Tardive (≥5 mois/locale)	1 (0,7 %)	36 (26,7 %)	15 (11,1 %)	34 (25,2 %)	1 (0,7 %)	48 (35,6 %)	135 (76,70 %)		
	Total général	3 (1,7 %)	49 (27,8 %)	15 (8,5 %)	37 (21 %)	4 (2,3 %)	68 (38,6 %)	176 (100 %)		
COULEUR DES GRAINES	grise (locale)	3 (1,9 %)	49 (30,8 %)	15 (9,4 %)	34 (21,4 %)	4 (2,5 %)	54 (34 %)	159 (90,34 %)	**17**	**0,0045**
	Jaune-olive / Jaune-claire (améliorée)	0 (0,0 %)	0 (0,0 %)	0 (0,0 %)	3 (17,6 %)	0 (0,0 %)	14 (82,4 %)	17 (9,66 %)		
	Total général	3 (1,7 %)	49 (27,8 %)	15 (8,5 %)	37 (21 %)	4 (2,3 %)	68 (38,6 %)	176 (100 %)		
CRITÈRES D'IDENTIFICATION DES VARIÉTÉS	couleur des grains	3 (2,4 %)	32 (25,2 %)	10 (7,9 %)	36 (28,3 %)	4 (3,1 %)	42 (33,1 %)	127 (72,15 %)	**83,42**	**0,000**
	couleur des grains/forme des épis	0 (0,0 %)	8 (80 %)	0 (0,0 %)	1 (10 %)	0 (0,0 %)	1 (10 %)	10 (5,68 %)		
	forme épis	0 (0,0 %)	9 (27,3 %)	0 (0,0 %)	0 (0,0 %)	0 (0,0 %)	24 (72,7 %)	33 (18,75 %)		
	taille des grains	0 (0,0 %)	0 (0,0 %)	5 (83,3 %)	0 (0,0 %)	0 (0,0 %)	1 (16,7 %)	6 (3,40 %)		
	Total général	3 (1,7 %)	49 (27,8 %)	15 (8,5 %)	37 (21 %)	4 (2,3 %)	68 (38,6 %)	176 (100 %)		

Tableau 6. ***Modes d'acquisition des semences de mil en fonction des variétés***

VARIÉTÉS	Modes d'acquisition des semences					TOTAL	*X2*	*P*
	Achat	Don	Échange	Emprunt	Héritage			
Intermédiaire (4 mois/locale)	2 (16,7 %)	2 (16,7 %)	0 (0,0 %)	1 (8,3 %)	7 (58,3 %)	12 (100 %)	**51,203**	**0,000**
Précoce (3mois/amélioée)	16 (55,2 %)	0 (0,0 %)	5 (17,2 %)	1 (3,4 %)	7 (24,1 %)	29 (100 %)		
Tardive (≥5 mois/locale)	26 (19,3 %)	6 (4,4 %)	1 (0,7 %)	1 (0,7 %)	101 (74,8 %)	135 (100 %)		
Total général	44 (25 %)	8 (4,5 %)	6 (3,4 %)	3 (1,7 %)	115 (65,3 %)	176 (100 %)		

3.3 CARACTÉRISTIQUES SOCIO-CULTURELLES

3.3.1 USAGES ET FORMES CULINAIRES DU MIL

Les résultats de l'enquête ont montré que le mil est cultivé d'abord pour la consommation par les producteurs (100 %). Cependant, 96,02 % des producteurs vendent une partie de la production pour survenir à leur besoin (Tableau 7).

Le mil est consommé par ordre d'importance dans le district des savanes sous forme de bouillie (100 %), de beignets (99 %), de dèguê (92,04 %), de farine (91,47 %), de couscous (84,09 %, de semoule de mil le "tôh" en langue locale (66,47 %), et de boisson traditionnelle communément appelée "tchapalo" (16,47 %) (Tableau 8).

Tableau 7. Usages du mil dans les localités d'enquête

USAGES	MODALITÉS	DÉPARTEMENTS						TOTAL	X2	P
		FERKÉ	KONG	KORHOGO	OUANGOLO	SINÉMATIALI	TENGRELA			
VALEUR MARCHANDE	Non	0 (0,0 %)	3 (42,9 %)	0 (0,0 %)	1 (14,3 %)	0 (0,0 %)	3 (42,9 %)	7 (3,97 %)	**1,692**	**0,889**
	Oui	3 (1,8 %)	46 (27,2 %)	15 (8,9 %)	36 (21,3 %)	4 (2,4 %)	65 (38,5 %)	169 (96,02 %)		
	Total	3 (1,7 %)	49 (27,8 %)	15 (8,5 %)	37 (21 %)	4 (2,3 %)	68 (38,6 %)	176 (100 %)		
AUTO CONSOMMATION	Oui	3 (1,7 %)	49 (27,8 %)	15 (8,5 %)	37 (21 %)	4 (2,3 %)	68 (38,6 %)	176 (100 %)	**118,681**	**0,000**
	Total	3 (1,7 %)	49 (27,8 %)	15 (8,5 %)	37 (21 %)	4 (2,3 %)	68 (38,6 %)	176 (100 %)		

Tableau 8. Formes culinaires du mil

Formes culinaires	DÉPARTEMENTS						FREQUENCE	X2	P
	FERKÉ	KONG	KORHOGO	OUANGOLO	SINÉMATIALI	TENGRELA			
TOH	1 (0,9%)	42 (35,9 %)	0 (0,0%)	28 (23,9 %)	3 (2,6 %)	43 (36,8 %)	117 (66,47%)	**131,49**	**0,000**
BOUILLIE	3 1,7 %)	49 (27,8 %)	15 (8,5 %)	37 (21 %)	4 (2,3 %)	68 (38,6 %)	176 (100%)		
COUSCOUS	1 (0,7 %)	46 (31,1 %)	2 (1,4 %)	31 (20,9 %)	0 (0,0%)	68 (45,9 %)	148 (84,09%)	,	
BEIGNETS	2 (1,1 %)	49 (28 %)	15 (8,6 %)	37 (21,1 %)	4 (2,3 %)	68 (38,9 %)	175 (99,43%)		
FARINE	3 (1,9 %)	49 (30,4 %)	15 (9,3 %)	37 (23 %)	4 (2,5 %)	53 (32,9 %)	161 (91,47%)		
BOISSON (tchapalo)	0 (0,0 %)	9 (9,31 %)	15 (51,71 %)	0 (0,0%)	0 (0,0%)	5 (17,2 %)	29 (16,47%)		
DÈGUÊ	3 (0,6 %)	49 (30,6 %)	5 (3,1 %)	37 (23,1 %)	0 (0,0 %)	68 (42,5 %)	162 (92,04%)		

3.3.2 IMPORTANCES SOCIOCULTURELLES DU MIL DANS LES LOCALITES D'ENQUETE

Les résultats de l'enquête (Tableau 9) ont montré que le mil est plus utilisé lors des funérailles, des baptêmes, des mariages et pendant le mois de carême musulman ou ramadan avec des fréquences relatives d'utilisation de 97,72 %; 96,6 %; 96,6 % et 80,68 %.

Tableau 9. Rôles socioculturels du mil

Importances socio-culturelles	MODALITÉS	DÉPARTEMENTS						TOTAL	X2	P
		Ferké	Kong	Korhogo	Ouangolo	Sinématiali	Tengrela			
Mariage	Non	2 (33,3%)	0 (0,0 %)	0 (0,0 %)	0 (0,0 %)	4 (66,7 %)	0 (0,0 %)	6 (3,40 %)	**155,75**	**0,000**
	Oui	1 (0,6 %)	49 (28,8 %)	15 (8,8 %)	37 (21,8 %)	0 (0,0 %)	68 (40 %)	170 (96,6 %)		
	Total	3 (1,7 %)	49 (27,8 %)	15 (8,5 %)	37 (21 %)	4 (2,3 %)	68 (38,6 %)	176 (100 %)		
Baptême	Non	2 (33,3%)	0 (0,0 %)	0 (0,0 %)	0 (0,0 %)	4 (66,7 %)	0 (0,0 %)	6 (3,40 %)	**155,75**	**0,000**
	Oui	1 (0,6 %)	49 (28,8 %)	15 (8,8 %)	37 (21,8 %)	0 (0,0 %)	68 (40 %)	170 (96,6 %)		
	Total	3 (1,7 %)	49 (27,8 %)	15 (8,5 %)	37 (21 %)	4 (2,3 %)	68 (38,6 %)	176 (100 %)		
Funérailles	Non	0 (0,0 %)	0 (0,0 %)	0 (0,0 %)	0 (21,5 %)	4 (100 %)	0 (0,0 %)	4 (2,27 %)	**176**	**0,000**
	Oui	3 (1,7 %)	49 (28,5 %)	15 (8,7 %)	37 (31,3%)	0 (0,0 %)	68(39,50%)	172 (97,72%)		
	Total	3 (1,7 %)	49 (27,8 %)	15 (8,5 %)	37 (21%)	4 (2,3 %)	68 (38,6 %)	176 (100 %)		
Ramadan	Non	3 (8,8 %)	12 (35,3 %)	15 (44,1 %)	0 (0,0 %)	4 (11,8 %)	0 (0,0 %)	34 (19,31 %)	**117,86**	**0,000**
	oui	0 (0,0 %)	37 (26,1 %)	0 (0,0 %)	37 (26,1 %)	0 (0,0 %)	68 (47,9 %)	142 (80,68 %)		
	Total	3 (1,7 %)	49 (27,8 %)	15 (8,5 %)	37 (21 %)	4 (2,3 %)	68 (38,6 %)	176 (100 %)		

3.4 ETAT ACTUELLE DE LA CULTURE DU MIL DANS LA ZONE D'ENQUETE ET RAISONS DE L'ABANDON

Selon les résultats de l'enquête 22,73 % des producteurs enquêtés ont expliqué que la culture du mil était en régression dans la zone d'étude (Tableau 10). Pour ces derniers, diverses raisons expliquent cet abandon (Tableau 11). Il s'agit de l'abandon de la culture du mil au profit des cultures telles que le coton, l'anacarde et le maïs. Ils ont également signalé les problèmes de disponibilité de terre et de moyens financiers pour la pratique de la culture. La mécanisation de la culture a été également soulignée. Des contraintes biotiques telles que les attaques des bœufs, les attaques d'oiseaux, et la présence de chenilles et de maladies sur les épis ont été citées comme des raisons de l'abandon de la culture. A ces raisons, ont été ajouté les démangeaisons provoquées par les plants de mil traditionnels cultivés et leur faible potentiel de production.

Tableau 10. Etat actuel de la culture du mil dans la zone d'enquête

ETAT DE LA CULTURE	MODALITÉS	DÉPARTEMENTS						TOTAL	*X2*	*P*
		FERKÉ	KONG	KORHOGO	OUANGOLO	SINÉMATIALI	TENGRELA			
CULTIVÉ AVANT (PAR LE PÈRE)	non	0 (0,0 %)	1 (16,7 %)	0 (0,0 %)	4 (66,67 %)	0 (0,0 %)	1 (16,7 %)	6 (3,41 %)	**7,98**	**0,157**
	oui	3 (1,8 %)	48 (28,2 %)	15 (8,8 %)	33 (19,4 %)	4 (2,4 %)	67 (39,4 %)	170 (96,59 %)		
	Total général	3 (1,7 %)	49 (27,8 %)	15 (8,5%)	37 (21 %)	4 (2,3 %)	68 (38,6 %)	176 (100 %)		
CULTIVÉ AUJOURD'HUI	non	0 (0,0%)	19 (47,5 %)	0 (0,0 %)	2 (5 %)	4 (10 %)	15 (37,5 %)	40 (22,73 %)	**32,41**	**0,000**
	oui	3 (2,2%)	30 (22,1 %)	15 (11 %)	35 (25,7 %)	0 (0,0 %)	53 (39 %)	136 (77,27 %)		
	Total général	3 (1,7%)	49 (27,8 %)	15 (8,5 %)	37 (21 %)	4 (2,3 %)	68 (38,6 %)	176 (100 %)		

Tableau 11. Raisons de l'abandon de la culture du mil dans la zone d'enquête

Départements	Raisons de l'abandon de la culture du mil							
Ferkessedougou	Culture de l'anacarde							
Kong	Culture de l'anacarde		Démangeaison provoquées par les plants de mil		Noircissement des épis / épis improductifs		Faible potentiel de production des variétés de mil	
Korhogo	Culture du coton / problème de disponibilité de terre / réduction de la taille des champs							
Ouangolo	Culture du coton		Problème de disponibilité de terre		Pas de bœuf pour le labour / mécanisation			
Sinématiali	Culture du coton	Problème de disponibilité de terre	Attaques d'oiseaux	Attaques des bœufs	Attaques des chenilles à la floraison / pas de produits pesticides contre les chenilles		Faible potentiel de production des variétés de mil	
Tengrela	Culture du coton	Revenue du maïs plus élevé	Problème de disponibilité de terre / réduction de la taille des champs	Attaques des bœufs	Attaques d'oiseaux	Manque de moyen financier / mécanisation	Noircissement des épis après les pluies	Faible potentiel de production des variétés de mil

4 DISCUSSION

Les résultats obtenus au cours de cette étude montrent que la culture du mil est l'apanage des hommes qui sont les responsables des familles et les garants des terres. Au Burkina Faso [15] et au Niger [16] des résultats similaires ont été obtenus. Dans le district des savanes, la culture du mil est pratiquée par des producteurs d'origines ethniques diverses, principalement des Sénoufos, des Malinkés et des Lobis, qui désignent le mil sous différentes appellations [17].

Dans la localité d'étude, les semences de mil, qui sont principalement issues des variétés locales, sont majoritairement acquises par héritage. En effet, les agriculteurs considèrent les variétés locales comme un patrimoine culturel à transmettre aux générations futures [18]. Chez les producteurs Tagbana de la Côte d'Ivoire, les semences de maïs constituent un patrimoine familial et sont transmises de père en fils [19]. Selon les résultats de l'enquête, ces semences proviennent majoritairement de variétés de durée de cycle tardives et intermédiaires, qui se distinguent des variétés améliorées par leur couleur grise comparativement à celle des améliorées qui est jaune-olive ou jaune claire. La référence [10] a montré que les variétés cultivées dans la zone d'étude sont de type traditionnel. Et, la différence de durée de cycle notée entre les variétés locales tardives et intermédiaires pourrait s'expliquer par l'effet de la date de semis. En effet, ces variétés sont généralement photopériodiques de jours courts [20], dont la floraison a lieu quand la durée du jour devient courte que celle de la nuit dans la zone d'étude ([20], [21]). Ainsi, la durée de leur cycle dépendrait de la date de semis. Elle serait plus longue pour les semis précoces et courte pour les semis tardifs [22]. C'est ce qui expliquerait également la faible proportion de 6,82 % obtenue pour les intermédiaires. Les variétés précoces de mil n'existent naturellement pas dans le paysage agricole ivoirien [17]. L'utilisation des variétés à cycle court et intermédiaire, voire améliorées est limitée dans la zone d'étude. Et, le principal critère d'identification des semences des variétés de mil est basé sur la couleur des grains.

Il ressort de cette étude que le mil est cultivé d'abord pour la consommation par les producteurs. Cependant, certains producteurs vendent une partie de la production pour subvenir à leurs besoins. Les grains de mil permettent de préparer de nombreux plats traditionnels tels que le couscous, les beignets, le tôh, la bouillie et la bière [9]. D'un point de vue culturel, le mil occupe une place importante au sein des populations du Nord de la Côte d'Ivoire. C'est un aliment présent dans toutes les cérémonies des peuples du Nord, surtout pendant les funérailles [23].

Malgré son importance aussi bien sur le plan alimentaire que culturel, la culture du mil est en régression dans le district des savanes. En effet, la culture du mil serait délaissée au profit des cultures de rente telles que le coton et l'anacarde [24]. De plus, le manque de

mécanisation de la culture, le faible potentiel de production des variétés locales, l'augmentation de la démographie et certaines contraintes d'ordres économiques et phytosanitaires seraient également responsables de cet abandon [10], [25].

5 CONCLUSION

Cette étude a montré que la majorité des producteurs interrogés dans les six départements du district des savanes, sont de sexe masculin, non instruits pour la plupart et appartenant à une diversité de groupes ethniques utilisant différentes appellations locales pour désigner le mil. Trois variétés de mil cultivées y ont été identifiées, à savoir les variétés tardives et intermédiaires, qui sont des variétés locales de couleur de graines grise et des variétés précoces qui sont améliorées avec des graines jaune-olive ou jaune clair. Le principal critère d'identification des variétés étant la couleur des semences et les semences sont acquises majoritairement par héritage. Le mil occupe une place importante au sein des populations de cette zone d'un point de vue culturel, car c'est un aliment présent dans toutes les cérémonies et est consommé sous plusieurs formes culinaires. Cependant, sa culture est en régression à cause certaines contraintes qui y sont rencontrées et serait délaissé au profit des cultures de rente telles que le maïs, le coton et l'anacarde. Au regard de la place importante qu'occupe cette spéculation au sein de ces populations, des actions doivent être menées afin de contribuer à la promotion et au développement de sa culture d'une part, et d'autre part des actions de recherche sur la caractérisation des variétés locales de mil devront être conduites dans le contexte actuel de variabilité climatique en vue d'identifier les plus performantes qui pourraient servir comme parents élites dans un programme d'amélioration variétale répondant aux besoins des producteurs en Côte d'Ivoire.

CONFLITS D'INTÉRÊTS

Les auteurs déclarent qu'ils n'ont aucun conflit d'intérêts.

CONTRIBUTIONS DES AUTEURS

LACS a participé à l'élaboration de la fiche d'enquête et du protocole de recherche, à la collecte des données, à l'analyse statistique et à la rédaction de l'article. MC, TVFN, AFBK ont contribué à la collecte des données. RB a contribué à la relecture du manuscrit.

REMERCIEMENTS

Nous exprimons notre gratitude à l'ensemble des agents de l'ANADER (Agence Nationale d'Appui et de Développement Rural) qui nous apporté leur aide au cours de cette enquête. Nous remercions également tous les chefs de villages qui nous ont reçus, ainsi que tous ces producteurs qui n'ont ménagé aucun effort pour répondre à nos questions, et surtout pour leur patience et leur disponibilité.

REFERENCES

[1] D. Sehgal, V. Rajaram, I. P. Armstead, V. Vadez, Y. P. Yadav, and C. T. Hash, «Integration of gene-based markers in a pearl millet genetic map for identification of candidate genes underlying drought tolerance quantitative trait loci BMC», *Plant Biol.,* vol. 12, pp. 1–13, 2012.

[2] Gowda, C. L. L. et Rai K. N., *Evolution of hybrid parents research,* In: C.L.L. Gowda, K.N. Rai, B.V.S. Freddy et K.B. Sana (Eds), Hybrid parents research at ICRISAT, ICRISAT Center, Patancheru, pp. 1-10, 2006.

[3] FAOSTAT, *Données de l'alimentation et de l'agriculture,* (2022). [en ligne] Disponible: https://Faostat.fao.org, consulté le 26/05/2024 à 00h19.

[4] V. S. Nambiar, J. Dhaduk, N. Sareen, T. Shahu and R. Desai, «Potential functional implications of pearl millet (*Pennisetum glaucum*) in health and disease», *Journal of Applied Pharmaceutical Science,* vol. 1, pp. 62, 2011.

[5] SYNGENTA, *Enhancement of the set of microsatellite markers for improving pearl millet breeding efficiency in Africa and Asia,* (2013). [en ligne]. Disponible à http://www.syngentafoundation.org/index.cfm?pageID=144&lyrHighlightWord=pearl%20millet&searchvalue=pearl%20millet [cité le 2 juin 2013].

[6] B. AMADOU, Identification of marker-trait associations for resistance to Striga hermonthica (Del.) Benth. segregating in a wild x cultivated pearl millet [Pennisetum glaucum (L.) R. Br.] mapping population of F3 progenies, Montpellier-SupAgro, 2009.

[7] Latham M. C., *La nutrition dans les pays en développement,* FAO, Viale delle Terme di Caracalla, 00100 Rome, Italie, 2016. Disponible à http://www.fao.org/docrep/004/W0073F/w0073f00.htm#toc, (13 mars 2001).

[8] CNRA, Rapport annuel des activités, 49p, 2022.

[9] M. B. Beninga, *Génétique, amélioration et vulgarisation du mil (Pennisetum glaucum (L.) R. Br.) en Côte d'Ivoire,* Thèse de Doctorat d'Etat, UFR Biosciences, Université de Cocody, Abidjan, Côte d'Ivoire, 179p, 2007.

[10] M. B. Beninga, «Diagnostic des systèmes de culture à base de mil (*Pennisetum glaucum* (L.) R. Br.) en Côte d'Ivoire et perspectives d'amélioration», *Journal of Biosciences,* vol. 79, pp. 6878-6886, 2014.

[11] J. Manda, A. D. Alene, C. Gardebroek, M. Kassie and G. Tembo, «Adoption and impacts of sustainable agricultural practices on maize yields and incomes: evidence from Rural Zambia» *J. Agric. Econ*., vol. 67, pp. 130–153, 2016.

[12] C. S. Dekoula, B. Kouamé, K. E. N'Goran, J. N. Ehounou, G. F. Yao, K. E. Kassin, J. B. Kouakou, A. E. B. N'Guessan et N. Soro, «Variabilité des descripteurs pluviométriques intra-saisonniers à impact agricole dans le bassin cotonnier de Côte d'Ivoire: cas des zones de Boundiali, Korhogo et Ouangolodougou», *Journal of Applied Biosciences,* vol. 130, pp. 13199 – 13212, 2018.

[13] T. Y. Brou, *Climat, mutations socio-économiques et paysages en Côte d'Ivoire,* Mémoire de synthèse des activités scientifiques présenté en vue de l'obtention de l'Habilitation à Diriger des Recherches, Université des Sciences et Techniques de Lille, France, 212 p, 2005.

[14] B. Koné, Utilisation des données pour l'étude de la fertilité potentielle des sols ferralitiques au-dessus de la latitude 7°N de la Côte d'Ivoire, Thèse unique, Université de Cocody, 146p, 2007.

[15] A. Boly, A. Waongo, A. Kaboré, F. Traore, M. N. Ba et A. Sanon, «Perception des producteurs sur les insectes ravageurs du mil au Burkina Faso: Place de la mineuse de l' épi de mil, *Heliocheilus albipunctella* De Joannis (Lepidoptera: Noctuidae)», *Journal of Applied Biosciences,* vol. 176, pp. 18322-18341, 2022.

[16] R. M. Moctar, H. Oumarou, I. R. Salissou, A. A. Soumaila, B. N. Ousmane, B. Ibrahim, «Study of the Constraints of Millet Production (*Pennisetum glaucum* (L.) R. Br.) and the Peasant Perception of Biological Control in the Tahoua Region», *Agricultural Sciences,* vol. 15, pp. 1-14, 2024.

[17] M. B. Beninga, A. Sangaré, S. P. A. N'Guetta et M. Y. Coulibaly, «Mise en place d'une collection de ressources génétiques du mil (Pennisetum glaucum (L.) R. Br.), en Côte d'Ivoire», *Agronomie Africaine,* vol. 23, n°.3, pp. 193 – 204, 2011.

[18] C. Diatta, T. K. Tovignan, B. Sine, B. E. Ifie, J. M. Faye, E. Diatta-Holgate, F. A. Sylla, S. Bodian, O. Aidara, E. Y. Danquah, S. K. Offei et N. Cisse, «Farmers' production constraints, preferred varietal traits and perceptions on sorghum grain mold in Senegal», *Heliyon,* vol. 10, e30221, pp. 1-14, 2024.

[19] C. K. Kouakou, L. Akanvou, Y. A. Konan et A. M. YAO, «Stratégies paysannes de maintien et de gestion de la biodiversité du maïs (*Zea mays* L.) dans le département de Katiola en Côte d'Ivoire», *Journal of Applied Biosciences,* vol. 33, pp. 2100 - 2109, 2010.

[20] L. A. C. Siéné, M. S. Traoré, M. Doumbouya, L. F. Coulibaly, T. V. F. N'guettia, M. Condé, B. J. M. Drogba, A. F. B. Kouadio et A. K. M-L. Kouamé, «Combined influence of sowing dates and fertilization on phenology and growth parameters of a late variety of millet (*Pennisetum glaucum* (L.) R. Br.), grown in Korhogo (Côte d'Ivoire)», *International Journal of Biosciences (Int. J. Biosci.),* Vol. 19, n°. 6, pp. 210-218, 2021a.

[21] L. A. C. Siéné, M. S. Traoré, M. Doumbouya, A. F. B. Kouadio, M. Condé et T. V. F. N'guettia, «Behaviour of a traditional variety of fonio (*Digitaria exilis* (Kippist) Stapf) sowed following five densities of pot seeds in the municipality of Korhogo (Côte d'Ivoire)», *Journal of Environmental Science, Computer Science and Engineering and Technology,* vol.10, n°. 3, pp. 405-416, 2021b.

[22] Muller, B., Lalou, R., Kouakou, P., Soumaré, M. A., Bourgoin, J., Dorégo, S., et Sine B., *Le retour du mil sanio dans le Sine: une adaptation raisonnée à l'évolution climatique*. In: B. Sultan (ed.), Les sociétés rurales face aux changements climatiques et environnementaux en Afrique de l'Ouest, Synthèses, IRD, Marseille, pp. 377- 401, 2015.

[23] E. B. Z. N'GORAN-AW, D. SORO, S. AW, K. D. AKAKI, N. E. ASSIDJO, «Evaluation des caractéristiques physico-chimiques et microbiologiques d'un beignet traditionnel à base de mil fermenté (gnomy) commercialisé dans la ville de Yamoussoukro (Côte D'Ivoire)», *European Scientific Journal,* vol. 13, n° 9, pp. 227-241, 2017.

[24] L. Akanvou, R. Akanvou, C. K. Kouakou et H. A N'Da, «Evaluation de la diversité agro morphologique des accessions de mil [*Pennisetum glaucum* (L.) R. Br.] collectées en Côte d'Ivoire», *Journal of Applied Biosciences,* vol.50, pp. 3468– 3477, 2012.

[25] A. Kadri, H. Halilou, I. Karimou, «Culture du mil [*Pennisetum glaucum* (L) R. Br] et ses contraintes à la production: une revue», *Int. J. Biol. Chem. Sci*., vol.3, n°. 1, pp. 503-524, 2019.

International Journal of Innovation and Applied Studies
ISSN 2028-9324 Vol. 43 No. 2 Aug. 2024, pp. 513-541
© 2024 Innovative Space of Scientific Research Journals
http://www.ijias.issr-journals.org/

Impacts environnementaux et socio-économiques des Bassins de Collecte des Eaux de Ruissellement (BCER) Ecologiques, en irrigation d'appoint: Cas de la zone d'intervention du Projet BEOG PUUTO

[Environmental and socio-economic impacts of ecological runoff water collection basins (BCERs) in supplementary irrigation: The case of the BEOG PUUTO project intervention area]

I. Georgette Ouedraogo Tientiga[1], Mahamadi Zoundi[2], and Joachim Bonkungou[3]

[1]Cadre supérieur, Direction générale des aménagements hydroagricoles et du développement de l'irrigation, Burkina Faso

[2]Doctorant, Université Abdou Moumouni, École Doctorale des Lettres, Art Sciences de l'Homme et de la Société, Laboratoire d'Etudes et de Recherche sur les Territoires Sahélo-Sahariens (LERTESS), FLSH, B.P. 418 Niamey, Niger

[3]Chercheur, Institut de l'Environnement et des Recherches Agricoles (INERA), Centre de Recherches Environnementales, Agricoles et de Formation (CREAF) Kamboinsé, BP: 476, Ouagadougou 01, Burkina Faso

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

ABSTRACT: This study analyzes the environmental impacts of ecological BCERs on local ecosystems, their socio-economic impacts both in terms of improving income and food and nutritional security.
It was conducted on the basis of surveys carried out with thirty (30) producers benefiting from said BCERs, including two (02) women. The Kobotoolbox mobile application was used for data collection. The data collected was exported to EXCEL software for processing and analysis.
The analysis of the survey data made it possible to identify enormous trends in positive impacts linked to the main impacts studied.
On the environmental level, respondents are unanimous on the fact that BECRs improve soil fertility, 97% believe that they allow better resilience to climate variability. The increase in productivity and income by more than 50% as well as the securing of production as affirmed by 100% of respondents, are some results recorded on the socio-economic level. The second important point concerns a case study which made it possible to develop an operating account of a respondent, illustrating the financial profitability of the ecological BCER. This forecast operating account reveals that from the third year, the cash flow (2,387,835 FCFA) largely covers the investment cost of the BCER which is estimated at 1,800,000 CFA francs.
Some negative effects were noted in particular on the social level. They are linked to the risks of drowning of children that could be caused by the installation of the BECR.
In light of the results, a proposal for improvement was made to the administrative authorities and their partners involved in the BCER issue. This, in order to deepen the analysis of this theme in terms of securing BECR structures, their economic and ecological profitability for a better approach to the subject.

KEYWORDS: Ecological BCER, Supplementary irrigation, Climate change, climate variability, Burkina Faso.

RESUME: Cette étude analyse les impacts environnementaux des BCER écologiques sur les écosystèmes locaux, leurs impacts socio-économiques tant sur le plan de l'amélioration des revenus que de la sécurité alimentaire et nutritionnelle.

Corresponding Author: I. Georgette Ouedraogo Tientiga

Elle a été conduite sur la base d'enquêtes réalisées auprès de trente (30) producteurs bénéficiaires desdits BCER dont deux (02) femmes. L'application mobile Kobotoolbox a été utilisée pour la collecte des données. Les données collectées ont été exportées sur le logiciel EXCEL pour le traitement et l'analyse.
L'analyse des données d'enquêtes a permis d'identifier d'énormes tendances d'impacts positives en lien avec les principaux impacts étudiés.
Sur le plan environnemental, les répondants sont unanimes sur le fait que les BECR améliorent la fertilité des sols, 97% estiment qu'ils permettent une meilleure résilience face aux variabilités climatiques. L'accroissement de la productivité et des revenus à plus de 50% ainsi que la sécurisation de la production comme affirmée par 100% des répondants, sont quelques résultats enregistrés sur le plan socio-économique. Le second point important concerne une étude de cas qui a permis d'élaborer un compte d'exploitation d'un répondant, illustrant la rentabilité financière du BCER écologique. Ce compte d'exploitation prévisionnel révèle que dès la troisième année, le cash-flow (2 387 835 FCFA) couvre largement le coût d'investissement du BCER qui est estimé à 1 800 000 francs CFA.
Quelques effets négatifs ont été constatés en particulier sur le plan social. Ils sont liés aux risques de noyades des enfants que pourrait provoquer l'installation des BECR.
A la lumière des résultats, une proposition d'amélioration a été faite à l'endroit des autorités administratives et leurs partenaires impliqués dans la problématique des BCER. Ceci, dans le but d'approfondir l'analyse de cette thématique sur le plan de la sécurisation des ouvrages BECR, de leur rentabilité économique et écologique pour une meilleure approche du sujet.

MOTS-CLEFS: BCER écologiques, Irrigation d'appoint, Changement climatique, variabilité climatique, Burkina Faso.

1 PRÉFACE

Le Burkina Faso fait face au changement climatique depuis les années 1970. Ce phénomène est une réalité qui se manifeste par le réchauffement des températures, la forte variabilité des précipitations.

Cette variabilité de la pluviosité s'est traduite ces dernières années par des inondations et des sécheresses qui ont eu un impact dévastateur sur l'agriculture, principale source de nourriture, de revenu et d'emploi pour de millions de Burkinabè. Dès lors, il s'avère nécessaire de trouver des stratégies d'adaptation pour répondre durablement aux répercussions néfastes de ce phénomène. Cela passe par la mise au point et la diffusion de technologies éprouvées.

C'est l'objet du présent projet de travail qui s'inscrit dans le cadre du Programme International de Formation « Changement climatique-Adaptation et Atténuation ». Ce programme de formation, organisé par l'Institut Suédois de Météorologie et d'Hydrologie (SMHI) est financé par l'Agence Suédoise de coopération au Développement International (ASDI) pour le renforcement des capacités institutionnelles des structures des pays en développement.

Pour le bon déroulement de notre projet de travail, nous avons bénéficié de l'accompagnement technique, logistique et financier de la Direction Générale des Aménagements Agro-Pastoraux et du Développement de l'Irrigation du Ministère en charge de l'Agriculture et un de ses partenaires (le Projet BEOG PUUTO sous l'égide de SOS Sahel International France au Burkina Faso).

2 CONTEXTE ET OBJECTIFS DU PROJET DE TRAVAIL

2.1 CONTEXTE

La variabilité climatique au Sahel exacerbée par le changement climatique (CC) a montré la grande vulnérabilité des systèmes de production agro-sylvo-pastorale (Niang et al., 2021). En effet de nos jours, le CC (changement climatique) est au centre des préoccupations mondiales (Dayamba et al., 2019, Niang, 2009 cité par Bambara et al., 2013) et crée un impact direct sur les populations et leurs moyens de subsistance. Cet impact est d'autant plus important dans les pays en développement où l'agriculture est essentiellement pluviale et constitue la principale source d'emplois et de revenus pour la majorité de la population (Agossou, 2012; Delille, 2011; Onyekuru, 2011 cités par Vodounou et Doubogan, 2016).

Pour le Burkina Faso particulièrement, le changement climatique est devenu une réalité depuis les années 1970. Selon le MERH (2015), ce phénomène se manifeste par l'enchaînement d'événements climatiques d'une ampleur et d'une rapidité sans précédent. Il se traduit de plus en plus par des saisons humides très difficiles avec des poches de sécheresse récurrentes et allongées ainsi que par des débuts tardifs et des arrêts brusques et précoces des pluies (cf. tableau 2, annexe 4). On peut citer

notamment les périodes de sécheresse des trois à quatre dernières décennies dont les années les plus touchées furent 1970-74, 1983-84 (MERH, 2015) qui ont grandement affecté les écosystèmes ainsi que les systèmes de production burkinabè. Aussi, selon le SP/CONEDD (2007), les risques liés au changement climatique devraient augmenter considérablement à l'avenir. La définition de mécanismes et actions s'est donc imposée à travers l'adoption de politiques visant la bonne gouvernance dans le domaine du changement. D'une manière générale, ces politiques visaient à renforcer la résilience des populations face au changement climatique. Le Programme d'Action Nationale d'Adaptation (PANA), (SP/CONEDD, 2007), le Plan National d'Adaptation aux Changements Climatiques (PNA), (MERH, 2015), le Programme National du Secteur Rural (PNSR I & II), (Burkina Faso, 2010 & 2018) sont des mesures illustrant l'effort de l'Etat burkinabè.

Ces différents programmes ont permis d'identifier les besoins, activités et projets urgents pouvant aider les communautés à faire face aux effets du changement climatique.

De nombreuses technologies ont été mises en œuvre à travers ces programmes notamment, les techniques et technologies de Conservation des Eaux et des Sols/Défense et Restauration des Sols (CES/DRS). Malgré l'existence et la diffusion de ces technologies, les variabilités climatiques particulièrement, les poches de sécheresse menacent sérieusement les moyens d'existence de millions de producteurs Burkinabé.

L'une des réponses urgentes proposées est la promotion de l'irrigation d'appoint, voire de complément.

En effet, l'irrigation d'appoint est considérée comme une activité à haut potentiel d'amélioration des rendements (Niang et al., 2022). Elle se présente également comme une pratique prometteuse qui pourrait contribuer significativement au problème d'insécurité alimentaire et d'adaptation au changement climatique (Barbier et al., 2015).

Elle répond également aux objectifs stratégiques du Plan National de Développement Economique et Social (PNDES I & II), (Burkina Faso, 2016; Burkina Faso 2021) à savoir:

Le renforcement des capacités de mobilisation et de gestion intégrée des ressources en eaux et l'amélioration de la résilience des ménages agro-sylvo-pastoraux aux risques climatiques; l'accroissement du taux d'adoption des technologies d'adaptation au CC vulgarisées de 86% en 2019 à 95% en 2025.

A Titre d'exemple, nous parlerons de l'Opération 10 000 bassins de collecte des eaux de ruissellement promue par le Ministère de l'Agriculture et des Aménagements Hydro-agricoles (MAAH) en 2012 en réponse aux poches de sécheresses des années 2008 à 2011 (DGAHDI, 2022) pour promouvoir l'irrigation d'appoint et de complément.

Les BCER sont de ce fait des ouvrages qui permettent aux communautés de collecter l'eau de ruissellement et d'atténuer les effets des poches de sécheresse. Selon NIANG (2021), par cette technique, l'eau qui ruisselle dans les champs après une pluie est d'abord collectée dans des bassins de petites tailles (quelques centaines de mètres cubes). L'eau stockée est par la suite apportée aux cultures pluviales lors des poches de sécheresse de la saison des pluies, soit avec des seaux, des arrosoirs, avec des petites pompes à pédale ou à moteur (Photo 4, annexe 1).

Nonobstant la pertinence de cette technologie vis-à-vis des effets néfastes du CC, les défis persistent.

Pour faire face à ces défis multiformes (coût élevé de réalisation, les difficultés de stabilisation/formation et d'imperméabilisation de l'ouvrage, insuffisance d'actions de communication, pénibilité du creusage, etc.), plusieurs programmes et études ont été réalisés. Des innovations ont été mises au point en vue d'une vulgarisation à l'échelle de modèles de BCER améliorés et efficients. On peut citer entre autres: le Projet CRDI Phase 1 en 2012-2015 et phase 2 (2021-2025) pilotés par l'Institut 2iE en vue d'une valorisation durable, une vulgarisation des BCER pour l'irrigation de complément (DGADI, 2022; NIANG et al., 2022); le Projet d'Accès à l'Irrigation pour la Culture du Coton au Burkina Faso (PAICC-BF, 2018-2021 sous financement Banque Mondiale et de ses partenaires pour soutenir les producteurs de coton dans la chaîne d'approvisionnement de la Société des Fibres et Textiles (SOFITEX) et dans le but d'améliorer la productivité au champ et mieux faire face aux précipitations extrêmes liées au CC (PARIIS, 2019).

Aussi, une récente étude de SIGNAAM et SOME (2021) visait à cerner les contraintes liées à l'adoption de la technologie par les producteurs en vue de contribuer à l'identification du principal problème lié à l'adoption et des solutions pouvant aboutir à la proposition d'un modèle de BCER efficient et résilient. Les résultats de cette étude révèlent le BCER comme une bonne pratique d'adaptation au changement climatique au Burkina Faso.

Des idées de recherches se poursuivent de part et d'autre notamment, sur l'imperméabilisation qui constitue également un important goulot d'étranglement (Niang et al., 2022) pour identifier des solutions innovantes.

Dans la même optique de recherche de solutions prometteuses, le Projet BEOG PUUTO qui est un projet Grande Muraille Verte (GMV), intègre le BCER dans un ensemble d'actions de récupération des écosystèmes sahéliens selon l'approche bassin versant.

C'est l'objet du présent projet de travail. Les BCER écologiques sont une des contributions de la Direction Générale des Aménagements Agro-Pastoraux et du Développement de l'Irrigation (DGADI) à la mise en œuvre du projet BEOG PUUTO au Burkina Faso.

Notre ambition est de montrer l'aptitude de cette technologie novatrice (le BCER écologique) à réduire la vulnérabilité des groupes cibles aux effets du CC. Aussi, en tant que technologie mise en œuvre en combinaison avec d'autres techniques et technologies de CES/DRS, notamment la régénérescence naturelle assistée (RNA), la plantation d'arbres, il s'agira de montrer également son aptitude à réduire les émissions des gaz à effets de serre (GES), à augmenter la séquestration du carbone à moyen et long termes. Cette ambition va en droite ligne avec l'un des objectifs spécifiques du PNSR I qui est celui de réduire la dégradation de l'environnement et les effets des changements climatiques, d'aider les population à s'adapter à ces effets néfastes sur les activités agrosvlvopastorales et à atténuer les GES (Burkina Faso 2010); l'objectif stratégique 5.5 du PNDES II (Burkina Faso, 2021) qui vise entre autres effets à atteindre: l'accroissement de l'indice national d'adaptation au changement climatique (ND-GAIN) de 36,19 en 2018 à 36, 6 en 2025; de la quantité de carbone séquestré (en millions de tonnes) de 3, 9 en 2020 à 15 en 2025.

En outre selon Barbier et al. (2015), le BCER est un outil qui permettrait de mieux soutenir la production pluviale et sécuriser le revenu des agriculteurs familiaux soumis à la grande variabilité des précipitations.

2.2 OBJECTIFS

L'objectif global du projet est de démontrer la contribution des BCER écologiques à la restauration des écosystèmes locaux. Ainsi, cette étude cherche à déterminer à travers des enquêtes auprès des bénéficiaires du BCER écologique, les impacts environnementaux et socio-économiques sur les populations et les écosystèmes locaux. Sa finalité serait qu'avec les tendances d'impacts ou effets pertinents révélés par les résultats, qu'elle puisse contribuer à améliorer l'adoption et permettre la duplication de la technologie à grande échelle.

Plus spécifiquement, le projet vise à:

- analyser les impacts environnementaux induits par les BCER écologiques;
- identifier les impacts socio- économiques des BCER écologiques sur la vie des communautés (revenus, alimentaires et nutritionnels, etc)

2.3 HYPOTHÈSES

Pour atteindre les objectifs de l'étude, les hypothèses suivantes ont été formulées:

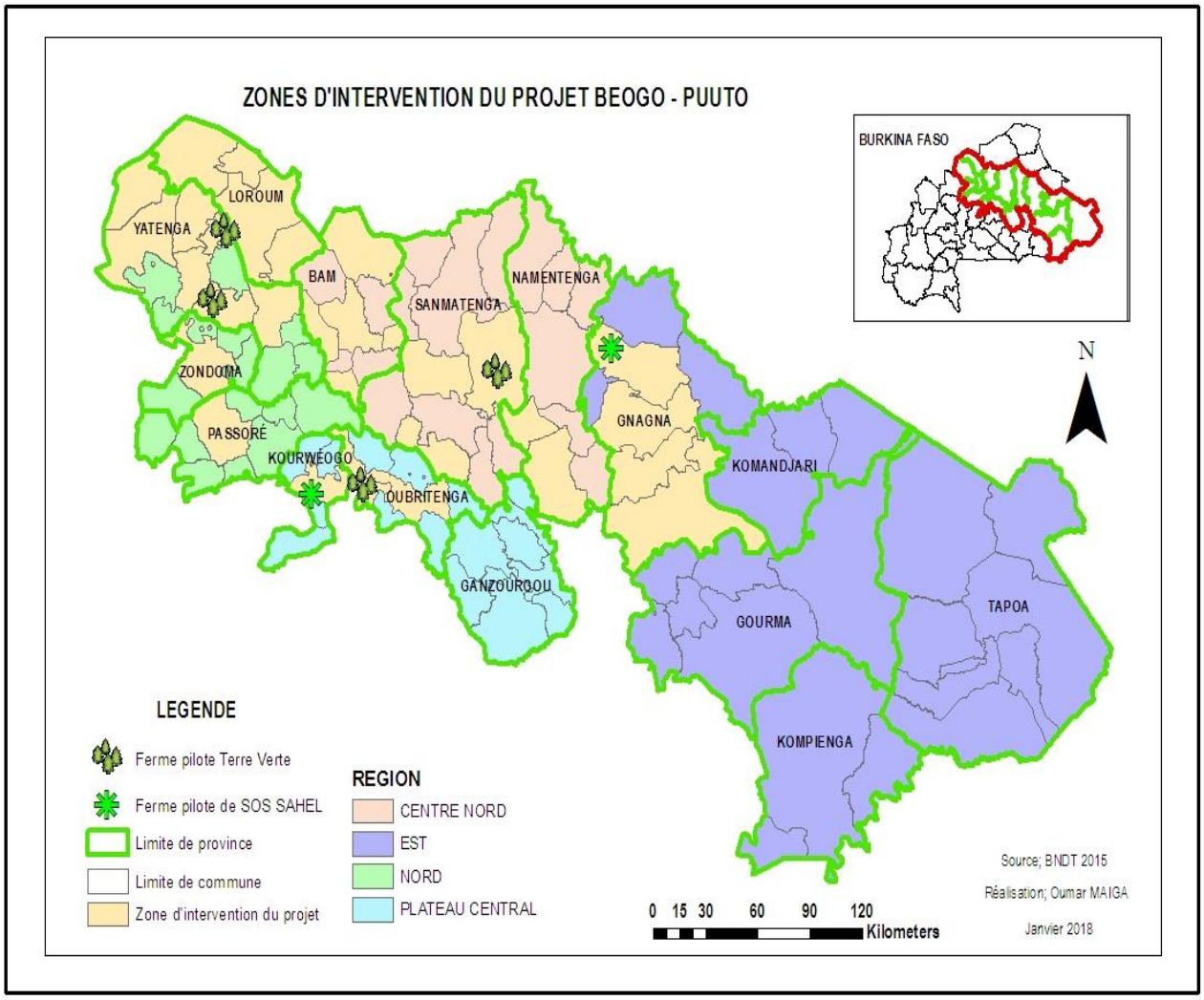
- les BCER écologiques contribueraient à la restauration des écosystèmes locaux;
- les BCER écologiques impactent les écosystèmes sahéliens;
- les BCER écologiques ont des retombées socio- économiques, alimentaires et nutritionnelles sur les communautés

3 MÉTHODOLOGIE

La méthodologie de notre étude a été basée sur la réalisation d'une revue de littérature et d'enquêtes auprès des producteurs bénéficiaires des BCER écologiques des quatre (04) zones (régions) cibles du projet BEOG PUUTO.

3.1 ZONE D'ÉTUDE

L'étude couvre quatre (04) régions, zones cibles du projet BEOG PUUTO. La zone d'intervention du projet couvre 30 communes et 10 provinces des régions du Nord, du Centre-Nord, de l'Est et du Plateau-Central. Les groupes cibles directs du projet sont constitués de producteurs répartis dans 50.000 ménages vulnérables soit 350.000 personnes (au moins 50% de femmes) des 30 communes cibles, d'organisations locales ou communautaires de base (620), des Services Techniques de l'État impliqués dans la gestion durable des terres pour la sécurité alimentaire (au nombre de 15), des Conseils régionaux (4) et municipaux (30) de la zone d'intervention.



Carte 1: zone d'intervention du Projet BEOG PUUTO

Source: Document de projet de BEOG PUUTO, 2018.

La zone d'étude est située dans les parties sahélienne et sub-sahélienne, entre les isohyètes 400 et 600 mm avec des pluies irrégulières et des poches de sècheresses les plus fréquentes. L'exploitation et l'examen des données climatiques de l'ANAM à travers la station météorologique de Zorgho dans la région du Plateau, indiquent que la saison des pluies s'étale sur 4 à 5 mois (Graphique 5, tableau 2 en annexe 4). La moyenne pluviométrique mensuelle maximale est enregistrée au mois d'août avec de très faibles quantités d'eau en début (mai-juin) et fin (septembre) de saisons. La normale annuelle de 1991-2020 révèle que la pluviométrie décroît en passant de 1200mm en 1991 à 600mm et moins en 2000 et 2020 (Figure 6, annexe 4).

La simulation des séquences sèches montre que sur 30 ans (1991-2020), seulement cinq (05) années (1990, 2002, 2008, 2009, 2010, 2016) ont enregistré moins d'une semaine de poches de sécheresse durant les saisons humides. Du reste, on note des séquences sèches allant de 8 à 15 jours pour la plus part. 2018 a connu la plus grande séquence sèche (22 jours) enregigistée au mois de juin en début de saison, entraînant une installation tardive des pluies (juillet). La fin de la saison qui est intervenue précocement en septembre au cours de la même année, a également a été affectée pas une poche de sécheresse de 9 jours qui ne demeure pas sans conséquences sur les plantes qui ont un besoin d'eau à cette période pour un bon développemnt des organes floraux, le remplissage des grains et partant une bonne maturation. Disons qu'un stress hydrique de 8 jours déjà est important et présente des conséquences néfastes sur les systèmes de production d'une manière générale.

En effet, l'insuffisance de la pluviosité menace généralement la production agricole et compromet dangereusement la sécurité alimentaire et la régénération des ressources naturelles.

Le BCER qui est un moyen et outil d'appoint intervient et joue un rôle considérable dans ces cas de figure pour aider les producteurs à faire face aux effets néfastes des poches de sécheresse qui sont de plus en plus récurrentes.

3.2 REVUE DE LA LITTÉRATURE

La revue de la littérature a consisté à faire l'état des lieux sur la problématique de l'étude dans la littérature scientifique. Nous avons consulté des documents d'orientations politiques, de projets, des rapports d'études et d'activités sur la gestion durable des terres, le CC, les BCER grâce aux bases de données numériques au sein de la DGADI, du projet BEOG PUUTO, du MARAH.

Un accent particulier a été accordé à la recherche documentaire sur le Web par l'intermédiaire des moteurs de recherche comme Google.

Cette revue a ainsi porté sur des ouvrages généraux, des documents de politiques, des projets de thèses, des articles et des rapports d'activités ou d'études.

L'examen des notes bibliographiques montre q'il existe un nombre impressionnant de productions sur les BCER. Cest ainsi que plusieurs auteurs se sont intéressés à cette technologie pour promouvoir l'irrigation d'appoint ou de complément qui participe beaucoup à la réalisation des activités socio économiques des ménages dans un contexte de CC. La DGADI (2022) dans sa note technique rapporte qu'en date du 31 décembre 2020, 11 934 BCER ont été réalisés à travers des opérations et initiatives entreprises par l'Etat burkinabé et ses partenaires.

Ce sont entre autres: l'Opération 10.000 BCER (2014-2015); le Plan d'actions du village de Rawelgué (2013-2016); le Projet CRDI- Phases 1 (2011- 2015) et 2 (2018-2021) piloté par l'Institut 2ie; les Projets et programmes (PAM, PRAPA, PPIV, PACES, P1P2RS, AGED, Save_Africa, PARIIS, BEOG-PUUTO...). Toutefois, l'auteur insiste sur la nécessité de lever les difficultés (faible synergie d'actions, pénibilité des travaux de fonçage...) et les défis (harmonisation des approches d'intervention, aménagement des parcelles de sorte à faciliter l'irrigation, amélioration de la durabilité des ouvrages en matière d'imperméabilisation, et leur sécurisation.) pour mieux gagner le pari.

SIGNAAM et SOME (2021) identifient et analysent les contraintes d'adoption de la technologie par les producteurs.

Ils révèlent le BCER comme une bonne pratique d'adaptation au changement climatique au Burkina Faso et proposent que des études puissent être menées de manière approndie pour la mise au point d'un modèle de BCER plus efficient et plus résilient.

Des études comme celle de ZONGO et al., (2019) aborde les impacts économiques du BCER à travers une modélisation bio économique. Dans leurs simulations, ils mettent l'accès sur la promotion de l'irrigation de complément avec des mesures incitatives (subventions, crédits aux producteurs) qui permet d'accroitre les revenus des agriculteurs.

D'autres auteurs se sont intéressés aux aspects de réduction des émissions des GES et à la séquestration du carbone. Par exemple, le projet BEOG PUUTO prévoit à terme (15 décembre 2018- 15 décembre 2023) de restaurer 30 000 ha de micros bassins-versants et de plateaux de terres dégradées grâce à un couplage des technologies de gestion de l'eau à la parcelle et adaptées de CES/DRS, d'aménager 4.300 ha de périmètres bocagers et irrigués.

Nous avons simulé ces données à l'aide de l'outil EX-ACT-v7.1.8 (EX- Ante Carbon-balance Tool). Il ressort de cette simulation, qu'en terme de bilan carbone, le projet à travers la mise en œuvre de ses activités agro-écologiques (BCER y compris), contribuera à moyen et long termes à la séquestration de 312 076tCO2éq soit 9tCO2éq/ha/an (phases d'implémentation de 5 ans + capitalisation 10 ans).

3.3 ENQUÊTES

Elles ont consisté à la collecte des informations sur les activités environnementales et socio-économiques réalisées par les répondants autour des BCER ainsi que les impacts induits par ces ouvrages couplés aux travaux de restauration des terres menés par le projet BEOG PUUTO dans les zones cibles.

Les données ont été collectées à l'aide de l'application mobile Kobotoolbox et ensuite exportées sur le logiciel EXCEL pour leur traitement et analyse.

4 RÉSULTATS ET DISCUSSION

Ce chapitre décrit et analyse les principaux impacts des BCER écologiques identifiés dans la zone d'étude tant sur le plan environnemental, économique que social.

4.1 RÉSULTATS

4.1.1 PRINCIPALES ACTIVITES ET MODE D'ACCES À LA TERRE

Les producteurs de la zone d'étude sont tous des agropasteurs avec l'agriculture comme activité principale.

On peut distinguer entre autres pratiques agricoles:

- les cultures céréalières (maïs, riz, sorgho, millet...);
- les légumineuses (sésame, niébé, arachide, voandzou);
- les cultures maraichères (chou, laitue, tomate, oignon, aubergine, concombre, courgette,...);
- l'élevage (gros et petits ruminants, volaille,...);
- la sylviculture (plantation d'arbres et de fruitiers tels les manguiers);
- la pisciculture.

D'une manière générale, on note une légère intégration de l'agriculture, de l'élevage et des activités sylvicoles. Ce niveau d'intégration peut être perçu à travers les données d'enquêtes réalisées auprès des producteurs et des entretiens obtenus avec les structures techniques.

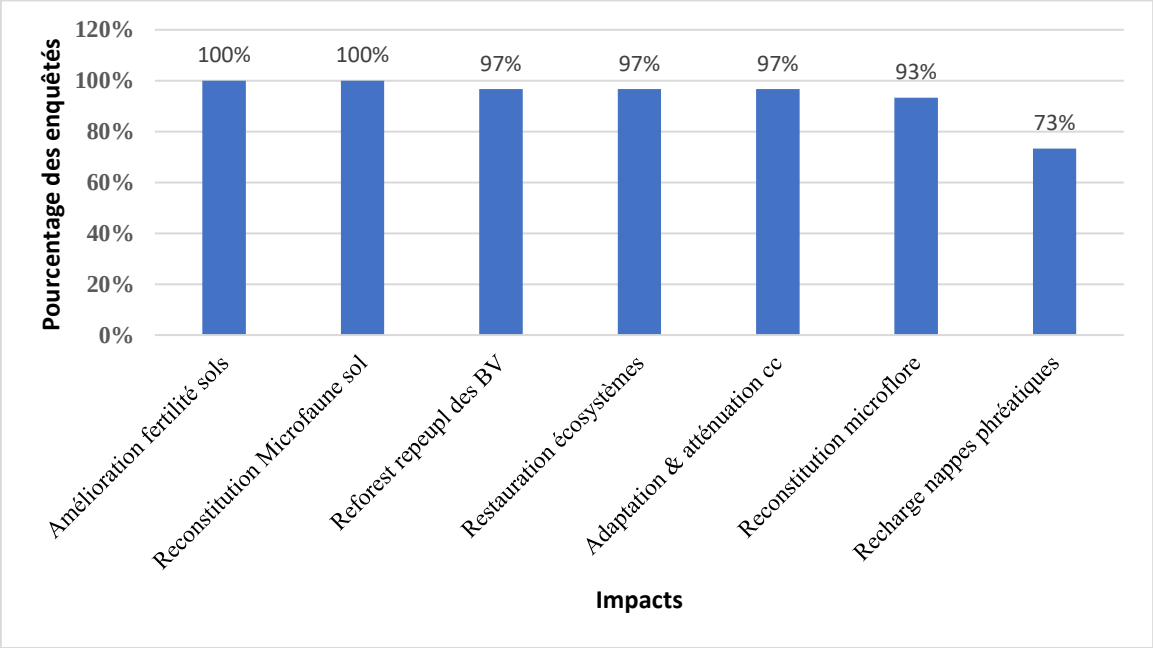
Ainsi, on peut distinguer entre autres:

- l'utilisation des sous-produits de l'élevage et de la pisciculture tels que le fumier et l'eau des bassins piscicoles pour l'amélioration de la fertilité des sols
- l'utilisation des résidus des récoltes par certains acteurs pour l'alimentation des animaux;
- le développement de l'embouche et le maraîchage qui permet en même temps de diversifier les sources de revenus et l'alimentation des ménages agricoles;
- le développement de la sylviculture (haies vives, bois, arbres fruitiers) qui participe à la restauration des écosystèmes, locaux et partant l'amélioration de l'environnement;
- la pratique des activités de conservation des eaux et des sols/défense et récupération des sols qui contribue également à l'amélioration de l'environnement, de la fertilité des terres et à la préservation de l'eau dans les bassins versants de la zone d'étude.

Quant au mode d'accès à la terre, les principaux modes d'acquisition des terres au niveau de la zone d'étude selon les responsables administratifs et techniques sont principalement l'héritage, le prêt, le don, la location.

Dans l'échantillon de l'étude, les formes d'accès recensées sont principalement l'héritage ou le don. Aucun cas de vente, de prêt ou de location de parcelle n'a été révélé par les enquêtés.

4.1.2 PRINCIPAUX IMPACTS ENVIRONNEMENTAUX INDUITS PAR LES BCER ÉCOLOGIQUES



Graphique 1: Appréciation des impacts environnementaux

Source: Nos enquêtes terrain Juillet-Août 2022

L'analyse du graphique 1 montre que la moyenne des enquêtés, attestent que les BCER écologiques ont un impact important sur l'environnement local. Plus spécifiquement:

- 100% des producteurs bénéficiaires des BCER écologiques enquêtés trouvent qu'ils améliorent la fertilité du sol et contribuent à la reconstitution de la microfaune. Les photos 1 illustrent une parcelle de riz conduite par un promoteur de BCER écologique



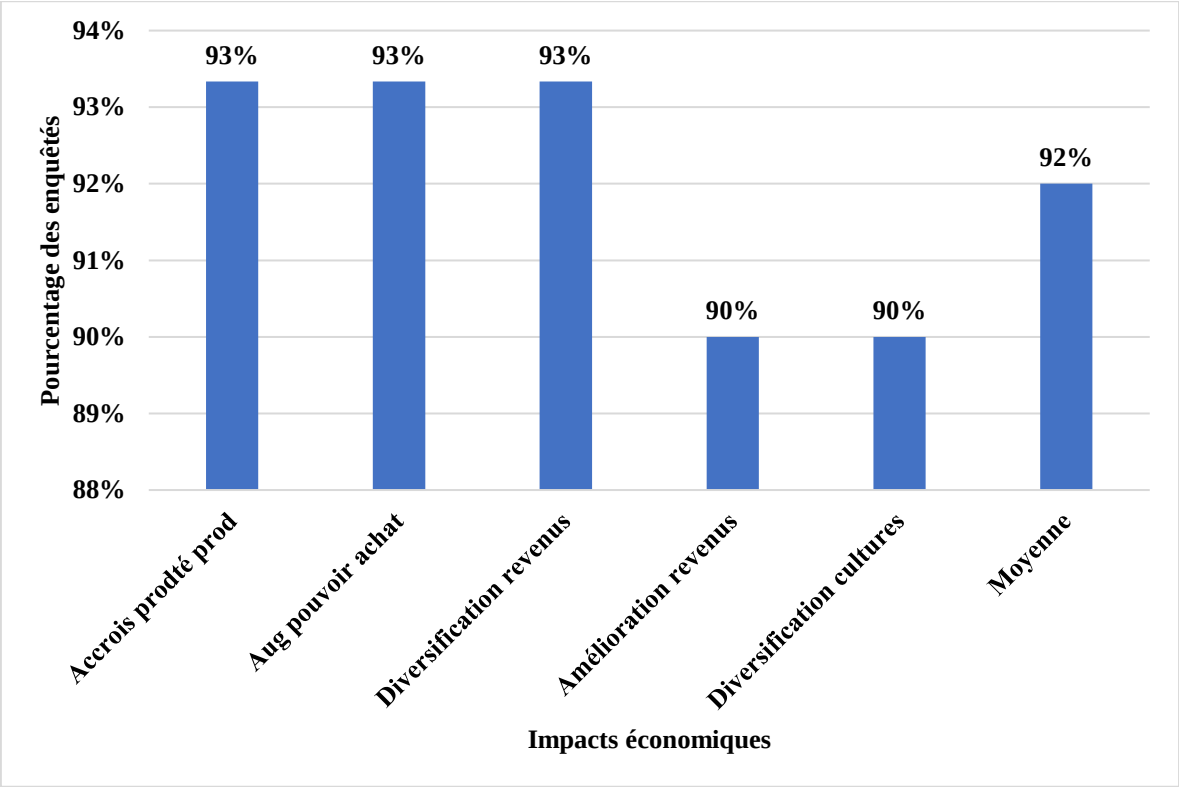
Photo 1: Parcelle rizicole conduite autour d'un BCER écologique par Monsieur OUEDRAOGO Ousmane du Village et de la commune de Dapelgo dans la région du Plateau Central

Source: Nos enquêtes terrain, septembre 2022, Commune

- 97% des enquêtés affirment que ce type de BCER contribuent à la reforestation, voire le repeuplement des bassins versants, à la restauration des écosystèmes et à l'adaptation, voire l'atténuation du changement climatique dans un moyen à long termes
- 93% des producteurs touchés par l'enquête attestent que ledit ouvrage permet de reconstituer la microflore du sol;
- 73% des enquêtés sont allés jusqu'à affirmer que les BCER écologiques peuvent favoriser une recharge de la nappe phréatique des zones environnantes

Sur le plan hydrologique, ce modèle- type de BCER qui consiste à mobiliser les eaux de ruissellement à petite échelle du bassin versant, permet de stocker un volume total de 300m^3 d'eau aidant ainsi à surmonter les périodes de poches de sécheresse.

4.1.3 PRINCIPAUX IMPACTS ÉCONOMIQUES IDENTIFIÉS



Graphique 2: Illustration des impacts économiques exprimés par les répondants

Source: Nos enquêtes terrain Juillet-Août 2022

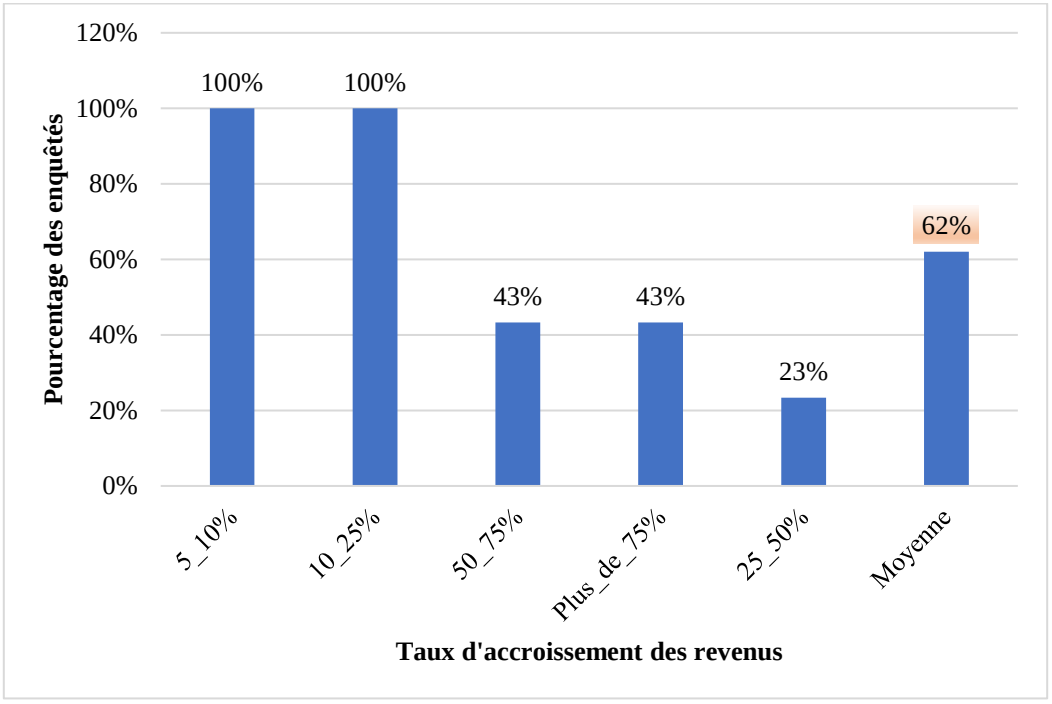
Le graphique 2 fait ressortir que la majorité des bénéficiaires de la technologie reconnaissent son impact économique dans leur quotidien. Parmi les effets, on note que:

- 93% de l'échantillon trouvent qu'il existe des avantages économiques en termes d'accroissement de la productivité et de la production agricoles mais, aussi sur le plan de diversification des revenus et d'augmentation de leur pouvoir d'achat;
- 90% des enquêtés attestent que les BCER écologiques permettent la diversification des cultures et partant l'amélioration des revenus



Photo 2: Diversification de cultures autour d'un BCER écologique

Source: Nos enquetes terrain Juillet-août 2022



Graphique 3: Taux d'accroissement de revenus induits par les BCER écologiques

Source: Nos enquêtes terrain Juillet-Août 2022

Le graphique 3 montre que les répondants reconnaissent que les BCER écologiques permettent l'accroissement un tant soit peu des revenus. Cet accroissement exprimé par ces derniers pourrait être estimé de l'ordre de:

- 5-10% à 10-25% selon 100% des répondants ;
- 50-75% et plus de 75% pour 43% des enquêtés.

ETUDE DE CAS

Nous avons réalisé une étude financière dans le but d'examiner la rentabilité financière d'un BCER écologique auprès d'un répondant en vue de confronter le coût du BCER aux flux monétaires futurs qui en résulteraient et de savoir s'il est plus intéressant d'investir dans la réalisation de cet ouvrage.

C'est dans cette optique qu'une visite terrain a été effectuée dans la commune de Ziniaré/Région du Plateau Central et spécifiquement dans l'exploitation de Monsieur OUEDRAGO Barthélémy (Tableau 1). Ce promoteur qui est à sa première année d'exploitation de son ouvrage, a pu bénéficier de la subvention du Projet BEOG PUUTO pour la réalisation de son BCER. Les résultats de nos travaux réalisés de manière participative avec l'intéressé ont permis de dresser le compte d'exploitation prévisionnel et les cash-flows du BCER étalés sur cinq (05) ans représentés par le tableau 1. Les estimations ont été faites sur la base des 0,25 ha de maïs (variété hybride à haut rendement) que le BCER permet généralement de sécuriser en période de sécheresse. En outre, deux (02) principales spéculations maraichères (aubergine et tomate) produites autour du BCER sur 1000m^2 ont aussi été retenues pour les éléments de calculs.

Tableau 1. Compte d'exploitation prévisionnel de Mr OUEDRAOGO Barthélémy, Promoteur de BCER écologique dans la Commune de Zinaré/Région du Plateau Central

Années	Produits (Fcfa)	Charges (Fcfa)	Résultat net (Fcfa)	Amortissement (Fcfa)	Cash-flows (CF) FCFA	CF cumulés (Fcfa)
1	1695250	1116175	579075	180000	759075	759075
2	1695250	1005565	689685	180000	869685	1628760
3	1695250	1116175	579075	180000	759075	2387835
4	1695250	1005565	689685	180000	869685	3257520
5	1695250	1116175	579075	180000	759075	4016595
Total	**8476250**	**5359655**	**3116595**	**900000**	**4016595**	**-**

Source: Nos enquêtes terrain Juillet-Août 2022
NB: l'inflation pouvant jouer sur les prix

Ce compte d'exploitation prévisionnel montre que dès la 3ème année le cash-flow (flux monétaire) couvre largement le coût du BCER qui est estimé à 1 800 000 francs CFA (subvention du projet plus la participation humaine du bénéficiaire (Coûts des investissements, et des charges en annexe 6). Le résultat net d'exploitation en année cinq (05) qui est de l'ordre de **TROIS MILLIONS CENT SEIZE MILLE CINQ CENT QUATRE VINGT QUINZE (3 116 595) FRANCS CFA** permet de dégager des excédents pour faire face à d'éventuelles charges et faire quelques économies d'échelle. De multiples activités connexes peuvent être développées pour mieux rentabiliser le BCER et d'en faire un outil de développement économique pour les petits producteurs**.**

En utilisant la technique de délai de récupération (DR) pour déterminer le nombre de périodes auquel le coût de l'investissement est atteint, nous avons procédé par une règle de trois. A deux ans, on a récupéré 1 628 760 FCFA sur 1 800 000 FCFA recherchés. Il reste 172 000 FCFA sachant que:

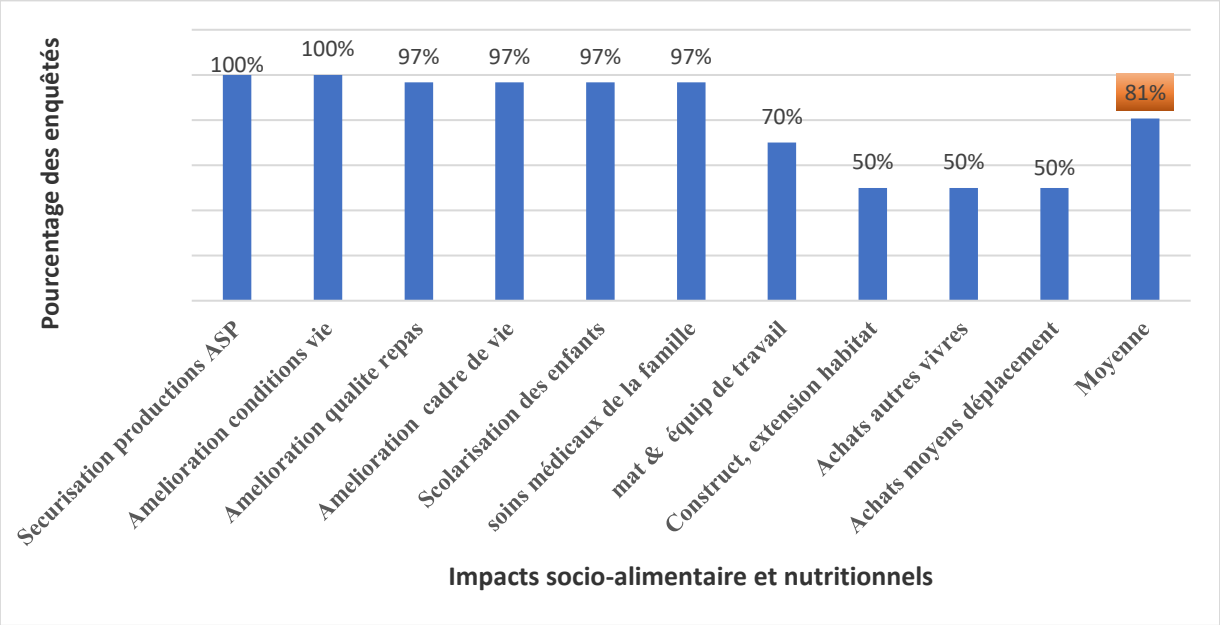
- 12 mois donnent un résultat net d'exploitation d'au moins 579 075 FCFA
- Quel serait donc le temps auquel les 172 000FCFA seraient récupérés ?

Alors x serait égal à 12 mois multipliés par 172 000 et divisés par les 579 000.

$x = \frac{12\ mois\ X\ 172000}{579075}$ = 3 mois 17 jours. Le DR serait donc égale à 2 ans 3 mois 17 jours.

Contrairement à des conditions de production de maïs pure sans irrigation d'appoint et en période de bonne pluviométrie où le producteur peut se retrouver avec 131 250 FCFA (625 kg/0,25 ha de production à raison de 210 FCFA/kg de maïs) à 157 500 FCFA (750 kg/0,25ha), les résultats de notre analyse financière du BCER écologique qui montrent un retour sur investissement dans l'espace de deux années d'exploitation, sont forts intéressants.

4.1.4 PRINCIPAUX IMPACTS SOCIAUX IDENTIFIÉS



Graphique 4: Illustration des impacts sociaux induits par l'implémentation des BCER écologiques

Source: enquêtes terrain Juillet-Août 2022

Il ressort de l'analyse des résultats de ce graphique 4 qu'une majorité (81%) des personnes enquêtées affirme qu'il existe d'énormes impacts sociaux positifs considérables à savoir:

- l'amélioration de la qualité nutritionnelle de rations alimentaires et du cadre de vie, la prise en charge des frais sociaux (soins de la famille, scolarité des enfants) par 97% des répondants;
- le renouvellement des matériels et équipements agricoles pour 70% des enquêtés;
- 50% de l'échantillon estiment qu'il existe des retombées issues des productions grâce aux BCER écologiques qui leur permettent d'acquérir d'autres types de vivres (produits manufacturés, produits animaux et halieutiques), de se doter des moyens de déplacement, de construire de nouvelles maisons en vue d'améliorer de façon générale la qualité de leurs habitats.

4.2 DISCUSSION

4.2.1 PRINCIPALES ACTIVITES ET MODE D'ACCES À LA TERRE

L'analyse des résultats de l'étude montre que les promoteurs BCER dépendent tous de l'agriculture qui est tributaire des aléas climatiques et fortement sujette aux effets du CC. Alors, la mise en œuvre d'innovations efficientes prometteuses (cas du BCER écologique) s'avère pertinentes. A l'instar des travaux de LEPPENS (2018) sur les BCER, cette technologie convient à la culture céréalière et au développement de nombreuses activités connexes génératrices de revenus à court termes telles que le maraîchage, la pisciculture.

Les travaux effectués par SANOU (2015) sur la question foncière au Burkina, révèlent que les conflits fonciers constituent généralement un frein à la mise en œuvre des activités d'aménagements sur le terrain si cette question n'est pas prise en compte dans les actions de développement.

Dans le cadre de la présente étude par contre, les investigations ont abouti à l'identification de l'héritage comme étant le principal mode d'acquisition des terres. Comme le révèlent nos résultats, le foncier ne constituerait pas un frein à la promotion de cet ouvrage (aucun cas de conflits foncier n'ayant été révélé par les enquêtés). Tous les bénéficiaires concernés par les enquêtes confirment accéder à la terre essentiellement par le biais de l'héritage et sont par conséquent tous des propriétaires terriens.

4.2.2 PRINCIPAUX IMPACTS ENVIRONNEMENTAUX ET SOCIO-ÉCONOMIQUES INDUITS PAR LES BCER ÉCOLOGIQUES DANS LA ZONE D'ETUDE

Les différentes investigations entreprises auprès des répondants, principaux bénéficiaires des BCER écologiques de la zone d'étude ont confirmé l'existence d'impacts positifs induits par les BCER écologiques. La majeure partie des interlocuteurs ont affirmé qu'il existe des effets positifs, voire de tendances d'impacts environnementaux, économiques et sociaux dans leurs écosystèmes et sur les communautés. Le rapport d'évaluation des besoins technologiques pour l'adaptation dans les secteurs de l'agriculture et de la forestière au Burkina Faso (SP/CNDD, 2017) confirme également l'existence de potentiels impacts et bénéfices environnementaux, économiques et sociaux qui contribuent au renforcement de la résilience des ménages grâce au développement de certaines activités telles que le maraichage, la pisciculture que le BCER de façon générale permet de réaliser dans son environnement immédiat.

Sur le plan environnemental et préservation des écosystèmes locaux, 73% des répondants de l'enquête ont affirmé que les BCER écologiques favorisent une recharge de la nappe phréatique des zones environnantes. Ce facteur pourrait s'expliquer par les effets bénéfiques des pratiques du projet BEOG PUUTO qui met l'accent sur la combinaison des technologies (CES/DRS). LEPPENS (2018) l'a aussi révélé dans ses travaux, qu'il est important de coupler le BCER aux cordons pierreux, zaï, demi-lunes et/ou plantation d'arbres car permettant la remontée des nappes phréatiques.

Sur le plan hydrologique, les cours d'eau et leurs affluents dans le bassin versant ne sont pas affectés négativement par l'implantation du BCER, car le volume d'eau stocké par l'ouvrage est négligeable même s'il vaut habituellement 300m^3 d'eau. Au contraire, l'on pourrait dire que c'est un moyen de captage et de récupération des eaux de pluies qui se perdent majoritairement.

La spécificité de ce type de BCER réside dans ses dispositifs connexes (la tranchée en rigole, la bande enherbée, et la haie vive/Cf. annexe 3) mais, également dans sa prise compte des autres techniques CES/DRS (en combinaison) qui favorisent et participent à la naissance, à la régénération d'un écosystème écologique diversifié, résilient et protecteur. D'autre part, l'ensemble du dispositif connexe permet de stocker le carbone à travers sa canopée.

Sur le plan analyse de la rentabilité financière, le BCER, une fois stabilisé peut atteindre une durée de vie d'au moins 25 ans si une attention particulière lui est accordé (DGADI- Projet BEOG PUUTO, 2022). Ce qui fait de lui un puissant moyen de mobilisation et de stockage d'eau pour des besoins d'irrigation d'appoint, voire de complément.

Il permet de développer diverses activités de production à cycle court très génératrices de revenus (le maraîchage, pisciculture). Les résultats des enquêtes ont révélé des bénéfices économiques considérables. Il ressort des échanges avec les répondants qu'en une à cinq (05) années d'exploitation de l'ouvrage, le promoteur pourrait récupérer les coûts d'investissement de l'ouvrage. Sur cette base et au regard de la durée de vie optimale des 25 années du BCER, un porteur de la technologie pourrait réaliser un grand maximum de bénéfices et pouvoir rentabiliser l'ouvrage. Ce retour sur investissement permet au producteur d'être résilient aussi bien sur le plan économique que social. BIENKIGA et al. (2022) l'ont confirmé dans leurs travaux de capitalisation sur l'identification des techniques et technologies CES/DRS et leurs normes de réalisation au Burkina Faso, que si des efforts sont consentis pour l'amélioration des performances du BCER en général, cela permettrait un important retour sur investissement. Ceci pourrait garantir sa pérennité et susciter davantage l'engouement des producteurs, voire l'adhésion de nouveaux utilisateurs. En outre, ces avantages économiques pourrait motiver et entraîner un regain et le retour d'anciens promoteurs qui auraient abandonné la technologie face à entre autres défis liés à la pénibilité du travail, le coût de l'ouvrage qui dépasse un million (1 000 000) de franc CFA.

Plus, le BCER est viable, plus sa durée dans le temps et l'espace demeurera. Plus il est durable, plus il permettra un développement potentiel d'activités économiques et un accroissement des revenus comme le révèle le résultat net d'exploitation prévisionnel dans notre étude de cas.

ZONGO et al. (2019) dans leur article Evaluation ex ante de l'irrigation de complément dans un contexte sahélien: couplage d'un modèle biophysique à un modèle économique d'exploitation agricole, ont montré à travers des simulations que l'irrigation de complément permet d'accroitre le revenu des agriculteurs comparativement à une situation sans irrigation. Les résultats de leurs travaux ont démontré que la culture de maïs, de sorgho et du mil sous l'irrigation de complément en année sèche augmente le revenu espéré de 26% (133 030 francs CFA, équivalent à 202, 80 euros).

Du point de vue social, les différents travaux et études des experts montrent qu'il existe un avantage social fondamental qui est celui de la sécurisation de la production agricole (SP/CNDD 2015). Selon le même auteur, il permet l'amélioration de sécurité alimentaire et nutritionnelle à travers la diversification des cultures notamment, la production des légumes qui sont riches en vitames, en sels minéraux et en plusieurs oligoélements.

Ces affirmations liées aux effets environementaux et socio-economiques peuvent être mis en lien avec avec nos hypotheses de depart. En effet, ils permettent de déduire que le projet (BCER écologique) impacte effectivement les ecosystémes mais aussi les conditions de vie des populations.

5 ANALYSE DE GENRE

Que serait le continent Africain sans le travail de la femme ? (TIENTIGA, 2000). Selon les Nations Unies cité par YOUGOUBARE (2022), au Burkina Faso, plus de la moitié de la production agricole est assurée par les femmes alors qu'elles ne disposent que de 8% des terres agricoles. Selon la même source, au moins 70% du maraichage est réalisée par les femmes. Avec les jeunes, ce sont eux qui se mobilisent pour les travaux de semis, désherbage, entretien et de récolte. Tout comme dans les autres pays africains les femmes, et quelques catégories sociales (jeunes) subissent toujours cette injustice. Elles ne disposent pas de contrôle sur le foncier et sont pour la plus part du temps tributaire de portions de terres pauvres qui augmentent leur charge de travail.

Cependant, les BCER écologiques étant une opportunité et basée sur le volontariat, les propriétaires terriens pour la plupart des cas acceptent faire un don ou léguer une portion de leurs terres aux femmes et aux jeunes mais, ces derniers courent toujours le risque de se faire exproprier du jour au lendemain.

Pour réduire d'éventuels impacts négatifs sur certains d'entre eux, il serait nécessaire que le projet BEOG PUUTO à travers sa cellule genre développe une stratégie de communication et de sensibilisation en vue d'accompagner cette frange des producteurs à l'appropriation des textes réglementaires sur le foncier et à l'acquisition de documents tels que l'attestation de possession foncière rurale (APFR) pouvant aboutir à un titre de propriété. Il faudra aussi des actions de communication pour le changement de mentalité et de comportement axé sur l'empowerment des femmes et la masculinité positive. Ces actions aideraient les hommes à s'impliquer davantage pour que les femmes et les classes marginalisées puissent contrôler les différents espaces dont elles disposent.

En outre, un autre impact négatif non négligeable révélé au cours des enquêtes suite à l'implantation du BCER., serait le risque d'incident lié à la noyade d'enfants. Afin d'éviter ce genre d'impacts négatifs, il est lancé dans le cadre de cette étude, une invite à l'intention du projet et du bailleur, d'intégrer et de prendre en compte le coût d'une clôture grillagée dans la subvention du producteur.

Nous proposons que dorénavant, voire après projet, que cette mesure puisse faire partie intégrante des modalités d'évaluation des coûts du kit pour la réalisation du BCER.

6 ETAPE SUIVANTE

Au terme de ce projet de travail, un atelier de restitution sera organisé au sein de la DGADI de concert avec le point focal de BEOG PUUTO pour présenter les résultats et les principales recommandations de nos travaux pour une appropriation. A l'issue de la présentation des résultats, il sera élaboré une feuille de route en vue de la mise en œuvre et du suivi des recommandations qui seront prises lors de l'atelier.

Au regard de l'approche qui est novatrice, nous suggérerons en termes de perspectives à l'endroit du projet et du bailleur (ASDI), la conduite d'une étude approfondie sur la capitalisation des bonnes pratiques en matière d'implantation et d'utilisation des BCER et leurs normes au Burkina Faso. Ce qui permettrait une valorisation de la technologie qui constitue un outil pertinent et qui peut aider les populations vulnérables à faire face aux effets néfastes du changement climatique.

Les résultats au niveau de l'analyse genre ont ressorti une faible implication des femmes. En concertation avec les partenaires, un programme pourrait voir le jour dans le but de changer la tendance. Il sera question de renforcer d'une part les capacités des intervenants sur le genre et sa transversalité (pour qu'ils puissent prendre en compte les relations de pouvoir dans la planification et l'exécution des projets BCER) et d'autre part, sensibiliser les bénéficiaires sur la masculinité positive et l'importance de soutenir les efforts des femmes.

Au regard de la perception et de la visibilité des bénéfices du BCER écologiques par les producteurs eux-mêmes, on constate un développement de la demande des nouveaux volontaires. Il y'a un éveil de conscience et un retour d'anciens bénéficiaires qui avaient abandonné leurs BCER, pour des raisons de coût ou de pénibilité du travail.

Les enquêtes terrain ont démontré qu'au moins 50% de nouveaux producteurs s'intéressent à la technologie BCER écologiques et participent aux travaux d'intérêt commun organisés par les communautés pour le fonçage (très pénible). Ces travaux communautaires sont très importants et contribuent au développement de la cohésion sociale au sein de la société.

Enfin, nous ferons un plaidoyer la mise au point d'initiatives qui sont en autres:

- former les bénéficiaires sur l'entretien des BCER
- mettre en place au niveau local une équipe de suivi (cellule de veille)
- encourager à travers la promotion (récompenser les meilleurs qui entretiennent mieux et ont une meilleure production)

REMERCIEMENTS

Au terme de la présentation des résultats et les conclusions de ce projet de travail, nous tenons à remercier tous ceux qui de près ou de loin ont contribué à sa réalisation.

Nous tenons tout d'abord à exprimer notre profonde gratitude à:

- L'ASDI et à SMHI pour l'organisation réussie et le financement de la formation;
- Aux facilitateurs (Régionaux et de SMHI), spécifiquement Monsieur Tharcisse NDAYIZIGIYE, Coordonnateur du Programme ITP/WA, les Docteurs Clarisse UMUTONI, Chercheur à l'ICRISAT/Niamey et Nadine WOROU, Chercheur à l'ICRIAF/Bamako pour la qualité de l'encadrement et les dispositions prises pour nous accompagner dans le processus d'élaboration de notre projet de travail;
- La DGAHDI et à toute l'équipe du projet BEOG PUUTO pour les dispositions administratives et financières et techniques prisent pour nous permettre une meilleure participation à la formation, de réaliser les enquêtes terrain pour produire le présent rapport;
- L'ANAM/Ouagadougou, pour la disponibilité et la fourniture des données climatiques;
- Aux cadres et techniciens des structures centrales et déconcentrées de du Ministère en charge de l'Agriculture pour la collaboration et la participation à la qualité du présent rapport;
- Aux braves producteurs de la zone d'étude notamment ceux qui été touchés par nos enquêtes, pour nous avoir accueilli et participer à la production de ce document

Nous ne saurions terminer sans remercier:

- Tous nos amis et collègues de service;
- Aux collègues et formateurs de l'IPDS/AOS, Ouagadougou/Burkina Faso principalement Messieurs Oladjigbo KOBA, Inoussa KINDO pour leur appui technique et conseils indéfectibles pour la qualité de ce rapport de projet de travail;
- Tous nos amis et collègues de la présente promotion ITP WA 2021-2022

LISTE DES DEFINITIONS ET ABREVIATIONS UTILISEES

ANAM	:	Agence Nationale de la Météorologie
APFR	:	Attestation de Possession Foncière Rurale
ASDI	:	Agence Suédoise de coopération au Développement International
BCER	:	Bassin de Collecte des eaux de ruissellement
BEOG-PUUTO	:	Champs du future
CES/DRS	:	Conservation des Eaux et des Sols/Défense et Récupération des Sols
CC	:	Changement Climatique
CF	:	Cash-Flow
CNABIO	:	Conseil Nationale de l'Agriculture Biologique
CIRAD	:	Centre de Coopération Internationale en Recherche Agronomique pour le
CRDI	:	Centre international de recherche et de développement
DGADI	:	Direction Générale des Aménagements Agro-Pastoraux et du Développement de l'Irrigation
DGAHDI	:	Direction Générale des Aménagements Hydro-Agricoles et du Développement de l'Irrigation
DR	:	Délai de Récupération
FAO	:	Organisation pour l'alimentation et l'agriculture
FCFA	:	Franc de la Communauté Financière Africaine
ICRAF	:	Centre international pour la recherche en agroforesterie
ICRISAT	:	Institut international de recherche sur les cultures des zones tropicales semi-arides
MAAH	:	Ministère de l'Agriculture et Aménagement Hydro-Agricoles
MERH	:	Ministère de l'Environnement et des Ressources Halieutiques
PDA	:	Programme Développement de l'Agriculture

GTZ	:	Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit
PANA	:	Programme d'action National d'Adaptation à la Variabilité et aux Changements Climatiques
PNA	:	Plan Nationale d'Adaptation aux Changements Climatiques
PNDES	:	Plan National de Développement Economique et Social
PNSR	:	Programme National du Secteur Rural
SMHI	:	Institut Suédois de Météorologie et d'Hydrologie
SP/CONEDD	:	Secrétariat Permanent du Conseil National et le Développement Durable
UE	:	Union Européenne
ZIP	:	Zone d'Intervention du Projet
2iE	:	Intitut International de l'Eeau et de l'Environnement

DÉFINITION DE QUELQUES CONCEPTS

BCER:

Le Bassin de **C**ollecte des **E**aux de **R**uissellement (BCER) est un ouvrage de collecte des eaux pluviales pour l'irrigation de complément et la production maraichère. Il est bâti sur une excavation de forme trapézoïdale dont les dimensions standards de fond de ***13m X 8m X 2m avec un talus de 1/1, et un volume 303*** m3 pour sécuriser 0,25 ha de production. Ces dimensions et la forme sont parfois adaptées aux caractéristiques physiques du terrain (DGAHDI, 2022).

Les BCER ont été une réponse du Gouvernement burkinabè en 2012 face aux poches de sécheresse successives des années 2008 – 2011. La technologie des BCER a évolué depuis 2012 avec l'appropriation par les acteurs.

BCER ÉCOLOGIQUE:

On entend par BCER écologique, un BCER qui est implanté dans un ensemble d'actions de CES/DRS. Cette conjugaison de techniques ou pratiques tend à lui permettre de conserver et de préserver l'écologie du milieu.

APPROCHE BASSIN VERSANT:

L'approche bassin versant se définit de manière générale comme un aménagement global couvrant la totalité du bassin versant (bas fonds, glacis, versants des élévations); (PDA/GTZ, 2007).

C'est une approche innovante qui recommande l'intégration ou la prise en compte des écoulements hydriques à l'échelle du bassin versant ou du micro-bassin versant dans l'aménagement des terres agricoles.

BASSIN VERSANT:

Le bassin versant peut être défini comme une surface dans laquelle s'écoulent les eaux de pluies, et ses limites sont constituées par les points les plus élevés (PDA/GTZ, 2007). Il se compose d'un bas-fond et d'un ensemble de hautes terres (glacis, versants et sommets des collines).

CASH-FLOW:

Les cash flows (flux monétaires) sont le solde des rentrées et sorties de fonds dues à l'exploitation. Ils doivent être obtenus année par année sur la durée de vie du projet.

IRRIGATION D'APPOINT:

On distingue plusieurs définitions selon les auteurs, tous concourant au même but. Ainsi:

Selon Glosbe Dictionary https://app.glosbe.com (2013), l'irrigation d'appoint est pratique qui consiste à apporter une petite quantité d'eau aux cultures pour pallier l'insuffisance des précipitions, l'objectif étant d'accroitre et de stabiliser les rendements.

Selon le glossaire de la FAO, c'est une irrigation servant à compléter les besoins en eau des cultures partiellement satisfaits par les précipitations qui tombent directement sur les champs (https://www.fao.org)

Selon Geerts and Raes (2009), FAO (2002) dans https://fr.csa.guide, elle est une pratique qui consiste à limiter les applications de l'eau aux stades de croissances sensibles à la sécheresse, vise à optimiser la productivité de l'eau et à la stabiliser plutôt que d'optimiser les rendements pendant les périodes où les précipitations n'assurent pas suffisamment d'humidité pour la croissance normale des plantes.

Contrairement à ceux des de l'irrigation complète, le calendrier et l'ampleur de l'irrigation d'appoint ne peuvent être déterminés à l'avance, compte tenu de la variabilité naturelle des niveaux de précipitations saisonnières et d'une saison à l'autre (Oweis et Hachum 2012 cité dans https://fr.csa.guide).

ANNEXES

ANNEXE 1: BCER ÉCOLOGIQUE ET ACTIVITES ASSOCIEES EN IMAGES



Photo 1: Diversification de cultures autour d'un BCER écologique

Source: Antenne régionale Nord/Projet BEOG PUUTO- Campagne agricole de saison humide 2022-2023



Photo 2: Déploiement dun moyen d'exhaure (motopompe) pour l'irragation d'appoint des cultures par Monsieur OUEDRAOGO Alassance du village de Rim dans la commune de Koumbri/Région du Nord

Source: Antenne régionale Nord/Projet BEOG PUUTO- Campagne agricole de saison humide 2022-2023

ANNEXE 2: AUTRES TYPES DE BCER PROMUS



Photo 3: BCER classique promu parl'Association AFDR

Source: https://www.banfora.org/2018/09/15/bassin- de-collecte-des-eaux-de-ruissellement-une- écologiques solution-aux-poches-de-sècheresse



Photo 4: Image BCER classique, banca promou par Cénabio (Pratiques agro-écologiques)

Source: https://www.cnabio.net/



Photo 5: Modèle type PAICC-BF / SOFITEX

Source: http://pariisburkina.org/

ANNEXE 3: SYNTHESE DE LA FICHE TECHNIQUE DE BASSIN DE COLLECTE DES EAUX DE RUISSELLEMENT- (BCER) ÉCOLOGIQUE

Concept:

- Impluvium de collecte et de stockage d'eaux de pluies pour des usages multiples (agriculture, pisciculture, agroforesterie, récupération de terres dégradées). Il est implanté en prenant en compte un ensemble de techniques de CES/DRS et de plantations d'arbres

Zone d'application:

- Zones sahélienne, sub-sahélienne et nord-soudanienne, pluviométrie allant de 400 à 600 mm
- Pluies irrégulières avec des poches de sècheresses les plus fréquentes

Principaux usages:

- Culture céréalière, maraîchage, pisciculture, agroforesterie

Enjeux:

- Sécuriser la production agricole en année déficitaire,
- Lutter contre la pauvreté
- Améliorer l'environnement
- Possibilité de développer des activités connexes

Principes:

- collecter et stocker les eaux de de ruissellement à des fins utiles pour le producteur pendant les poches de sécheresse

- Mobiliser les eaux de ruissellement à petite échelle à des fins d'irrigation d'appoint et de complément et accessible aux producteurs moyens
- Surmonter les poches de sécheresse au cours des campagnes agricoles

Impacts environnetaux, économiques et sociaux:

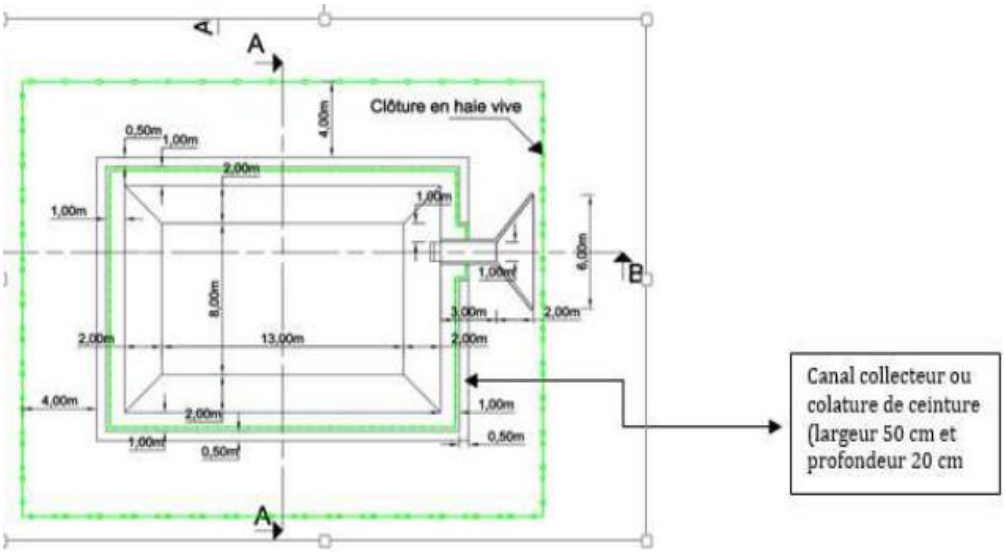
- Sécurise la production en année déficitaire en eau
- Atténue la perte de récolte sur une superficie de 0,25 ha de maïs
- Permet de nourrir un ménage agricole de huit (08) personnes avec une quantité de 1000 kg de céréales
- Assure les productions maraichères, agroforestières et sylvicoles
- Assure les productions animales et halieutiques
- Restaure les écosystèmes et la biodiversité par les actions de végétalisation du micro bassin versant (reboisement, végétalisation autour du BCER)

Difficultés:

- Sécurisation le bassin avec du grillage
- consommatrice en main-d'œuvre assez importante, 10 personnes pour 21 jours de travail en HIMO
- Coûts d'étanchéisation pouvant dépasser les capacités des paysans pauvres
- Sécurisation foncière des parcelles

Coût total de réalisation en HIMO d'un BCER écologique (FCFA)
Budget de stabilisation : 475 000
Budget des équipements : 738 000
Petits matériels : 87 000
Budget total dépensé par BCER : 1 300 000

Dimensionnement du BCER :
Forme: rectangulaire (intérieur)
Longueur 13 mètres
Largeur : 8 mètres
Forme: rectangulaire (extérieur)
Longueur : 17 mètres Largeur : 12 mètres
Profondeur : 2 mètres
Pente du talus : 1/1 pour sols argileux, argilo -sableux Volume d'eau: 300 m3



Implantation du BCER :

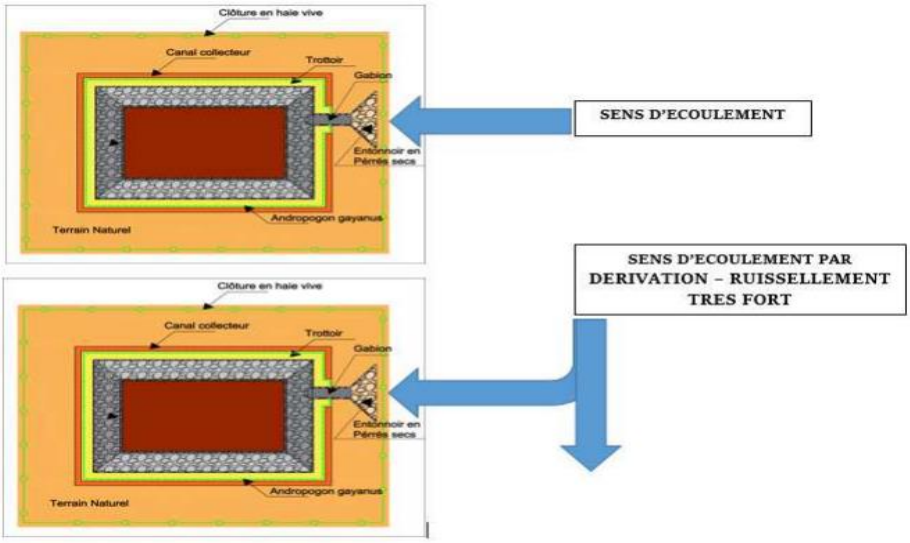
L'implantation d'un BCER tient compte du sens d'écoulement préférentiel des eaux. La collecte la collecte des eaux de ruissellement se fait sur la largeur au tiers de l'ouvrage.

Délimiter le rectangle intérieur de 13 mètres sur 8 mètres dans un premier temps.

Délimiter le rectangle extérieur de 17 mètres sur 12 mètres ;

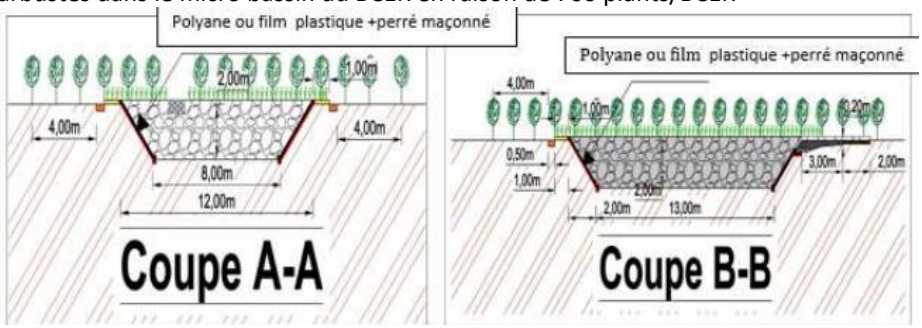
le trottoir de 1 mètre et le canal collecteur de 30 cm de largeur et

de 20 cm de profondeur.



Végétalisation du BCER

Faire une pépinière d'Andropogon gayanus en vue de repiquer des éclats de souches sur le périmètre extérieur du trottoir (25g de semences/BCER) Planter des arbres et arbustes dans le micro bassin du BCER en raison de 700 plants/BCER



Périmètre de sécurité Autour du BCER

il est recommandé d'établir un périmètre de sécurité situé à 4 mètres du canal collecteur qui peut être constitué par :

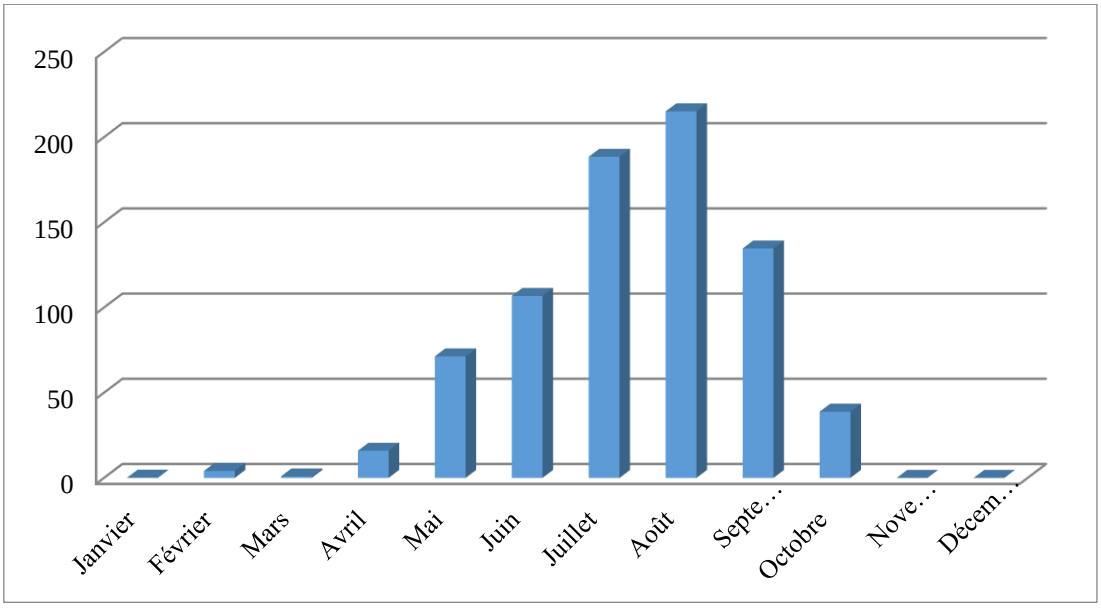
- ✓ une clôture grillagée renforcée par une rangée de haie vive (*acacia sp*)
- ✓ deux rangées de haie vive en quinconce d'espèce d'*acacia sp*

Récapitulatif de la fiche technique du BCER écologique

Coût global de réalisation BCER:	1 300 000 FCFA
Dimension rectangle intérieur (fond du bassin)	13 m x 8 m
Dimension rectangle extérieur (cuvette) :	17 m x 12 m
Profondeur :	2 m
Périmètre de sécurité :	102 m
Temps de travail (fouilles au talutage) :	10 HJ pendant 20 jours de travail
Temps de travail (stabilisation) :	5 jours
Temps de travail pour la réalisation du BCER :	25 jours
Capacité de stockage du bassin :;	300 m3
Durée de la poche de sècheresse/capacité de stockage	14 jours de poche de sècheresse avant la prochaine pluie efficace
Spéculations	Maïs, cultures maraichères
Superficie totale à irriguer :	0,25 ha
Matériaux de construction :	12 m3 de sable, 30 m3 de moellons
Mortier	200 kg/m3
Végétalisation BCER	25 g *d'Andropogon gayanus*
Reboisement autour du BCER	700 plants

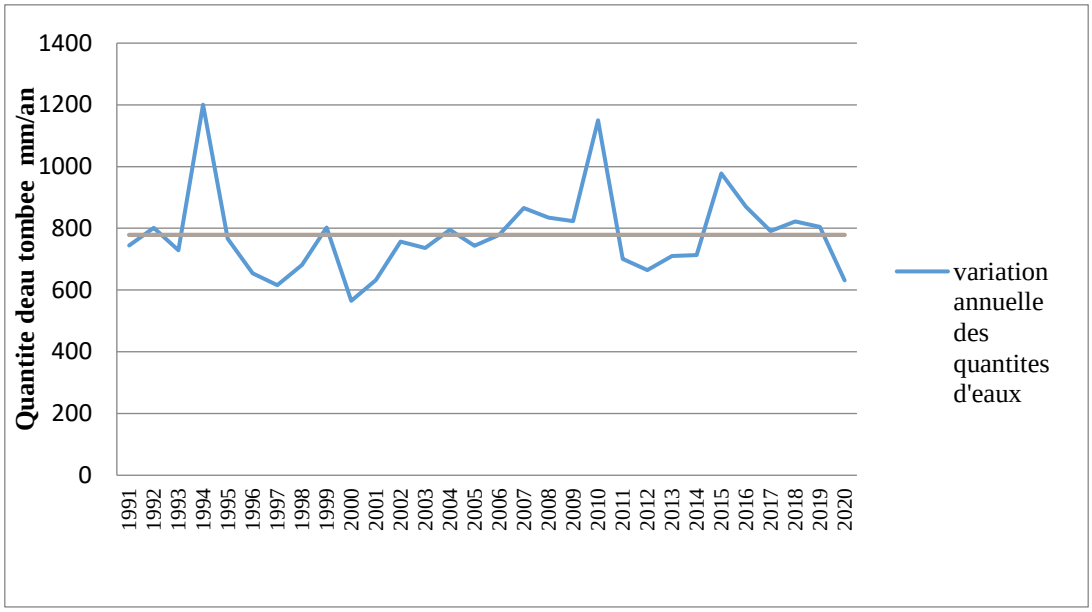
Source: DGADI- BEOG PUUTO

ANNEXE 4: DONNÉES PLUVIOMÉTRIQUES



Graphique 1: Pluviométrie moyenne mensuelle de 1991 à 2020/Station de Zorgho, Région du Plateau Central/Burkina Faso

Source: ANAM- Nos analyses des données climatiques/Rapport de travail ITP/WA 2021- 2022



Graphique 2:: Variation annuelle des quantités d'eaux tombées de 1991-2020 à la station de Zorgho/Burkina Faso

Source: ANAM- Nos analyses des données climatiques/Rapport de travail ITP/WA 2021- 2022

Tableau 2. ***Evolution des dates de débuts et fins de saisons et des séquences sèhes de 1991-2020 à la station de Zorgho/Région du Plateau Central, Burkina Faso***

Années	Dates de début de saison	Séquences sèches mois de Juin	Séquences sèches mois de Juillet	Séquences sèches mois d'août	Séquences sèches mois de septembre	Dates de fin de la saison
1991	20-juil.	11	8	3	12	30-sept.
1992	14-juil.	7	5	4	10	5-oct.
1993	4-juin	5	6	5	11	1-oct.
1994	18-juin	7	7	4	6	28-oct.
1995	9-juil.	8	4	5	9	9-oct.
1996	26-juin	13	7	5	5	2-oct.
1997	11-juin	12	9	11	8	30-sept.
1998	13-juil.	7	6	5	8	6-oct.
1999	24-juin	5	4	4	2	7-oct.
2000	25-juil.	6	5	8	14	4-oct.
2001	6-juil.	12	8	5	4	7-oct.
2002	28-juil.	5	5	6	5	20-oct.
2003	7-juil.	6	5	3	6	2-oct.
2004	9-juil.	6	7	4	9	3-oct.
2005	14-juil.	8	5	4	6	1-oct.
2006	8-juin	9	7	6	6	4-oct.
2007	1-juil.	11	6	3	15	30-sept.
2008	29-juin	5	5	3	4	5-oct.
2009	21-juin	8	6	3	9	1-oct.
2010	16-juin	5	6	5	6	30-sept.
2011	21-juin	8	5	8	8	5-oct.
2012	14-juil.	9	3	6	7	6-oct.

2013	2-août	11	4	3	7	5-oct.
2014	15-juin	9	6	7	4	9-oct.
2015	26-juin	6	6	4	4	30-sept.
2016	9-juil.	6	5	4	6	6-oct.
2017	5-juil.	10	8	9	10	30-sept.
2018	15-juil.	22	4	3	9	30-sept.
2019	13-juin	7	5	5	12	30-sept.
2020	20-juin	7	6	6	6	30-sept.

Source: ANAM

6.1 Annexe 5: Tableaux Des Couts D'un BCER Écologique, Des Charges, Des Dotations Aux Amortissements Et Des Produits

Tableau 3. Couts de réalisation d'un BCER écologique en travail à haute intensités de main d'œuvre (HIMO)

Petits matériels

Composition kit	Quantité	Coût unitaire	Montant total
Brouettes ordinaires	1	40 000	40 000
Barre à mine	2	14 000	28 000
Pelles	3	3 000	9 000
Pics	2	5 000	10 000
Total			87 000

Excavation & stabilisation

Composition kit	quantité	Coût unitaire	Montant total	Observation
Tâcheron	1	100 000	100 000	la somme inclut la phase de creusage et la stabilisation
Technicien (H/J)	10	5 000	50 000	la somme inclut la phase de creusage et la stabilisation
Carburant technicien (jour)	10	2 500	25 000	la somme inclut la phase de creusage et la stabilisation
HIMO (Excavation + nourriture)	1	300 000	300 000	la somme inclut la phase de creusage et le talutage
TOTAL			475 000	

Equipements

Description	Unité	Quantité pour le lot de 50 kits	Prix unitaire (Francs CFA)	Prix Total (Francs CFA)
Film plastique	rouleau	1	100 000	100 000
Gabions	Unité	4	25 000	100 000
Fer torsadé (agrafe)	barre	8	2 250	18 000
Ciment	tonne	1	120 000	120 000
Motopompe et accessoires	Unité	1	350 000	350 000
Transport				50 000
Montant total HTHD :				738 000

Coût total de réalisation d'un BCER écologique

Désignation	Coût
Budget de stabilisation	475 000
Budget des équipements	738 000
Petits matériels	87 000
Budget total pour la réalisation un BCER écologique	1 300 000

Source: DGAHDI_ Projet BEOG PUUTO

Tableau 4. Estimation des charges d'exploitation (années 1 & 2)

Evaluation des charges d'exploitation/Année 1

Charges	Quantité	Coût unit	Montant (FCFA)
coût total des semences			**13365**
Semences de maïs (0,25 ha)	3,75	2500	9375
Semences d'aubergine (0,05 ha)	0,015	16000	240
Semences de tomate (0,05 ha)	0,015	250000	3750
Coût total des fertilisants			**650 610**
Sous total/Fertilisants culture du maïs			*197500*
NPK	200	400	80000
Urée	200	400	80000
Fumure organique	1250	30	37500
Sous total/Fertilisants tomate			*197110*
NPK	400	400	160000
Urée	0	400	0
Fumure organique	1237	30	37110
Sous total/Fertilisants aubergine			*256 000*
NPK	350	400	140000
Urée	200	400	80000
Fumure organique	1200	30	36000
Coût total des biopesticides			**11 200**
S/total biopesticides			*11 200*
Pour maïs	0	0	0
Pour tomate	1,4	4000	5 600
Pour aubergine	1,4	4000	5 600
Coût total main d'œuvre			**360 000**
Main d'œuvre (2H/J/6 mois)	360	1000	360 000
Coût total carburant			**81 000**
Carburant + Vidange moto-pompe (30 l/mois/3 mois	90	900	81 000
Total général des charges			**1 116 175**

Evaluation des charges d'exploitation/Année 2

Charges	Quantité	Coût unit	Montant (FCFA)
coût total des semences			**13365**
Semences de maïs (0,25 ha)	3,75	2500	9375
Semences d'aubergine (0,05 ha)	0,015	16000	240
Semences de tomate (0,05 ha)	0,015	250000	3750
Coût total des fertilisants			**540 000**
Sous total/Fertilisants culture du maïs			*160000*
NPK	200	400	80000
Urée	200	400	80000
Fumure organique	0	30	0
Sous total/Fertilisants tomate			*160000*
NPK	400	400	160000
Urée	0	400	0
Fumure organique	0	30	0
Sous total/Fertilisants aubergine			*220 000*
NPK	350	400	140000
Urée	200	400	80000
Fumure organique	0	30	0
Coût total des biopesticides			**11 200**
S/total biopesticides			*11 200*
Pour maïs	0	0	0
Pour tomate	1,4	4000	5 600
Pour aubergine	1,4	4000	5 600
Coût total main d'œuvre			**360 000**
Main d'œuvre (2H/J/6 mois)	360	1000	360 000
Coût total carburant			**81 000**
Carburant + Vidange moto-pompe (30 l/mois/3 mois	90	900	81 000
Total général des charges			**1 005 565**

Source: Nos travaux du rapport du projet de travail ITP/WA 2021-2022

Tableau 5. Estimation des Charges d'exploitation (années 3,4 & 5)

Evaluation des charges d'exploitation/Année 3				Evaluation des charges d'exploitation/Année 4				Evaluation des charges d'exploitation/Année 5			
Charges	**Qté**	**Coût unit**	**Montant (FCFA)**	**Charges**	**Qté**	**Coût unit**	**Montant (FCFA)**	**Charges**	**Qté**	**Coût unit**	**Montant (FCFA)**
coût total des semences			**13365**	**coût total des semences**			**13365**	**coût total des semences**			**13365**
Semences de maïs (0,25 ha)	3,75	2500	9375	Semences de maïs (0,25 ha)	3,75	2500	9375	Semences de maïs (0,25 ha)	3,75	2500	9375
Semences d'aubergine (0,05 ha)	0,015	16000	240	Semences d'aubergine (0,05 ha)	0,015	16000	240	Semences d'aubergine (0,05 ha)	0,015	16000	240
Semences de tomate (0,05 ha)	0,015	250000	3750	Semences de tomate (0,05 ha)	0,015	250000	3750	Semences de tomate (0,05 ha)	0,015	250000	3750
Coût total des fertilisants			**650 610**	**Coût total des fertilisants**			**540 000**	**Coût total des fertilisants**			**650 610**
Sous total/Fertilisants culture du maïs			*197500*	*Sous total/Fertilisants culture du maïs*			*160000*	*Sous total/Fertilisants culture du maïs*			*197500*
NPK	200	400	80000	NPK	200	400	80000	NPK	200	400	80000
Urée	200	400	80000	Urée	200	400	80000	Urée	200	400	80000
Fumure organique	1250	30	37500	Fumure organique	0	30	0	Fumure organique	1250	30	37500
Sous total/Fertilisants tomate			*197110*	*Sous total/Fertilisants tomate*			*160000*	*Sous total/Fertilisants tomate*			*197110*
NPK	400	400	160000	NPK	400	400	160000	NPK	400	400	160000
Urée	0	400	0	Urée	0	400	0	Urée	0	400	0
Fumure organique	1237	30	37110	Fumure organique	0	30	0	Fumure organique	1237	30	37110
Sous total/Fertilisants aubergine			*256 000*	*Sous total/Fertilisants aubergine*			*220 000*	*Sous total/Fertilisants aubergine*			*256 000*
NPK	350	400	140000	NPK	350	400	140000	NPK	350	400	140000
Urée	200	400	80000	Urée	200	400	80000	Urée	200	400	80000
Fumure organique	1200	30	36000	Fumure organique	0	30	0	Fumure organique	1200	30	36000
Coût total des biopesticides			**11 200**	**Coût total des biopesticides**			**11 200**	**Coût total des biopesticides**			**11 200**
S/total biopesticides			*11 200*	*S/total biopesticides*			*11 200*	*S/total biopesticides*			*11 200*
Pour maïs	0	0	0	Pour maïs	0	0	0	Pour maïs	0	0	0
Pour tomate	1,4	4000	5 600	Pour tomate	1,4	4000	5 600	Pour tomate	1,4	4000	5 600
Pour aubergine	1,4	4000	5 600	Pour aubergine	1,4	4000	5 600	Pour aubergine	1,4	4000	5 600
Coût total main d'œuvre			**360 000**	**Coût total main d'œuvre**			**360 000**	**Coût total main d'œuvre**			**360 000**
Main d'œuvre (2H/J/6 mois)	360	1000	360 000	Main d'œuvre (2H/J/6 mois)	360	1000	360 000	Main d'œuvre (2H/J/6 mois)	360	1000	360 000
Coût total carburant			**81 000**	**Coût total carburant**			**81 000**	**Coût total carburant**			**81 000**
Carburant + Vidange moto-pompe (30 l/mois/3 mois	90	900	81 000	Carburant + Vidange moto-pompe (30 l/mois/3 mois	90	900	81 000	Carburant + Vidange moto-pompe (30 l/mois/3 mois	90	900	81 000
Total général des charges			**1 116 175**	**Total général des charges**			**1005 565**	**Total général des charges**			**1 116 175**

Source: Nos travaux du rapport du projet de travail ITP 2021-2022

Tableau 6. Récapitulatif des charges

Rubriques	Coûts annuels (FCFA)				
	1	2	3	4	5
Semences	13365	13365	13365	13365	13365
Fertilisants	650610	540000	650610	540000	650610
Biopesticides	11200	11200	11200	11200	11200
Main d'œuvre	360000	360000	360000	360000	360000
Carburant	81000	81000	81000	81000	81000
Total	**1116175**	**1005565**	**1116175**	**1005565**	**1116175**

Source: Nos travaux du rapport du projet de travail ITP 2021-2022

Tableau 7. Valeur net comptable de l'investissement sur une période de 10 ans

Années	Valeur BCER	Amortissement	VCN
1	1800000	180000	1620000
2	1620000	180000	1440000
3	1440000	180000	1260000
4	1260000	180000	1080000
5	1080000	180000	900000
6	900000	180000	720000
7	720000	180000	540000
8	540000	180000	360000
9	360000	180000	180000
10	180000	180000	0

Source: Nos travaux du rapport du projet de travail ITP 2021-2022

Tableau 8. Estimation des produits d'exploitation (année 1)

Produits (Ventes)	Unité	Quantité	Coût unitaire/moyen (FCFA)	Montant (FCFA)
Production de Mais	Kg	1625	210	341250
Production d'aubergine	Sac	96	9000	864000
Production de la tomate	Caisse	28	17500	490000
Montant total des produits				**1 695 250**

Source: Nos travaux du rapport du projet de travail ITP 2021-2022

REFERENCES

[1] BEOG PUUTO (2022). Rapport narratif intermédiaire III (1er janvier 2020- 31 décembre 2021). 56 pp.

[2] BEOG PUUTO (2021). Rapport narratif intermédiaire II (1er janvier 2019- 31 décembre 2020). 63 pp.

[3] BEOG PUUTO (2018). Projet de document: Projet de récupération des terres dégradées et d'augmentation de la productivité agro-sylvo-pastorale dans la zone d'intervention de la Grande Muraille Verte au Burkina Faso. Période 15 décembre 2018 – 31 décembre 2023. Financement Ambassade de Suède. 70 pp.

[4] BIENKIGA et al (2022). Etude de capitalisation des techniques et technologies CES/DRS et leurs normes de réalisation au Burkina Faso: Volume I: Capitalisation des techniques et technologies de CES/DRS. Version provisoire 108 PP. Volume II: Normes de conception et de réalisation des ouvrages de CES/DRS. Version provisoire 81 PP. Annexes Volume II. Volume III: Détermination des techniques et technologies de CES/DRS les plus pertinentes. Version provisoire 109 pp.

[5] Burkina Faso (2016): Plan National de Développement Economique et Social 2016-2020. Burkina Faso. 97pp.

[6] Burkina Faso (2021): Plan National de Développement Economique et Social 2021-2025 (PNDES II). Burkina Faso. 98pp.

[7] Burkina Faso (2018): Deuxième Programme National du Secteur Rural (PNSR II). 2016-2020, version d'avril 2018; 98 pp.

[8] Burkina Faso (2010): Programme National du Secteur Rural (PNSR) 2011-2015, version d'octobre 2012; 96pp.

[9] DGAHDI (2022): Note technique sur les BCER. 1p.

[10] MERH (2015): Programme National d'Adaptation aux Changements Climatiques (PNA). Volume principal. Version finale, 155 pp.

[11] NIANG et al. (2022). Proposition de thèse 2021: « Solutions d'imperméabilisation accessibles et durables de bassins de collecte des eaux de ruissellement en zone soudano sahélienne ». https://www.2ie-edu.org/

[12] OUEDRAOGO/SIGNAM, W., N., & SOME, A., G., C. (2021): Adoption des Bassins de Collecte des Eaux de Ruissellement (BCER) comme pratique d'adaptation au changement climatique au Burkina Faso. Rapport de Projet de Travail et ITP 309 Changement Climatique – Adaptation et Atténuation. 35pp.

[13] PDA/GTZ (2007): Approche intégrée d'aménagement et de valorisation des bassins versants (hautes terres et bas-fonds) dans la province de la Sissili région du Sud Ouest du Burkina Faso. Rapport finzl stratégie aménagement BV. Pdf. 72pp.

[14] SP/CONEDD (2007). Programme d'Action National d'Adaptation à la Variabilité et aux Changements Climatiques PANA du Burkina Faso. 84 pp.

[15] SP/CNDD (2018). Programme de Définition des Cibles de la Neutralité en matière de dégradation des terres (PDC/NDT, 2018). Rapport final (février 2021). 32 pp.
[16] SP/CNDD (2015). Evaluation des Besoins Technologiques pour l'Adaptation dans les secteurs de l'Agriculture et de la Foresterie au Burkina Faso). Rapport final (mars 2017). 146 pp.
[17] TIENTIGA (2000). Etude du groupement Sainte Perpétue du secteur 4 de Ouagadougou. Rapport d'Intégration professionnelle. Programme de spécialisation en Assistance et gestion des coopératives pour Femmes Leaders d'Afrique francophone. 47 pp.
[18] Glosbe Dictionary (2013). Irrigation d'appoint. Définition dans le dictionnaire français. https://app.glosbe.com
[19] GLOSSAIRE- FAO.org. Irrigation d'appoint https://www.fao.org
[20] LEPPENS, M. (20218). Bassin de collecte d'eau de ruissellement (BCER). Thème principal « Ressources en eau ». Sujet (Aménagement maraîcher/gestion des ressources en eau/collecte des eaux de ruissellement ». Description « Brève analyse des bassin de collecte des eaux de ruissellement ».CNABIO (ed). Burkina Faso. pdf. Bibliothèque numérique. https://duddal.org/
[21] PARIIS (2019): Visite terrain au PAICC-BF http://pariisburkina.org/
[22] PSANY (2017). Des bassins de collecte d'eaux de ruissellement pour faire face aux poches de sécheresse dans quatre communes du Yatenga. Projet de Sécurité Alimentaire et Nutritionnelle du Yatenga.
[23] https://www.helpbf.org/.
[24] YOUGBARE, S. (2022). L'agriculture au Burkina Faso, une affaire de femmes. Sans page.
[25] https://www.autreterre.org/agriculture-burkina-faso-affaire-de-femmes/.
[26] SANOU, S. (2015). Projets de développement rural: attention au foncier. Des fiches pédagogiques pour comprendre, se poser de bonnes questions et agir sur le foncier en Afrique de l'Ouest. 4 pp.
[27] https://www.foncier-developpement.fr/
[28] VODOUNOU, J., K., & DOUBOGAN, Y., O., 2016. Agriculture paysanne et stratégies d'adaptation au changement climatique au Nord- Bénin. Cybergeo: European Journal of Geogrraphy. Environnement, Nature, Paysage, document 794. http://journals.openedition.org/cybergeo/27836
[29] ZONGO B & al. (2019). Evaluation ex-ante de l'irrigation de complément dans un contexte sahélien: couplage d'un modèle biophysique à un modèle économique d'exploitation agricole ». Base «en ligne», volume 23 (2019), Numéro 3, 174-187 URL: https://popups.uliege.be.

International Journal of Innovation and Applied Studies
ISSN 2028-9324 Vol. 43 No. 2 Aug. 2024, pp. 542-553
© 2025 Innovative Space of Scientific Research Journals
http://www.ijias.issr-journals.org/

Environnement de dépôt de la formation Oligo-Miocène du Continental terminal 3 (Ct^3) de la région de Niamey (Sud-Ouest du sous-bassin de l'Ader Doutchi)

[Depositional environment of the Oligo-Miocene Continental terminal 3 (Ct^3) formation from the Niamey area (South-West of the Ader Doutchi sub-basin)]

Habsatou Ousmane[1], Karimou Laouali Idi[2], Aminou A. Maâzou[1], Salissou Abdoul Ganiou[1], Daouda Illia Allo[3], Karimou Dia Hantchi[4], and Moussa Konaté[1]

[1]Université Abdou Moumouni, Faculté des sciences et techniques, Département de Géologie, Laboratoire de géologie: Équipe Bassin et Géoressources, Niamey, Niger

[2]Université Abdou Moumouni, École Normale Supérieurs, Département de Sciences de la Vie et de la Terre, Laboratoire de géologie: Équipe Bassin et Géoressources, Niamey, Niger

[3]Université André Salifou, Faculté des Sciences et Techniques, Département de Géologie, Laboratoire de Géoressources et Géosciences de l'environnement (LGGE), Zinder, Niger

[4]Université Dan Dicko Dankoulodo, Faculté des Sciences et Techniques, UMR-SERMUG, Département de Géologie, Laboratoire de géologie, Maradi, Niger

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

ABSTRACT: The Niamey area lies on the south-western edge of the Iullemmeden Basin. The Continental terminal 3 (Ct^3) formation, the subject of this study, represents the last infilling deposits of this basin. In order to determine the depositional environments of the Ct^3 formation in the Niamey area, a methodological approach based on field data analysis followed by laboratory analyses was implemented. The main objective of this study is therefore to improve the knowledge of the sedimentary dynamics of Ct^3 deposits in the Niamey area. Specifically, the aim of this study is to determine the Ct^3 depositional environments. Sedimentological analysis enabled us to distinguish five (5) facies labelled F1, F2, F3, F4 and F5. These facies consist of alternating clayey sandstones and ferruginous lateritic oolitic sandstones with indurated levels, locally showing sandstones levels with unclear oblique bedding. The presence of casts of Gastropods, Lamellibranchs and Echinoderms indicates that the Ct^3 deposits were emplaced in a shallow, lagoonal to lacustrine freshwater basin subject to fluvial inputs.

KEYWORDS: Continental terminal formation, Ader Doutchi Sub-basin, Oligo-Miocene, Oolitic sandstones.

RESUME: La région de Niamey est située sur la bordure sud-ouest du sous-bassin de l'Ader Doutchi. La formation du Continental terminal 3 (Ct^3), objet de la présente étude, représente les derniers dépôts de comblement de ce bassin. Afin de déterminer les environnements de dépôt du Ct^3 de la région de Niamey, une approche méthodologique basée sur la collecte de données sur le terrain couplée aux travaux de laboratoire a été mise en œuvre. Ainsi l'objectif principal de cette étude est d'améliorer les connaissances sur la dynamique sédimentaire des dépôts du Ct^3 de la région de Niamey. De façon spécifique, il s'agit de déterminer les environnements de dépôts du Ct^3. L'analyse sédimentologique a permis de distinguer cinq (5) faciès, notés **F1, F2, F3, F4** et **F5.** Ces faciès sont constitués d'alternances de grès argileux et de grès oolithiques latéritiques ferrugineux à niveaux indurés, présentant localement des niveaux gréseux à litages obliques frustes. La présence de moulages de Gastéropodes, de Lamellibranches et d'Échinodermes indique que les dépôts du Ct^3 se sont mis en place dans un bassin d'eau douce peu profond, de type laguno-lacustre à lacustre, soumis à des apports fluviatiles.

MOTS-CLEFS: Formation du Continental terminal, Sous-bassin de l'Ader Doutchi, Oligo-miocène, Grès oolithiques.

Corresponding Author: Habsatou Ousmane

1 INTRODUCTION

La région de Niamey est une zone charnière marquant la bordure Sud-Est du Craton Ouest Africain et la terminaison Sud-Ouest du sous-bassin de l'Ader Doutchi, correspondant à la partie méso-cénozoïque du Bassin des Iullemmeden. Les grès argileux oligo-miocènes, de la formation du Continental 3 (Ct^3) de la région de Niamey, représentent les derniers dépôts de comblement du sous-bassin de l'Ader Doutchi.

Pendant la période méso-cénozoïque, trois épandages détritiques continentaux ont été enregistrés dans le sous-bassin de l'Ader Doutchi. Il s'agit du Continental intercalaire, du Continental hamadien et du Continental terminal. La série sédimentaire du Continental terminal [1], dudit sous-bassin, comprend de la base au sommet [2]: (i) la série sidérolithique de l'Ader Doutchi ou Ct^1; (ii) la formation argilo-sableuse à lignites du Ct^2; (iii) les grès argileux du Moyen Niger représentant le Ct^3. L'importante série détritique du Continental terminal (Ct) affleure sur près de 90 000 km^2 [3]. Dans la région de Niamey, seule la formation gréseuse du Ct^3 est observable (Fig. 1). Les différents travaux réalisés dans le sous-bassin de l'Ader Doutchi ont trait à: (i) la description des formations crétacées et tertiaires [1]; (ii) l'inventaire exhaustif des palynomorphes (microfossiles à paroi organique) tels que les spores, les grains de pollen, les Dinoflagellés et les Acritarches [4]; (iii) des études géologiques et sédimentologiques des formations oolithiques ferrugineuses de la partie sud ([2] et [5]); (iv) la pétrographie, la minéralogie et la géochimie des formations cénozoïques [6]; (v) à l'étude des microfossiles animaux et végétaux pour reconstituer non seulement l'évolution des paléoenvironnements, mais aussi pour dater les formations géologiques [7] et [8]. De l'ensemble de ces travaux, il ressort qu'aucune étude ne s'est focalisée sur les environnements de dépôt du Continental terminal dans son ensemble et, particulièrement du Continental terminal 3 (Ct^3).

Si toute équivoque semble être levée en ce qui concerne l'âge oligo-miocène du Continental terminal (Ct), des doutes subsistent cependant, en ce qui concerne le milieu de sédimentation, notamment du Ct^3.

Pour [9] le Continental terminal se serait mis en place dans un milieu lacustre, du fait de la présence de Mollusques dulçaquicoles. Tandis que [10] suggère un milieu de sédimentation plutôt marin, alors que [3] évoquent plusieurs milieux de dépôt pour le Ct (lacustre, fluviatile...), mais non marin. [11] privilégie un milieu de sédimentation lacustre voire palustre. [10] pense même à une mise en place dans un environnement plus diversifié (marin, fluviatile, lacustre...).

Il faut noter qu'aucune étude focalisée essentiellement sur les milieux de sédimentation n'a été véritablement entreprise, notamment en ce qui concerne le Continental terminal 3 (Ct^3).

Le présent article qui porte sur le thème « **Environnement de dépôt de la formation oligo-miocène du Continental terminal 3 (Ct^3) de la région de Niamey (Sud-Ouest du sous-bassin de l'Ader Doutchi) »** vise à pallier cette insuffisance. Il se propose de reconstituer, à partir d'une analyse « faciologique » détaillée, les milieux de dépôt des grès argileux du Ct^3. De façon spécifique, il s'agit de: (i) identifier les différents marqueurs paléo-environnementaux et (ii) déterminer les milieux de dépôts des sédiments de la formation du Ct^3.

2 CADRE GEOGRAPHIQUE DE LA ZONE D'ETUDE

La région de Niamey est constituée deux principaux ensembles géologiques:

- Le socle, d'âge paléoprotérozoïque (2300 à 2000 Ma [12]), comprenant des plutons granitoïdiques alternant avec des ceintures de roches vertes (Fig. 1).
- La couverture sédimentaire, représentée par des dépôts néoprotérozoïques qui, appelés « Grès de Niamey » [13], sont surmontés par les « Grès du Moyen Niger » [1] correspondant au Continental terminal 3 (Ct^3) et par des formations du Quaternaire (dépôts dunaires et alluvionnaires).

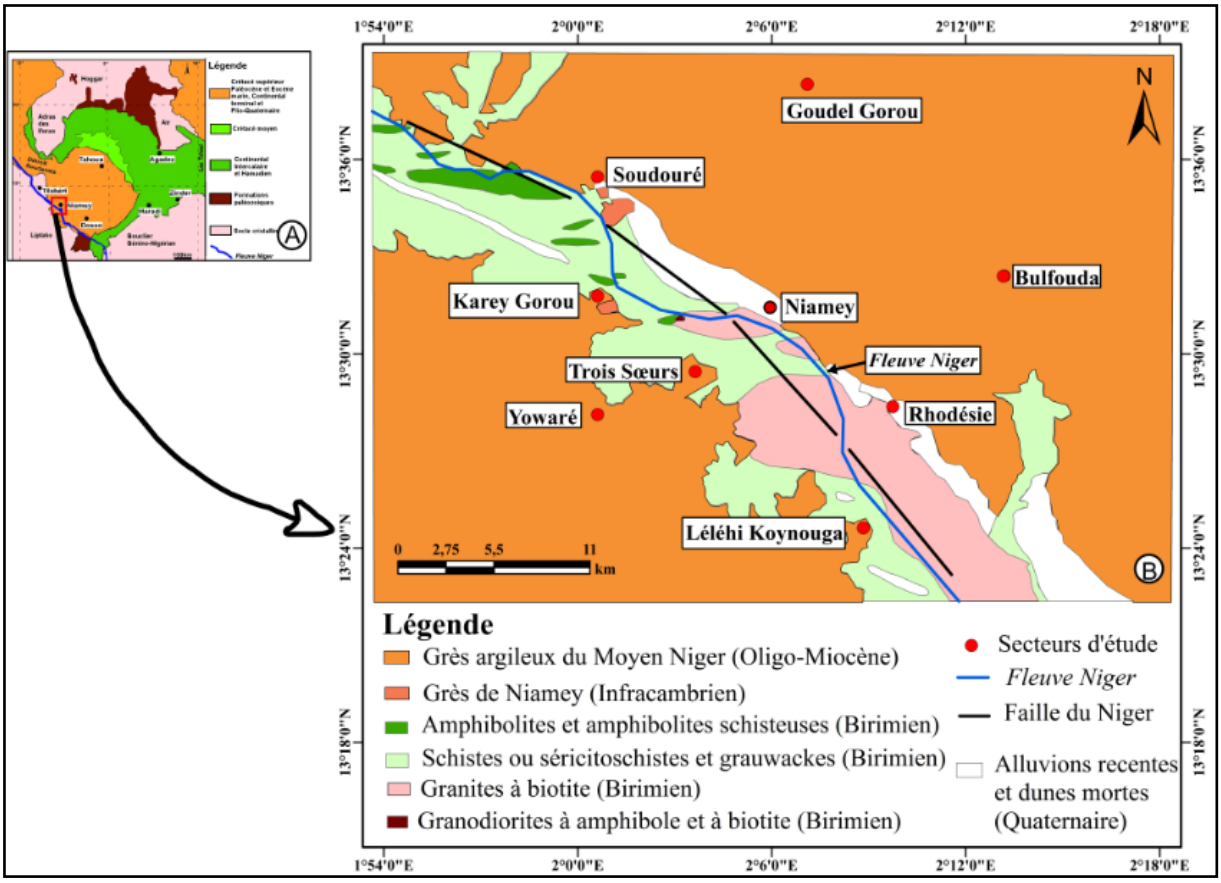


Fig. 1. Carte de localisation de la région de Niamey. A: Carte géologique simplifiée du bassin des Iullemmeden (Extrait de [1]; redessiné). B: Carte géologique simplifiée de la zone d'étude (extrait de [13]; modifié)

3 APPROCHE MÉTHODOLOGIQUE

L'approche méthodologique est essentiellement basée sur des travaux de terrain et de laboratoire.

Les levés des coupes sédimentologiques ont consisté à décrire l'enchaînement vertical des différents lithofaciès. La caractérisation des faciès du Ct^3 s'appuie sur le levé de neufs (9) coupes sédimentologiques réparties sur les deux rives du *Fleuve Niger,* dans la région de Niamey, en fonction de la qualité des affleurements. À partir des différentes coupes levées, une coupe synthétique de la région a été réalisée.

Tout au long des missions de terrain, un échantillonnage systématique des affleurements a été conduit. Il a ainsi été prélevé un total de 200 échantillons de roches, en plus de recenser plusieurs types de fossiles et de tubulures termitiques. Les échantillons prélevés ont fait l'objet d'une observation macroscopique sur le terrain, puis à la loupe binoculaire au laboratoire. Parmi les échantillons prélevés, une trentaine d'échantillons (31) ont fait l'objet d'une analyse granulométrique.

Les coupes sédimentologiques réalisées, les fossiles examinés, les résultats de l'observation des échantillons à la loupe binoculaire tout comme ceux de l'analyse granulométrique ont été utilisés pour déterminer les milieux de dépôt (Fig. 2).

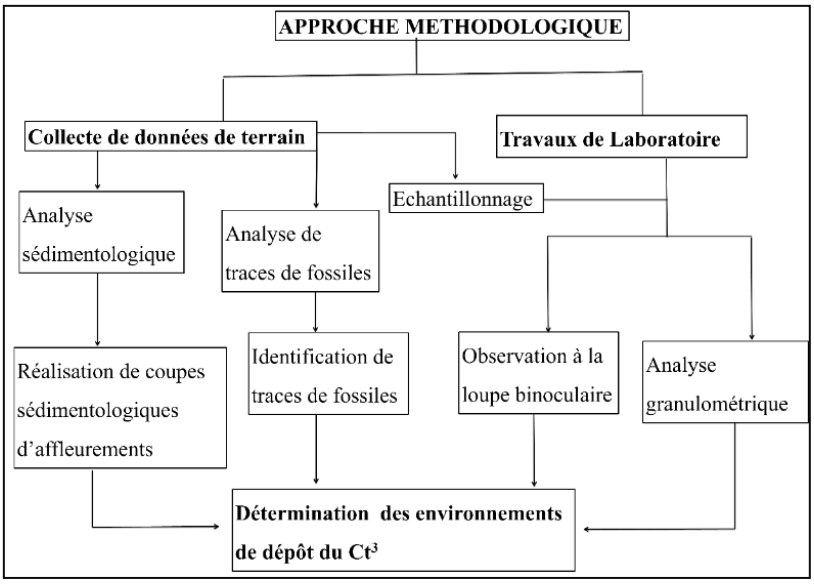


Fig. 2. Organigramme montrant l'approche méthodologique adaptée au cours de cette étude

4 RÉSULTATS ET DISCUSSION

4.1 ANALYSE SEDIMENTOLOGIQUE DU CT3 DE LA REGION DE NIAMEY

Les coupes levées se répartissent comme suit (Fig. 3): quatre (4) coupes situées sur la rive gauche du *Fleuve Niger* (NE du secteur d'étude) (Rhodésie 1 et 2, Bulfouda et Soudouré) et cinq (5) sur la rive droite (SW du secteur d'étude): Karey Gorou, « Trois Sœurs", Yowaré, Léléhi Koynouga 1 et 2. Sur la base de ces différentes coupes, une coupe synthétique de la région de Niamey a été réalisée (Fig. 4).

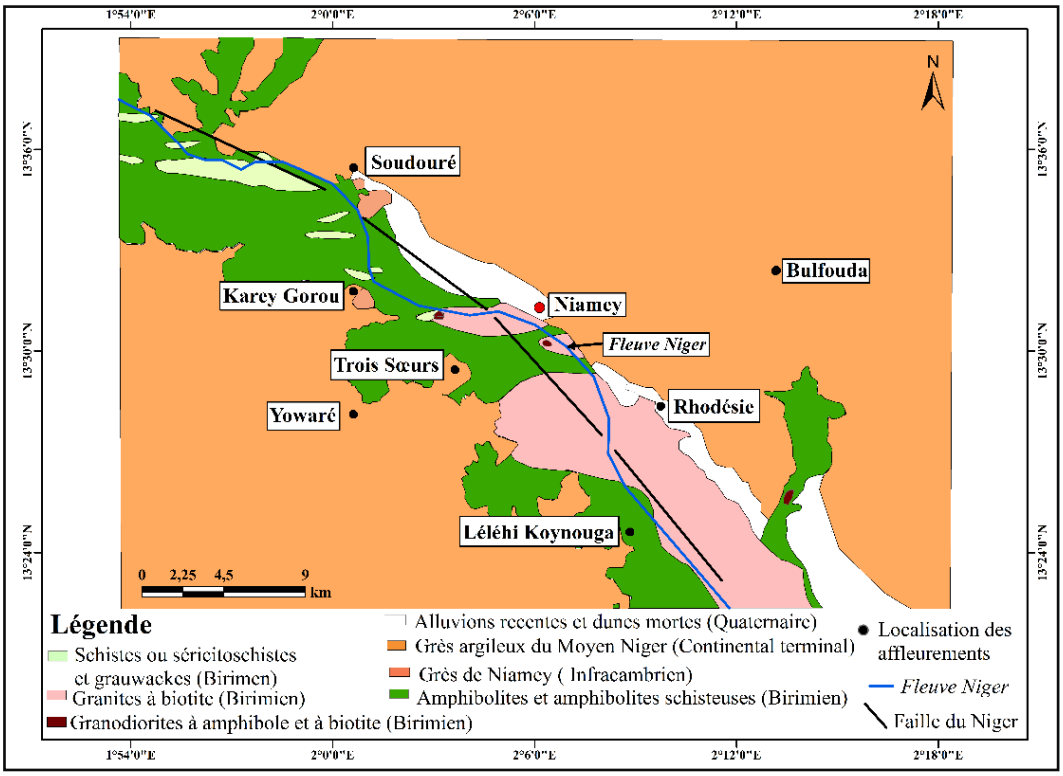


Fig. 3. Localisation des affleurements

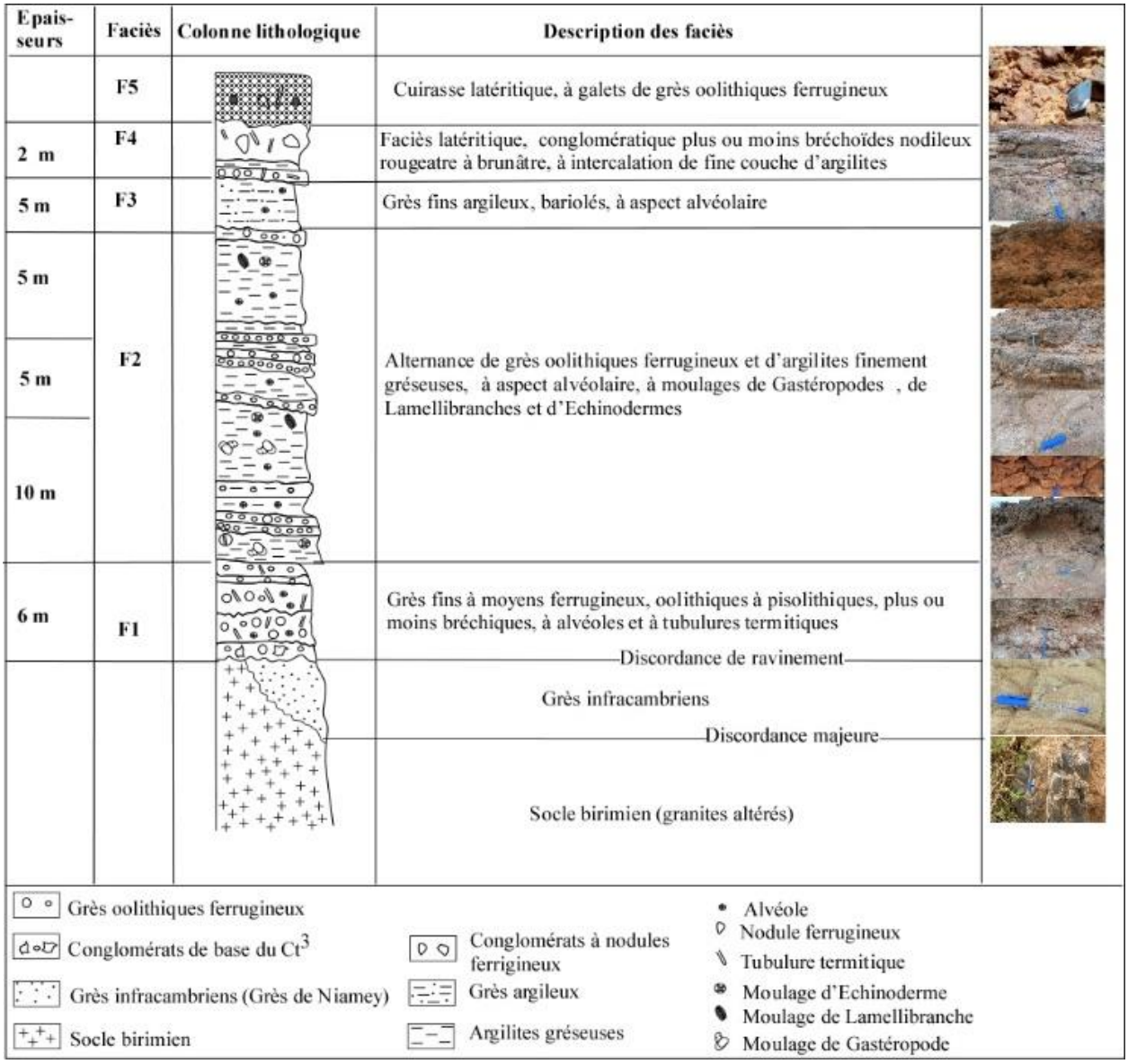


Fig. 4. Colonne lithologique synthétique du Ct^3 de la région de Niamey (réalisée dans le cadre de cette étude)

4.1.1 DESCRIPTION DE LA COUPE SYNTHÉTIQUE

La coupe synthétique (Fig. 4) fait ressortir cinq (5) types de faciès dans le Ct^3, nommés, de la base au sommet: **F1, F2, F3, F4** et **F5.** Le Ct^3 repose soit en discordance fondamentale sur les altérites du socle birimien, soit sur les grès siliceux infracambriens, communément appelés « Grès de Niamey ». Le contact entre le Ct^3 et les formations sous-jacentes est souligné par des niveaux conglomératiques. Toutefois, il faut souligner que la limite inférieure du Ct^3 n'a pas été observée au niveau des coupes de Yowaré et de Bulfouda (Fig. 3).

4.1.1.1 ANALYSE FACIOLOGIQUE

Le faciès **F1,** d'une épaisseur d'environ 6 m (Fig. 4), est constitué à sa base par des grès oolithiques à pisolithiques massifs, microconglomératiques, friables, à ciment argileux. Les pisolithes sont arrondies à subarrondies. Les graviers de quartz, majoritairement subanguleux, présentent des tailles variables (3 mm à 1cm). Le faciès **F1** devient de plus en plus induré vers le sommet. Il renferme des oolithes de taille variable (1 mm à 2 mm) et des pisolithes (4 mm).

Le faciès **F2,** d'environ 10 m d'épaisseur (Fig. 4), est constitué d'argilites bariolées jaunâtres à rougeâtres, finement gréseuses, à passées kaolineuses et à concrétions ferrugineuses (ou à enduits ferrugineux rubanés, [14]). Le sommet du faciès **F2** est marqué par une surface indurée à grès ferrugineux d'environ 0,4 m. Ce faciès présente des tubulures termitiques de diamètre variable: millimétrique à centimétrique.

Le faciès **F3,** d'environ 7 m d'épaisseur (Fig. 4), est constitué de grès argileux bariolés à intercalations de grès oolithiques ferrugineux et indurés. Ce faciès présente des ichnotubulures termitiques de longueur centimétrique à pluricentimétrique, de diamètre variable (1 mm à 1 cm). Le sommet du faciès **F3** est constitué d'argilites gréseuses latéritiques, d'épaisseur métrique.

Le faciès **F4,** d'environ 3 m d'épaisseur (Fig. 4), est un faciès conglomératique à nodules ferrugineux flottants dans une matrice gréso-argileuse ferrugineuse.

Le faciès **F5,** d'environ 5 m d'épaisseur, marque le sommet des coupes (Fig. 4). Il est constitué d'une cuirasse oolithique ferrugineuse présentant à la base des dragées de quartz anguleux, hyalin à rosâtre et à éclat vitreux. Les dragées de quartz (3 à 4 mm) ainsi que les oolithes sont liées par un ciment limoneux.

4.1.1.2 DESCRIPTION PÉTROGRAPHIQUE ET PALÉONTOLOGIQUE

Les faciès oolithiques ferrugineux, occupant généralement les sommets des coupes, présentent des «surfaces indurées » ou « surfaces durcies ». Sur les «surfaces durcies» (Figs. 5A, 5F), les oolithes sont de plus petites tailles (millimétriques), alors qu'à leur base, les oolithes sont de plus grande taille (parfois pisolithiques) et la roche est relativement plus tendre. Cet aspect friable de l'oolithe indique un milieu peu profond et agité ([15]; [16]; [17]; [18]). L'énergie du milieu est relativement faible pour les faciès à oolithes de plus petites tailles, tandis que pour les faciès à oolithes de plus grandes tailles, l'énergie serait plus forte.

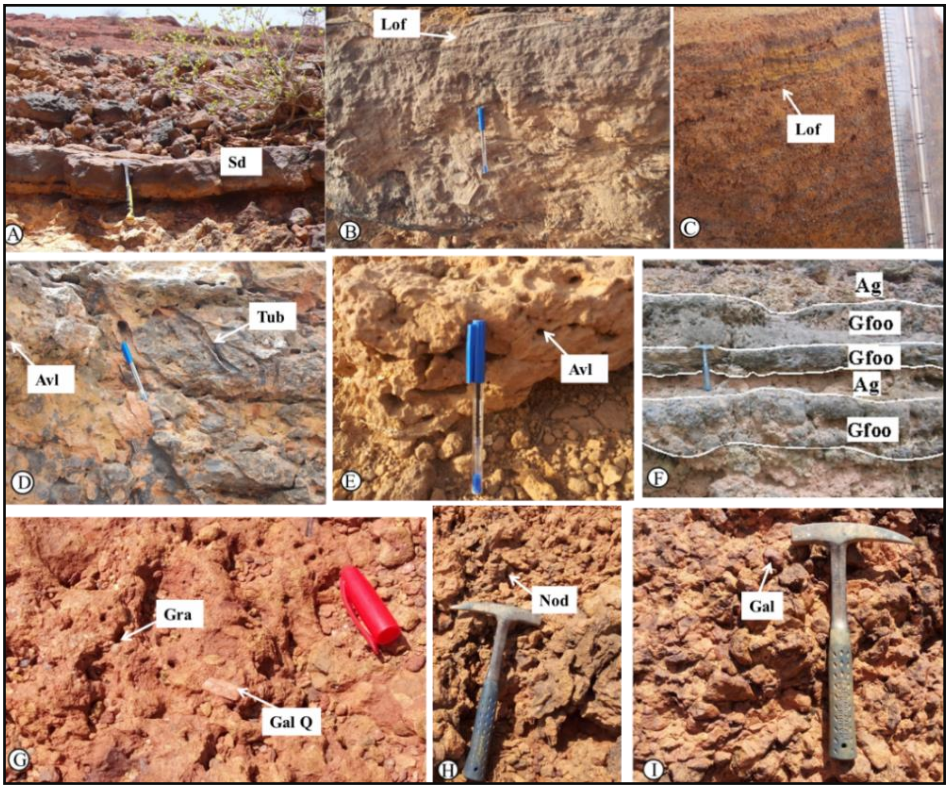


Fig. 5. Différents aspects des faciès du Ct³ de la région de Niamey. A: Surface indurée sur la colline des « Trois Sœurs ». B et C: Faciès F1 à litages obliques frustres (secteur des « Trois Sœurs » (B) et Karey Gorou (C)). D: Photographie des grès bariolés oolithiques ferrugineux du faciès F3 dans le secteur des « Trois Sœurs ». E: Argilites finement gréseuses du faciès F2 à alvéoles. F: Alternance de niveaux gréseux oolithiques ferrugineux et d'argilites gréseuses (secteur de Karey Gorou). G: Faciès F3 correspondant à des Grès argileux à galets et à graviers de quartz. H et I: Latérites indurées à nodules ferrugineux du Faciès F4. Ag: Argilites gréseuses, Alv: Alvéole. Gra: Graviers arrondis. Gal: Galets subanguleux. Gast: Gastéropodes, Gal Q: Galets de quartz subanguleux. Gfoo: Grès ferrugineux oolithiques, Lof: Litages obliques frustes. Sd: Surface durcie, Tub: tubulures termitiques

Les différents lithofaciès observés présentent d'une manière générale une structure massive. Néanmoins, quelques rares litages plans horizontaux ou obliques frustes (Figs. 5B, 5C) ont été observés dans le faciès **F1**. L'analyse « faciologique » de la formation du Ct^3 de la région de Niamey révèle fréquemment la présence de tubulures termitiques (Fig. 5D). Selon [15], la fréquence « d'ichnotubulures » termitiques dans certains faciès du Ct^3 atteste que les dépôts se sont mis en place sous un climat de type chaud humide à aride, à saisons contrastées, marqué par des périodes de submersion (ou humides) alternant avec des périodes d'émersion (ou semi-arides).

L'inventaire des traces de fossiles dans les affleurements du Ct^3 de la région Niamey a permis de mettre en évidence des moulages d'Échinodermes (Figs. 6A, 6B), de Lamellibranches (Figs. 6C, 6D) et de Gastéropodes (Figs. 6E, 6F).

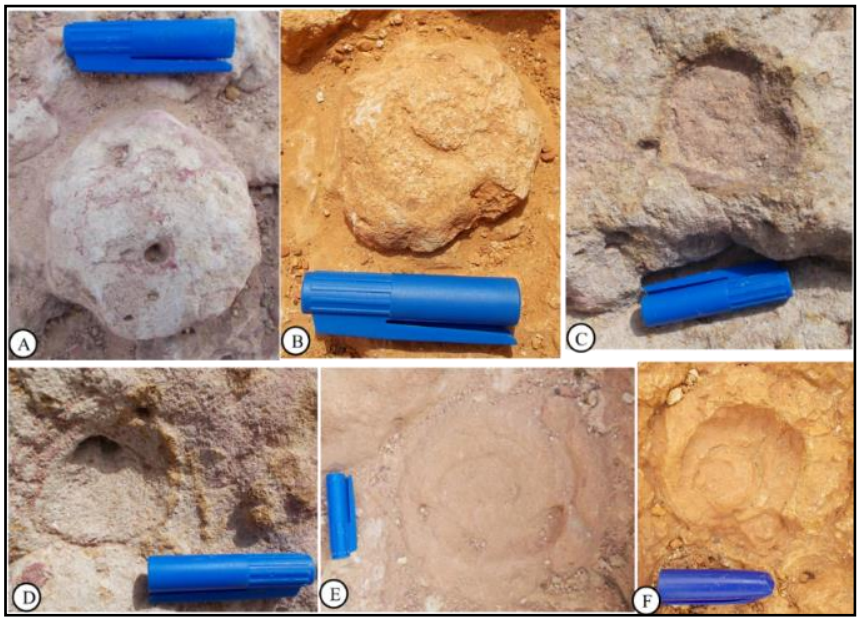


Fig. 6. Photographies montrant les différents types de moulages de fossiles dans les grès argileux du Ct^3 de la région de Niamey. A et B: Moulages d'Échinodermes. C et D: Moulages de Lamellibranches. E et F: Moulages de Gastéropodes

L'analyse sédimentologique des différents types de lithofaciès (Fig. 5) et des discontinuités sédimentaires ainsi que des figures et des structures sédimentaires ont permis de dégager les caractéristiques des milieux de sédimentation. L'analyse de la coupe sédimentologique synthétique (Fig. 4) montre que les dépôts du Ct^3 sont caractérisés par des périodes d'apports sédimentaires de nature variée, alternant avec des périodes d'arrêt de sédimentation. Selon [15], [18], [19] et [20], la présence des surfaces durcies dans le Ct^3 caractérise des périodes d'arrêt de sédimentation. Les niveaux d'oolithes ferrugineuses traduisent une rupture d'équilibre dans la sédimentation ([15], [18] et [19]). Les cuirasses ferrugineuses sont des formations de climat chaud à saisons contrastées s'inscrivant respectivement dans une transition du climat aride vers un climat humide ou dans une transition du climat humide vers un climat aride [21]. L'induration des cuirasses résulte d'une imprégnation des argiles par de la silice, ce qui évoque des climats à saisons sèches et humides alternantes [15].

4.1.2 OBSERVATION A LA LOUPE BINOCULAIRE

L'observation macroscopique (Fig. 7A), tout comme l'observation à la loupe binoculaire des échantillons prélevés, montre la présence de grains de quartz de forme anguleuse à la base des coupes et des grains de quartz arrondis vers le sommet des coupes (Figs. 7C, 7D). La présence de quartz anguleux indique une source proximale, tandis que les grains de quartz arrondis à subarrondis traduisent une source plus distale ([15] et [16]).

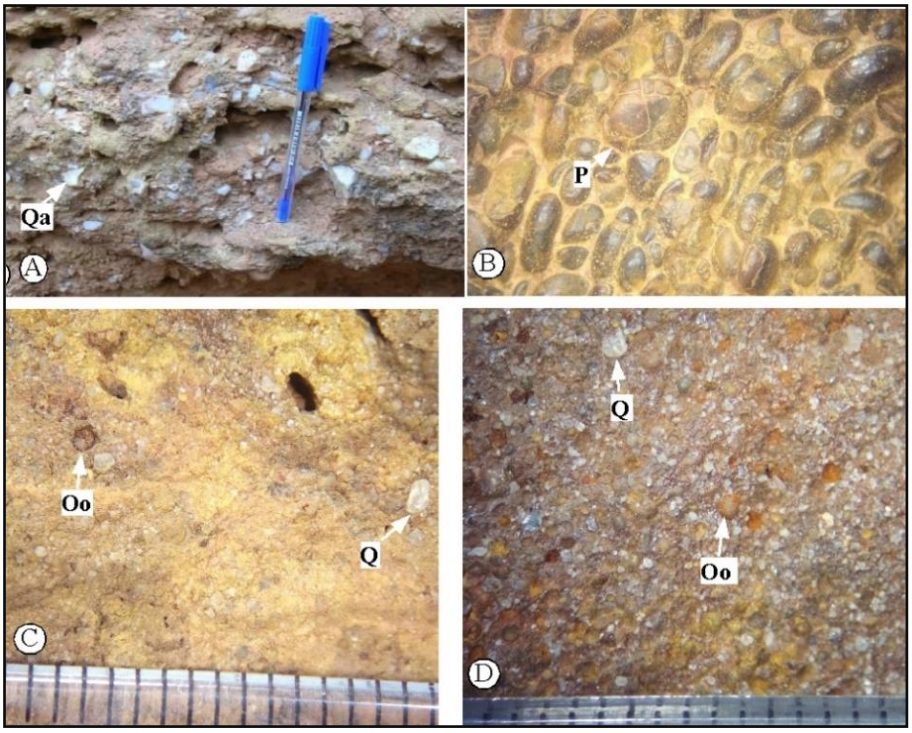


Fig. 7. A: Photographie du faciès de base du Ct^3 dans le secteur de Karey Gorou. B: Prise de vue d'un faciès pisolithique ferrugineux dans le secteur de Léléhi Koynouga. C: Vue à la loupe binoculaire des grès argileux du faciès F3. D: Vue à la loupe binoculaire des grès oolitiques ferrugineux du faciès F3. Q: Quartz, Qa: Quartz anguleux, Oo: Oolithe

4.1.3 ANALYSE GRANULOMÉTRIQUE

L'analyse granulométrique permet de classer les échantillons en trois groupes, en fonction de leur proportion en grain de sable, en limon ou en argile. Le premier groupe (1) (Fig. 8) comprend des échantillons renfermant une importante proportion de sable (environ 90 % du poids total). Dans ce groupe, les échantillons contiennent très peu de limon et d'argile; leur pourcentage variant entre 5 % et 15 % pour le limon et entre 0 % et 10 % pour l'argile. Le second groupe (2) (Fig. 8) correspond à des grès argileux ayant de fortes proportions en grains de sable (70 % à 90 %). Les proportions de sable sont moins importantes que celles du groupe (1). En revanche, les pourcentages en limon et en argile sont devenus relativement élevés. Le troisième groupe (3) (Fig. 8) est défini par des échantillons ayant une proportion d'argiles relativement élevée (40 % à 70 %). Par contre, pour le limon le pourcentage est encore faible (entre 15 % et 35 %).

Ces résultats montrent que les échantillons du groupe (1) sont des grès argileux et ceux des groupes (2) et (3) sont des argiles gréseuses. On considère que la granulométrie décrite confirme ou est en accord avec l'appellation de « grès argileux du Moyen Niger » attribué par [1] à la formation du Ct^3. Par ailleurs, ces résultats mettent en évidence que les sédiments du groupe (1) ont été déposés sous un régime hydrodynamique relativement de plus forte énergie, impliquant des apports fluviatiles importants. Cependant, ils indiquent que les dépôts du groupe (2) et (3) ont été mis en place sous un régime de faible énergie, supposant la prédominance des processus de décantation, dans un milieu de type lacustre ou lagunaire par exemple.

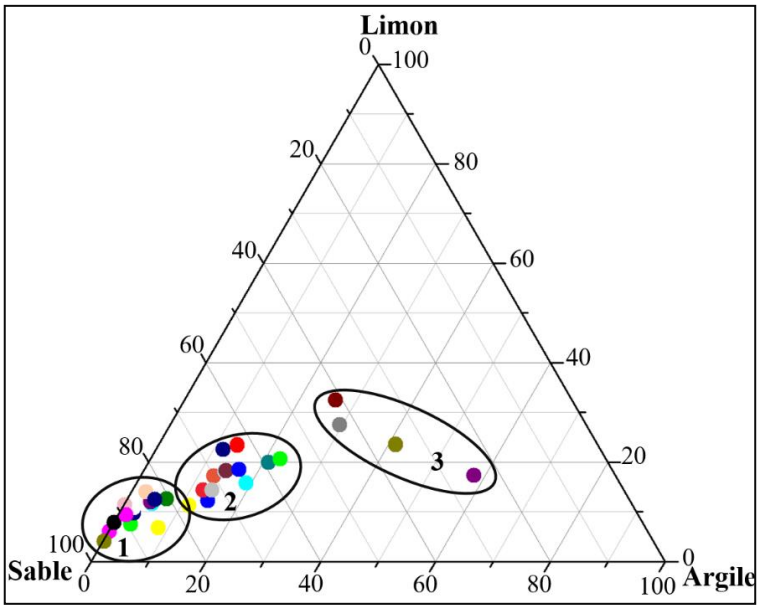


Fig. 8. Diagramme ternaire des pourcentages en sable, en limon et en argile. 1: Groupe d'échantillons à proportions élevées en sable et faibles en limons et en argiles. 2 et 3: Groupes d'échantillons à proportions élevées en sable et relativement élevée en limon et en argile

4.2 ENVIRONNEMENT DE DÉPOT DU CT3

L'analyse sédimentologique des faciès a permis de mettre en évidence trois types d'environnement de dépôt: laguno-lacustre, lacustre et fluvio-lacustre (Fig. 9). En effet, la rareté ou l'absence de structures sédimentaires milite en faveur d'un environnement à prédominance lacustre. Aussi, la présence de fossiles de Lamellibranches, de Gastéropodes et surtout d'Échinodermes dans certains faciès du Ct^3 milite en faveur d'un milieu de dépôt de type lagunaire, qui a probablement succédé, selon [22] à une ancienne mer éocène. L'abondance des tubulures termitiques est de règle dans presque tous les faciès du Ct^3 de la région de Niamey. La mise en évidence des pollens de Graminées (Poaceae) et d'Arecaceae (*Hyphaene thebaica)* par [16], dans le Ct indifférencié du Bénin, évoque un climat de type tropical chaud aride à subhumide. Les milieux les plus favorables à la conservation des pollens et des spores sont les milieux acides et réducteurs, notamment les milieux lacustres. L'abondance de tubulures ou d'alvéoles termitiques suggère des conditions climatiques des zones intertropicales à saisons sèches et pluvieuses plus ou moins longues.

La présence d'oolithes ferrugineuses est une des caractéristiques du Ct^3 de la région de Niamey. Ces structures peuvent se développer aussi bien en milieu marin, lacustre ou fluviatile peu profond mais agité. Elles restent en suspension et les différentes couches qui forment le cortex peuvent se mettre en place [16]. Pour [10], les oolithes ferrugineuses se forment aux voisinages des rivages où débouchent des rivières amenant en solution des oxydes de fer provenant des terrains plus ou moins riches en fer. Pour la sédimentation du Continental terminal (Ct), les auteurs [3] ont estimé qu'elle se serait produite dans des milieux très divers, mais non marins (fluviatile ou lacustre). Cette diversité des milieux de sédimentation dans le Continental terminal a été évoquée par [19], mais ce dernier pense à une mise en place du Ct dans un environnement encore plus diversifié (marin, fluviatile, lacustre,...).

4.2.1 ENVIRONNEMENT FLUVIO-LACUSTRE

Ils sont constitués par des dépôts grossiers à très grossiers, massifs, le plus souvent disposés en bancs à intercalations de surfaces durcies ou à litages frustes (**F1, F2**; Fig. 9). Dans certains faciès du Ct^3, les rares stratifications entrecroisées et obliques évoquent un environnement de dépôt fluviatile. Cette observation est en accord avec celles de [20], indiquant que les grès oolithiques ferrugineux du Ct^3 seraient fluviatiles.

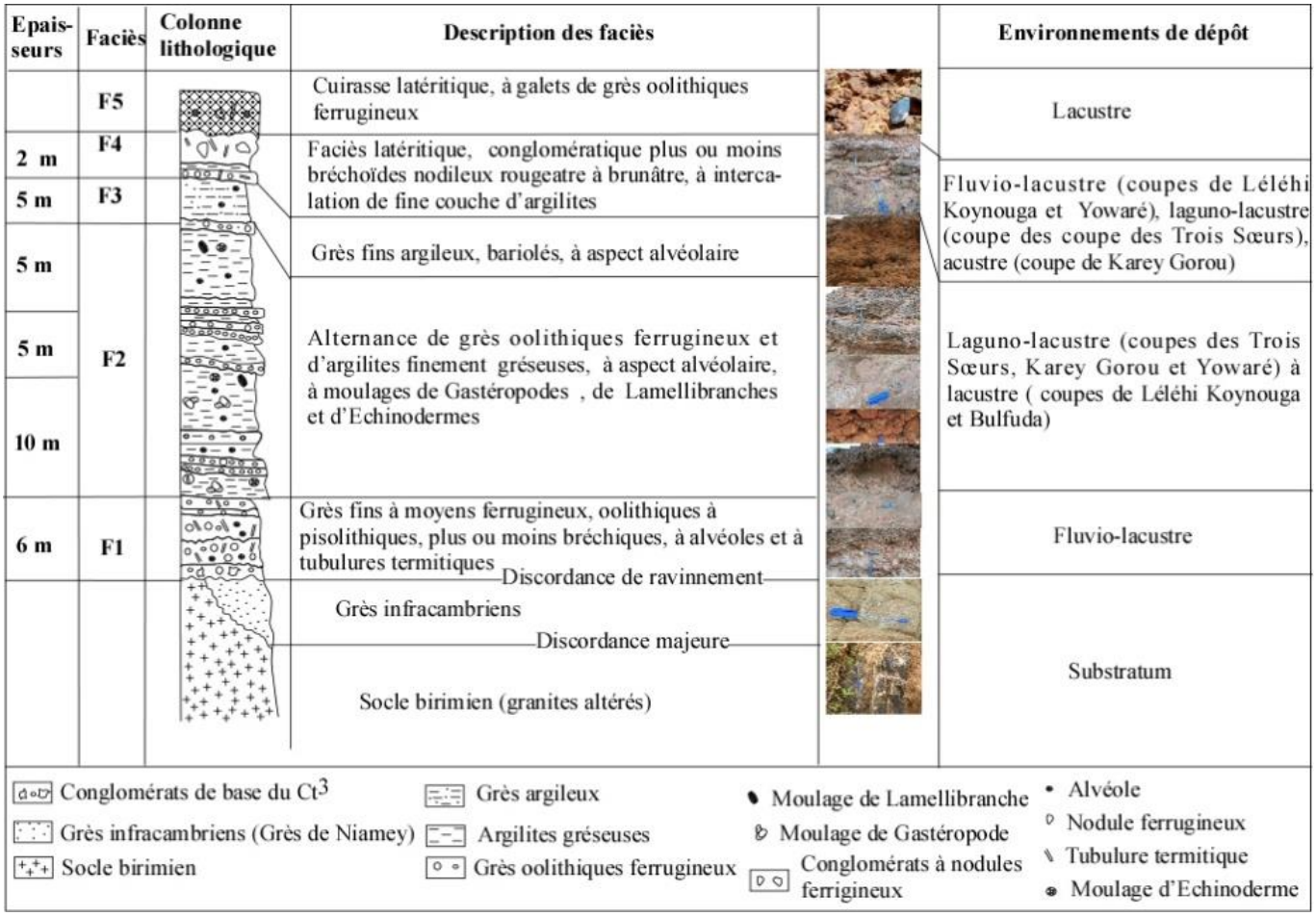


Fig. 9. Colonne lithologique synthétique et milieux de dépôt du Ct³ de la région de Niamey (réalisée dans le cadre de cette étude)

4.2.2 ENVIRONNEMENT LAGUNO-LACUSTRE

Selon [23], des lagunes, résidus du retrait de la mer éocène, se sont transformées au début de l'Oligocène en d'immenses lacs qui ont persisté pendant le Néogène. De tels lacs devaient couvrir de vastes régions depuis le Timétrine (Mali) et au-delà, au Nord, jusqu'au Nord-Dahomey (actuel Bénin) au Sud et peut-être au Koutous (Niger) à l'Est, alimentés par des grands fleuves dont on retrouve les traces localement et notamment entre Gao et Bourem. En effet, les fossiles de type marin, tels que les moulages d'Échinodermes identifiés dans le Ct^3, (formation essentiellement continentale), indiquent un environnement laguno-lacustre (F2; Fig. 9). Ces milieux laguno-lacustres auraient évolué en milieux tantôt fluvio-lacustres, tantôt palustro-lacustres, en liaison avec des mouvements du substratum.

4.2.3 ENVIRONNEMENT LACUSTRE

Le remplissage sédimentaire des lagunes et des lacs a conduit à leur transformation en des étendues d'eaux stagnantes. Dans ces étendues d'eaux stagnantes se sont déposés des séquences massives gréso-argileuses à ferrugineuses oolithiques (**F3**; Fig. 9) ou noduleux et à ichnofossiles de type « tubulures termitiques ». Bien que [11] considère le Continental terminal du bassin de Kandi comme un ensemble sédimentaire typiquement lacustre, le milieu de sédimentation décrit dans le Ct^3 de la région de Niamey semble être diversifié. Ceci est en accord avec l'idée selon laquelle les paléolagunes et les paléolacs auraient évolué pour donner des milieux palustres parfois alimentés par des apports fluviatiles. Des auteurs, tels que [11], [15], [16], [22], [23] et [24] ont relié la formation d'oolithes ferrugineuses à un milieu de type palustro-lacustre.

5 CONCLUSION

L'analyse sédimentologique des faciès montre que les dépôts oligo-miocènes du Ct^3 de la région de Niamey sont constitués d'une alternance de grès argileux et de grès oolithiques ferrugineux à niveaux indurés. La présence de moulages de Mollusques dulçaquicoles (Gastéropodes et Lamellibranches) et d'Oursins permet de rattacher les dépôts du Ct^3 de la région de Niamey à des environnements de dépôt de type laguno-lacustre à lacustre, sous climat humide à aride. Bien que moins fréquents dans les dépôts du Ct^3, la présence de litages obliques frustres dans certains bancs gréseux suggère des apports fluviatiles. La fréquence dans les différents faciès du Ct^3 de structures alvéolaires, de constructions termitiques (ichnotubulures) et des indurations atteste des exondations périodiques sous des conditions climatiques humides à arides.

REFERENCES

[1] Greigert, J., 1966. Description des formations crétacées et tertiaires du Bassin des Iullemmeden (Afrique occidentale). Pub. Dir. Min. Géol. Niger, n° 2. Mémoire B.R.G.M., n° 36, 234 p.

[2] Dubois, D., 1979. Étude géologique des formations oolithiques ferrugineuses du bassin des Iullemmeden (République du Niger), Thèse de doctorat de 3ème cycle, Universités de Niamey et d'Orléans, 123 p.

[3] Greigert, J., Pougnet, R., 1967. Essai de description des formations géologiques de la république du Niger. Publication Direction des Mines et de la Géologie, Niger, n° 3, 273 p.

[4] Boudouresque, L., 1980. Contribution de la paléopalynologie à la reconstitution floristique, stratigraphique et paléogéographique de la bordure occidentale du bassin des Iullemmeden au Crétacé supérieur et au Paléocène (Niger et Mali, Afrique de l'Ouest), Thèse spécialité, Universités d'Orléans et Niamey, 285 p.

[5] Dubois, D., Lang J., 1981. Étude lithostratigraphique et géomorphologique du Continental terminal et du Cénozoïque inférieur dans le bassin des Iullemmeden (Niger), Bulletin de l'I.F.A.N., t 43, série A, n° 1-2, 42 p.

[6] Alzouma, K., 1982. Étude pétrologique de la série sédimentaire tertiaire du bassin de Malbaza (Niger). Thèse de Doctorat 3ème Cycle Universités de Niamey et d'Orléans, 159 p.

[7] Dikouma, M.S., 1990. Fluctuation du niveau marin au Maastrichtien et au Paléocène dans le bassin intracratonique des Iullemmeden (Ader Doutchi, Niger). Biochronologie et dynamique des corps sédimentaires. Thèse Universités de Dijon et Niamey, 272 p.

[8] Dikouma, M.S., 1994. Fluctuation du niveau marin au Maastrichtien et au Paléocène dans le bassin intracratonique des Iullemmeden (Niger occidental). Biochronologie et dynamique des corps sédimentaires. *Africa Geosciences Review,* vol. 1, n°2/3, pp. 283 – 425.

[9] Tessier, F., 1954. Oolithes ferrugineuses et fausses latérites dans l'Est de l'Afrique Occidentale Française. Extrait des annales de l'école supérieure des sciences, Institut des hautes études de Dakar, 26 p.

[10] Faure, H., 1966. Reconnaissance géologique des formations sédimentaires postpaléozoïques du Niger oriental. Pub. Dir. Min. & Géol. Niger, n° 47, 630 p.

[11] Alidou, S., 1983. Étude géologique du bassin Paléo-Mésozoïque de Kandi. Thèse de doctorat, Université de Dijon, 328 p.

[12] Soumaila, A., 2000. Étude structurale pétrographique et géochimique de la ceinture birimienne de Diagouro-Darbani Liptako, Niger occidental (Afrique de l'ouest). Thèse de l'Université de Franche-Comté, 260 p.

[13] Machens, E., 1973. Contribution à l'étude des formations du socle cristallin et de la couverture sédimentaire de l'Ouest de la République du Niger. Éditions BRGM, N° 82, 167 p.

[14] Alexandre, J., 2002. Les cuirasses latéritiques et autres formations ferrugineuses tropicales exemple du Haut Katanga méridional. Musée Royal de l'Afrique centrale - Tervuren, *Belgique Annales Sciences Géologiques,* Vol. 107, 129 p.

[15] Ousmane, H., 2023. Environnements de dépôt de la formation du Continental terminal 3 (Ct3) de la région de Niamey et déformations associées. Thèse de Doctorat de l'Université Abdou Moumouni de Niamey, 250 p.

[16] Fatiou, A.K., 2020. Études sédimentologique, paléontologique, paléogéographique et structurale des dépôts d'âge maastrichtien à yprésien du bassin des Iullemmeden (Niger central). Thèse de doctorat, Université Abdou Moumouni de Niamey, 237 p.

[17] Fatiou, A.K., Konaté, M., Adissin Glodji, L., Yessoufou, S., Kaki, C., 2020. Sédimentation et conditions de mise en place des oolithes ferrugineuses de la formation du Continental terminal du Bassin de Kandi, Nord-Est Bénin. *Afrique SCIENCE,* 16 (1), pp. 160 – 173.

[18] Ousmane, H., Dia Hantchi, K., Abdou Ali, I., Boubacar Hamidou, L., Konaté, M., 2023. Metallogeny and Emplacement Conditions of Continental Terminal 3 (Ct3) Iron Formations of the Niamey Region (Western Niger), *Open Journal of Geology,* 13, pp. 720 – 739.

[19] Van Houten, F.B., 1992. Review of Cenozoic ooidal ironstones. *Sedimentary Geology,* Elsevier Science Publishers B.V., Amsterdam, vol 78, pp. 101 – 110.
[20] Miko, I., 1999. Dynamique sédimentaire des formations détritiques et ligniteuses du Continental terminal dans le bassin des Iullemmeden (Niger). Thèse de Doctorat, Université de Niamey / Université de Dijon, 324 p.
[21] Grandin, G., Thiry, M., 1983. Les grandes surfaces continentales tertiaires des régions chaudes. Succession des types d'altération, *Cahiers ORSTOM, Série Géologie,* XIII, 1, pp. 3 – 18.
[22] Tessier, F., 1959. Termitières fossiles dans la latérite de Dakar (Sénégal). Remarques sur les structures latéritiques. Annales de la Faculté des Sciences Université de Dakar, t4, pp. 91 – 132.
[23] Lang, J., Kogbe, C., Alidou, S., Alzouma, K., Dubois, D., Houesseou, A., Trichet, J., 1986. Le sidérolithique du Tertiaire Ouest-africain et le concept du Continental terminal. *Bulletin de la Société Géologique de France,* t II, n°4, pp. 605 – 622.
[24] Lemoalle, J., Dupont, B., 1972. Iron-bearing oolites and the present conditions of iron sedimentation in Lake Chad (Africa). Ill: «Ores in sediments». Spring Verlag, Berlin-New York, 178 p.