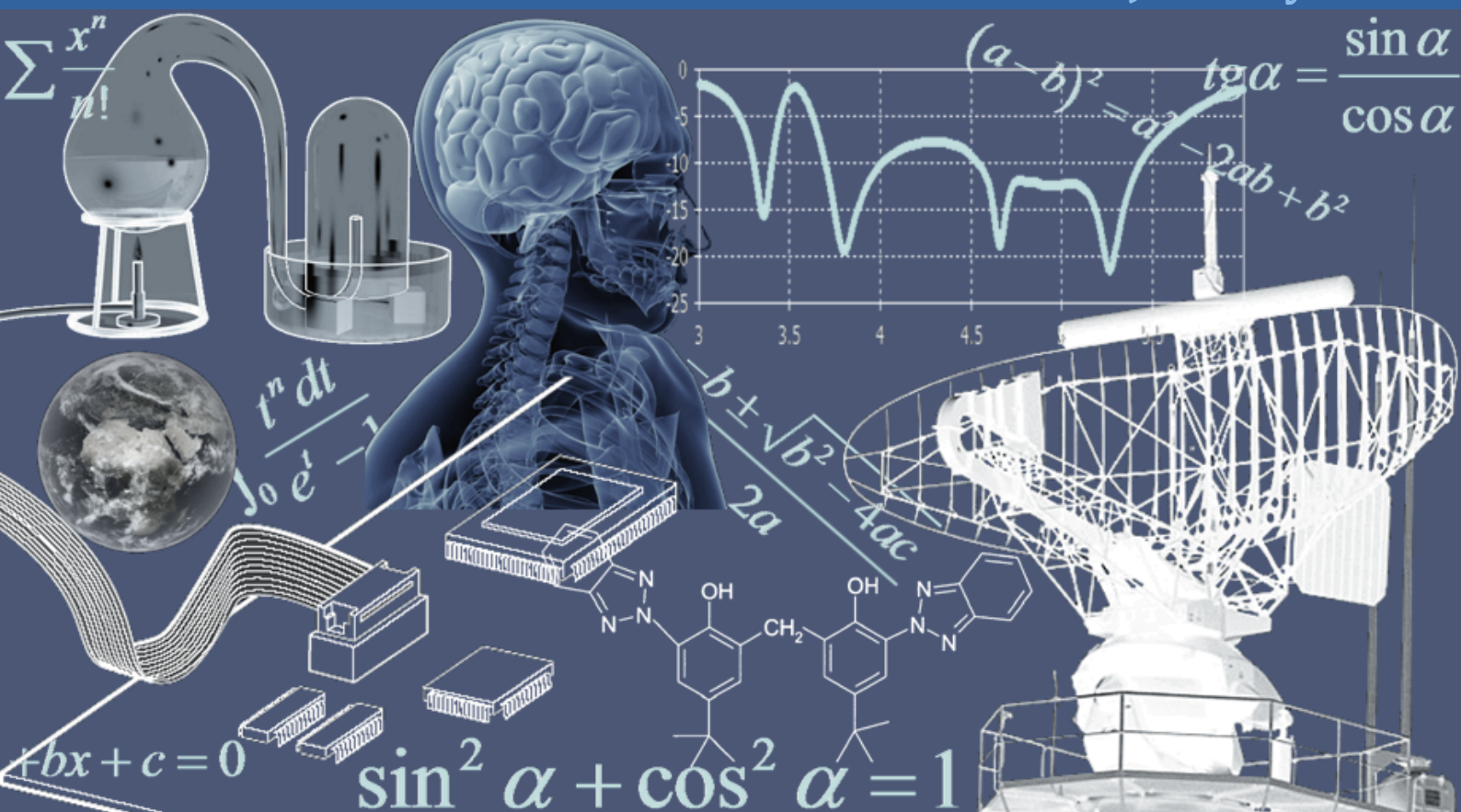


INTERNATIONAL JOURNAL OF INNOVATION AND APPLIED STUDIES

Vol. 47 N. 3 January 2026



International Peer Reviewed Monthly Journal



International Journal of Innovation and Applied Studies

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

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

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

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

Editorial Advisory Board

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

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

Table of Contents

Data Colonialism: A Historian's Perspective on the Struggle for Nigeria's Data Sovereignty <i><u>Opeyemi Anthony Iroju</u></i>	264-270
Evaluation des performances du parasitoïde <i>Diadegma insulare</i> (Cresson) sur les populations de la teigne du chou au laboratoire <i><u>Babacar Labou, Saidou Ba, Etienne Tendeng, El Hadji Sérigne Sylla, Mamadou Diatte, and Karamoko Diarra</u></i>	271-279
Evaluation de la conformité environnementale du plan de réhabilitation minière de « Nasega Ressources Sarl » à Yakassé-Attobrou (Côte d'Ivoire) <i><u>Kinanpara KONE, Zilé Alex Kouadio, Kouamé Edmond Yao, and Jean Renaud Allouko</u></i>	280-291
Libérer pour innover: Analyse d'un cas tunisien entre rigidité et quête de reconnaissance <i><u>Hanen CHERIF and Imen MZID BEN AMAR</u></i>	292-295
Evaluation of some anthropometric and cardiovascular variables in women working in the fields and sedentary women in Ziguinchor <i><u>Mountaga Diop, Ndiack Thiaw, and Ndarao Mbengue</u></i>	296-301
Phénologie des arbres du Centre National de Floristique de l'Université Félix Houphouët Boigny de Cocody, Abidjan, Côte d'Ivoire <i><u>Diomande Souleymane, GONE BI Zoro Bertin, Yao Bertin KOUAKOU, Konan Amenan Béatrice, BAKAYOKO Adama, and Traore-Ouattara Kadidia</u></i>	302-310
Rôle de la fidélisation des clients dans la pérennité des IMF de la ville de Parakou au Bénin <i><u>Vinablo Kodjo Dominique DAGBELOU, Souleimane Adeyemi Adekambi, and Jacob Afouda YABI</u></i>	311-320
Morphological variations of leaves and fruits of <i>Sclerocarya birrea</i> in two climatic zones of Niger <i><u>Idi Ounani Haoua, Boubacar Laouge Zakari, Dan Dano Na Inna Abdoul-Aziz, Sanda Liman Andraous, and Iro Dan Guimbo</u></i>	321-331
Intégration de sources de données hétérogènes dans un entrepôt de données dans un environnement minier <i><u>Edouard Ngoy MUSHAME, John Tshomba KALUMBU, Sage Ngoie MBAYO, and Luc LUMANJI MBUNGA</u></i>	332-352
Synthèse des principaux travaux de recherche sur la teigne des choux (<i>Plutella xylostella</i> L.) en Afrique de l'Ouest <i><u>Bargui A. Ramatou, Halilou Mamane Sani, and Moumouni Dan Mairo Adamou</u></i>	353-366
Réseau routier et ouvrages d'assainissement dans la commune de Parakou <i><u>Rotimv Alabi Oyétchola Agani, Montcho Rodrigue Sèdjrofidé, and Yvette Onibon-Doubogan</u></i>	367-379
Résilience des ménages face au déficit d'infrastructures hydrauliques à Parakou: Le rôle des postes d'eau autonomes <i><u>Soulémane AHODJIDE, Frédéric M. KOMBIENI, and Jean-Bosco K. VODOUNOU</u></i>	380-391

Data Colonialism: A Historian's Perspective on the Struggle for Nigeria's Data Sovereignty

Opeyemi Anthony Iroju

Department of History, Obafemi Awolowo University, Ile-Ife, Osun State, Nigeria

Copyright © 2026 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: Nigeria is a data intensive country because the socio-economic system of the nation relies on the use of large volumes of data generated across diverse sectors which include oil and gas, banking, health and education. These data are used for policy formulation, budgeting, security and resource allocation. Nevertheless, Nigeria has long been vulnerable to data colonisation since the advent of the British administrators who collected, controlled and exploited data in Nigeria for administrative control, imperial socio-economic interest and classification of Nigerians into various ethnic groups. The consequences of data colonisation in Nigeria during the British rule were quite extensive. These include the distortion of historical narratives, resource exploitation, inter-ethnic rivalry as well as difficulty in accessing the data collected by the British administrators. Unfortunately, data colonialism in Nigeria spanned through the digital era where data collected from Nigerians are controlled by foreign Information and Communication Technology (ICT) platforms with or without consent and fair compensation, thereby further threatening the data sovereignty of the nation. It is against this background that this study provides an in-depth study of data colonisation in Nigeria from the colonial period to the digital era. This is with the view to revealing the struggle of Nigeria in achieving data sovereignty.

KEYWORDS: colonial period, data colonialism, data sovereignty, digital era, Nigeria.

1 INTRODUCTION

The Berlin Conference of 1884-1885 was significant for the partition of Africa among European powers. Specifically, Britain secured political control and maximised economic gain in Nigeria through the exportation of raw materials such as tin, coal, rubber and gold. By 1914, the British administrators amalgamated the Lagos colony as well as the Northern and Southern Nigeria protectorates, fundamentally creating the boundaries of the present-day Nigeria. This event was a practice of domination which subjugated the kingdoms of the amalgamated protectorates [1]. The missions of the British colonialists in Nigeria include managing the resources of the country, missionary expansion and domination of trade routes along the Niger River and Atlantic coast. According to Falola and Heaton [2], the British administrators adopted the indirect rule which enabled traditional leaders and existing political institutions to rule the local people. The main duties of the traditional rulers were to collect taxes, maintain law and order, report census and tax records and encouraged the cultivation of crops demanded by the British. Hence, the traditional rulers served as intermediaries between the British administrators and the natives to ensure effective colonial administration. This mode of government enabled the traditional rulers to transmit data on agricultural outputs, natural resources, customary laws, population, land mass, taxation amongst others to the British colonial headquarters in Lagos and London through the District Officers. These data were considered to be exclusively owned by the British and thus were controlled by the British administrators who use them for several purposes such as policy formulation, resource extraction, public finance and taxation, recruitment and administration [3]. However, it was evident that the data collected by the British government in Nigeria was for exploitative purposes and to maintain dominion [4]. Undoubtedly, data became a powerful tool which the British administrators used to establish their governance in Nigeria as well as shape the country's political, economic and social landscape during the colonial period. This form of data collection, control and exploitative use of data is simply referred to as data colonisation.

According to Thatcher et al. [5], data colonisation is the privatisation, control and exploitative use of data generated by individuals, government, non-governmental organisations and corporations, usually without fair benefit or compensation to the individuals from whom the data were obtained. Nonetheless, it should be emphasised that data colonisation and colonialism are two distinct terms. While colonialism focuses on the exploitation of a nation's resources by a dominating country through military conquest, political domination and economic control, data colonisation is aimed at extracting, analysing, and utilising the data of a subordinating group

of individuals, communities and nations for the purpose of making profit with insignificant benefit to the data source [6]. Nevertheless, data colonialism reflects historical colonialism because it involves the dispossession of valuable and insightful data from the colonised by the power dynamics of the colonisers who possess significant power and control over the colonised.

The consequences of data colonialism in Nigeria during the British rule were far-reaching. These include the distortion of historical narratives, resource exploitation, inter-ethnic rivalry as well as difficulty in accessing the data collected by the British administrators as most of these data were stored in British museums and institutions. Unfortunately, data colonialism in Nigeria spanned through the digital era where data collected from Nigerians are controlled by privatised foreign Information and Communication Technology (ICT) platforms with or without consent and fair compensation of the citizens. For instance, the ubiquitous nature of social media platforms and foreign cloud services such as Google Cloud and Microsoft Azure facilitate the storage of local information in data centers in the Global North. This new form of data colonisation also referred to as digital colonialism in turn makes the nation vulnerable to decisions made by foreign countries. This no doubt threatens the data sovereignty of the nation as the decisions made by the foreign countries with the data may not align with the interest of the nation. Furthermore, with digital colonisation, citizens are prone to continuous monitoring and surveillance by foreign countries. This no doubt puts personal and national data at the risk of hackers, misuse of data, discriminatory practices such as advertisements and data manipulations. These facts are in line with the thoughts of Young [7] who argued that colonialism never ends but transforms. It is against this background that this study provides an in-depth study of data colonisation in Nigeria from the colonial period to the digital era and how this phenomenon is gradually being resisted. This is with the view to protecting data sovereignty in Nigeria as well as safeguarding citizen's privacy and right to protection of data.

2 THEORETICAL FRAMEWORK

This study is based on two theoretical frameworks which are postcolonial theory and theory of political economy of communication.

The postcolonial theory, also referred to as postcolonialism theory was first propounded by Edward Said, who is referred to as the foundational figure of the theory in 1978 [8]. Other prominent theorists who contributed to the theory of postcolonialism include Chinua Achebe, Frantz Fanon, Gayatri Chakravorty Spivak and Homi K. Bhabha. The theory of postcolonialism focuses on the historical, political, economic and social consequences of British colonialism and imperialism on the culture and power structures of the formerly colonised countries. The theory stresses that colonised countries usually retain the political and socio-economic structures of the colonial powers ultimately reducing their independence, marginalising their voices and reshaping their cultural identities. Nevertheless, the theory emphasises that there is an urgent need to decolonise the power structures of the Western nations in their attempts to continuously dominate the world. This theory is related to this research because it helps to understand that a new form of colonialism has emerged in the digital era in Nigeria which involves the claim of ownership and exploitative use of data collected via the social media and other digital platforms owned by foreign countries.

There is no singular author credited to the development of the theory of political economy of communication. However, several notable authors such as Harold Innis, Vincent Mosco, Karl Max and Marshall McLuhan have contributed immensely to the development of this theory. The theory focuses on the power interplay between the mass media, Information and Communication Technology (ICT) devices and the socio-economic structures in which they operate. The theory of political economy of communication emphasises the influence of political and economic factors on the production, distribution and consumption of data in mass media within the context of capitalist societies [9]. This theory also stresses that media ownership, commercialisation and regulatory environments determine the structural forces that shape the flow of information within a society. This theory is related to this study because it helps to understand that the dominance of foreign data infrastructures such as servers, social media platforms and the cloud in Nigeria is a form of digital imperialism which have marginalised technological access, voices, choices, cultural norms and control over data.

3 CONCEPTUAL FRAMEWORK

There is a need to clarify certain terms that are used in this study, which are data, colonialism, data colonialism and data sovereignty. In historical context, data can be viewed as the facts about past events, circumstances and phenomenon pertaining to a particular subject. Data can be in form of numbers, alphabets, pictures or images and videos which can ultimately be used for decision making. Sources of historical data can be classified as primary and secondary. Primary sources of data include the firsthand accounts of an event while secondary sources of data are derived from the interpretation, analysis and synthesis of data obtained from primary sources. Typical examples of primary sources of data include oral data, census, tax record, artifacts, archival materials, diaries, court proceedings, maps and letters while books and scholarly works by historians, journals and biographies are examples of historical sources of secondary data.

The term colonisation is a word that is derived from the Latin word "colere" which means to cultivate, till, or inhabit [10]. In simple terms, colonialism refers to a practice which involves the domination of a nation usually by a more powerful country which maintains full or partial control over the dominated nation. Colonisation is usually achieved through military conquest, treaties and settlement. However, the primary goal of colonisation is to facilitate the exploitation of agriculture and mineral resources in subjugated nations while the superior nation maintains political, socio-economic, and cultural domination over the colonised nation in pursuit of its interests.

Data colonialism refers to the continuous extraction, appropriation and exploitative use of data generated by individuals, government, non-governmental organisations and corporations, usually without fair benefit or compensation to the data source. Although the term data colonialism was not used during the period of colonialism in Nigeria, the colonial administration however focused on extracting, controlling and exploiting the data generated during this period to their own benefit. In recent times, the ubiquitous nature of social media and other digital platforms developed by corporations in the Global North have led to the exponential rise in this trend of data colonialism currently referred to as digital colonialism. In recent times, social media platforms extract metadata from their users across the globe with or without their explicit consent thereby facilitating cross-border data flows. This no doubt results in the publishing of users' data without their consent, sharing and transferring users' data without authorisation and preventing users to have control over their data. This form of digital colonialism has continued to weaken data sovereignty in Nigeria.

Data sovereignty on the other hand refers to the ability of a country to control, store, access and use the data it generates under the laws and regulations of the country. Hence, data sovereignty defines how data is managed within the borders of a country while protecting the privacy rights of its citizens.

4 HISTORICAL OVERVIEW OF DATA COLONISATION IN NIGERIA

The history of data colonialism in Nigeria can be traced to the late 19th century when the British administrators began the mapping of Nigeria for administrative and economic purposes. According to Collier [11], the colonised countries in Africa lacked mapping as at time they were colonised. Hence, the British administrators began with mapping project in the continent with the aim of generating geological data. The sources of the data for this exercise include collection of samples such as rocks and sediments for laboratory analysis, seismic surveys and gravity surveys as well as satellite imagery and aerial photographs. The primary objectives of this data collection were for the exploitation of mineral resources, revenue generation through taxation and for administrative purposes all at the expense of the indigenous population [12]. Although, these data were obtained in Nigeria, the geological data were ultimately owned by the British Crown, which represented the colonial government. Nevertheless, in recent times the Nigerian government is making frantic efforts to retrieve these data from the United Kingdom through agencies like the Nigeria Geological Survey Agency (NGSA) [13].

By 1866, the British colonial government conducted the first census in Nigeria within the Lagos colony and by 1911, the exercise covered the Southern and the Northern Protectorates [14]. The data obtained from the 1911 census was eight million, one hundred and fifteen thousand, nine hundred and eighty-one (8, 115, 981) for the Northern Protectorate, while the data for the Southern Protectorate and Lagos colony was given as seven million, nine thousand and four hundred (7,009, 400 million). Hence, the total population was put at 15,125,381 million [15]. After the amalgamation of the Southern and Northern Nigeria Protectorates in 1914 by Lord Lugard, the census ordinance was enacted in 1917 and this paved way for the conduct of the first nationwide census in 1921 under Sir Hugh Clifford who was the Governor-General of Nigeria. This activity was carried out in two phases which were the township census and the provincial census. While the township census was focused on counting residents of towns and cities, the provincial census was based on the entire country [16]. The census exercise was primarily used to collect data of the population which include their demographics, languages, educational qualifications, ages, ethnic origins, religion and social status. The method of data collection during this process included house-to-house enumeration, tax records and estimations from District Officers, especially in rural areas [17]. This data was primarily used by the British to classify Nigerians into various ethnic groups. The use of the census data to construct tribal identities in Nigeria significantly contributed to data colonialism because the census data in actual fact was used as a tool to understand, govern and categorise the people of Nigeria under the colonial rule. It is however interesting to note that each group was distinctly unique with its own historical background, culture, kingship institutions and religion before the British policy of divide and rule which exacerbated ethnic tensions and rivalry [18]. In addition, the British administrators used this data to effectively extract resources from different regions, determine tax obligations, recruit labour and allocate resources. This no doubt further reinforced colonial power structures and governance in Nigeria during this period. The 1931 as well as the 1953 censuses in Nigeria also contributed significantly to the legacy of data colonialism in Nigeria considering the fact that the data obtained from the exercises were manipulated by the British officials to serve imperial interest [19]. The data generated from these censuses were used to reinforce colonial power structures and influence economic and political decisions in ways that benefited the colonisers.

The colonial period in Nigeria also witnessed the extraction and exportation of raw materials and agricultural products to British industries which include United Africa Company (UAC), John Holt, Paterson and Zochonis (PZ) and Lever Brothers [20]. The British collected data which include market price and export volumes on raw materials from the Department of Agriculture established in the Northern and Southern Protectorates. Data on these products according to Shokpeka and Odigwe. [21] were also collected by the British administrators through surveys, agricultural reports and direct observation. The primary aim of the data collection process was to promote the cultivation of raw materials such as cotton, cocoa, groundnut and palm oil to serve the factories in Britain. The British administrators used this data as a tool for resource extraction for the British industries at the detriments of the local industrial development. Hence, the data on the quantity, quality and distribution of raw materials were used by the British administrators to justify the investments in infrastructural developments such as the construction of roads, ports and railways in areas that were rich in these resources while neglecting areas that were not involved in the production of these raw materials for exportation. The infrastructural development in the extraction zones were primarily to efficiently transport the raw materials to Britain. This no doubt led to the

underdevelopment of the marginalised areas. Nonetheless, the data collected on Nigeria's raw materials were owned and controlled by the colonial administrators, while the communities and the local farmers had no access and control over these data.

Before the advent of the British administrators, Nigeria like other African countries was known for the wide spread of endemic diseases such as sleeping sickness or human trypanosomiasis, a disease spread by the tsetse fly and the mosquito-borne infection malaria which took a significant toll on human lives [22]. Earliest treatment for these diseases during this period included the use of herbs, appeasement to gods, hygiene practices and spiritual healing. The incidence of epidemic diseases such as small pox, black water fever, Gonorrhea, leprosy and tuberculosis also escalated in the nineteenth century with the advent of the British administrators in Nigeria who disputed the traditional healthcare systems and replaced them with western styled healthcare system [23]. Consequently, the British officials elicited health related data from the populace which included the number of reported cases of the epidemic diseases, date rate and the locations of disease outbreak [23]. These data were collected through hospital and missionary health records, census and colonial medical services. Unfortunately, these data were not collected for the benefit of Nigerians, but to contain the epidemics so as to protect European explorers and colonial administrators from the diseases [23]. Furthermore, these data were sent to British institutions to develop western medicine in Nigeria, however, the rural areas were marginalised from the data collection process. This further widened the gap in modern medical interventions between the rural and urban communities where the Europeans resided. Hence, the data collected for public health diseases in Nigeria during this period was incomplete and not generally satisfactory as data available for indigenous national medical policies.

By 1960, Nigeria gained independence but still continued to suffer from data colonialism in the hands of its former colonial masters. For instance, international organisations such as the World Bank, United Nations (UN) and International Monetary Funds (IMF) collected several data of Nigeria such as economic and financial data, health and social data, agricultural data as well as data relating to infrastructural development. These data were collected through the ministries, national censuses, field work and health records. The major objectives of the data collection were for economic surveillance so as to shape the nation's economy in line with interest of the Europeans. Although the data collected helped Nigeria in development by providing access to financial aids and improving her educational and health programs, it however heightened disparities in education and healthcare services and also contributed to debt burdens in Nigeria through diverse economic policies such as structural adjustment programs and austerity which no doubt resulted in economic hardship in the nation [24]. This neocolonial data collection exercise further contributed to the legacy of data colonialism in Nigeria.

The evolution and ubiquitous mature of the social media and Information and Communication Technology (ICT) devices in the 21st century has continued to reinforce data colonialism in Nigeria. This form of data colonialism in recent times also referred to as digital colonialism is viewed by Coleman [25] as the modern-day scramble for Africa. Digital colonialism involves the capability of digital media to extract data from individuals and nations for the purpose of making profit, storing the data as raw materials for predictive analytics as well as regulating the behaviours of individuals with little benefit to the data source [26]. These data are usually extracted with or without the consent of individuals through Information and Communication Technology (ICT) devices usually developed and owned by multinational corporations such as Meta in the Global North. Typical examples of data extracted by individuals on social media platforms include name, date of birth, email addresses, shared messages, comments, and likes. Other forms of data extracted include phone brand, operating system, time zone, locations, Internet Protocol (IP) address and stored cookies. While the users technically own data on these platforms, these companies possess the right to reproduce, publish, distribute, and display the data in exchange for the services they provide. These data are primarily used by these companies for generating revenue through advertisements and content monetisation tools such as advertisements on reels. The extraction and use of users' information without their consents by these multinational companies re-echoes historical colonial patterns of data colonialism in Nigeria.

5 CONSEQUENCES OF DATA COLONISATION IN NIGERIA

The vast amount of data such as artifacts, tax records and census data collected by the British in Nigeria were kept in colonial archives, museums and British institutions, hence, the ownership and control of the data was mainly in the hands of the Europeans and this often results in a misrepresentation of the history of the Nigerian people. That is, the data obtained largely depended on the European biases about the people of Nigeria. As such, the historical data were largely subjected to European views with its effect on the writing of the history of the people of Nigeria from a historical point of view of the British. Figure 1 shows the artifact of Queen Mother Idia in Benin which was taken to the British Museum, London, United Kingdom by the British administrators.



Fig. 1. *The Artifact of Queen Mother Idia taken to the British Museum, London [27]*

Nevertheless, the access to these data were restricted to British officials, institutions and researchers. By and large, the colonial government in Nigeria restructured the data collected in Nigeria to serve colonial interests. For instance, the British reports labelled Benin Kingdom as barbaric and uncivilised to serve their colonial interests while downplaying the rich history and sophistication of the Kingdom [28]. In addition, the oral history of the Benin people which emphasises their sovereignty and cultural heritage was distorted in British reports because the British government was in charge of the collection, preservation and dissemination of data about the Benin. Nigerians had little or no access to these data even in the post-colonial era due to bureaucratic, legal, political challenges as well as ethical considerations. Thus, Nigeria faces the challenge to adequately protect, preserve, and promote her cultural heritage.

While the British government extracted data in Nigeria for resource exploitation in the colonial era, similar challenges are experienced with the use of digital technology hosted in the western world to extract large volumes of data in Nigeria. This is largely due to limited computing facilities and resources such as stable electricity supply, local data centers, nationwide high-speed broadband internet, cybersecurity infrastructure and skilled technical workforce. Obviously, the trend of distortion of historical narratives remarkably continued in this era of digital colonisation in Nigeria as Western based digital platforms are used for storing and sharing data on the history and culture of the people. The countries where these platforms are hosted have a great influence on the visibility of these data, thereby limiting the access to the data as well as a continuity in the distortions and misrepresentations of the data.

Since the beginning of the twenty first century, Nigeria historical reality has been that of data neo-colonialism considering the pervasive nature of digital devices and a high level of dependency on these devices particularly among young adults and teenagers. This act is usually driven by factors which include entertainment, information dissemination, business and political engagement. However, social media platforms leverage on the data collected by users to promote contents that reinforces Western cultural norms. This no doubt facilitates the dominance of Western ideologies, values, and lifestyles at the detriment of the Nigerian indigenous culture, which in turn strengthens Western cultural hegemony in Nigeria [28]. Furthermore, data stored on foreign digital platforms are vulnerable to surveillance by the host countries because these data falls under their legal jurisdictions. For instance, the United States Cloud Act of 2018 allows law enforcement agencies to access personal data stored across borders by US companies and servers. Hence, data privacy and sovereignty in Nigeria remains a challenge.

6 THE STRUGGLE FOR DATA SOVEREIGNTY IN NIGERIA

Data sovereignty is essential to combat data colonialism as well as enhance self-reliance in gathering historical data for the reconstruction of history in Nigeria. By so doing, there is absolute control and access to the data generated within the Nigeria borders. As pathway to data sovereignty, the Nigerian government has since engaged in frantic efforts to reclaim looted artifacts, as well as historical data including maps, photographs, anthropological records and linguistic data from British institutions and museums. This step asserts Nigeria's right to ownership and control of its cultural narratives, properties and heritage as well as independent reconstruction of history from the African perspective. In the contemporary sense, this step to data sovereignty is aimed at facilitating national development as well as the reconstruction of Nigerian history.

Another step that the Federal Government of Nigeria is taking to ensure data sovereignty is in the protection of digital data as well as other forms of data generated within the boundaries of the nation. The Constitution of the Federal Republic of Nigeria does not explicitly emphasise data protection or protection of digital data. However, Section 37 of the constitution guarantees the protection of the privacy of every citizen [29], [30]. Consequently, Freedom of Information Acts of 2011, Cybercrimes Act of 2015, Nigeria Data Protection Regulation (NDPR) of 2019, Nigeria Data Protection Act (NDPA) of 2023, and Nigeria Data Protection Commission (NDPC) of 2023 were enacted to protect the data generated within the boundaries of Nigeria. This grants the nation the absolute control over the use, control, storage and access to the generated data. However, lack of citizens awareness of their rights under the NDPR and NDPA frameworks, weak enforcement mechanisms due to limited financial and technical resources to implement these laws as well as complexities in cross border data transfer are some of the notable challenges facing the implementation of these laws in Nigeria. In addition, these laws do not address the risks and the complexity of emerging digital technologies such as Artificial Intelligence, Biometric Surveillance and Internet of Things (IoT). This ultimately leads to increased data breaches, cyber threats and data exploitation, which further heightens data colonialism in Nigeria.

Generally, most Nigerians are not aware of their data protection and privacy rights even though there exists numerous data protection and privacy laws and frameworks which guide against data collection without consent, data misuse and unauthorized sharing of data. Consequently, the Federal Government of Nigeria is making frantic efforts for the provision of adequate awareness campaign programmes on the importance of data protection and privacy rights for citizens.

7 CONCLUSION

The roots of data colonisation in Nigeria can be traced to the era of British colonial rule, which has gradually ascended to the present digital landscape. Hence, the historical mechanism of resource extraction through data exploitation deployed by British administrators have evolved into a new form of neocolonial dominance through the control of data generated in Nigeria by International data centers hosted in foreign countries. This reveals how data has been used as tools for socio-economic and cultural subjugation by foreign countries. This study therefore concludes that to achieve data sovereignty in Nigeria, the existing data protection and privacy laws must be strengthened and the government should not relent in its efforts in recovering looted artifacts and historical data kept in British institutions.

REFERENCES

- [1] J. Adalikwu-Obisike, «The Legacy of Imperialism in Nigeria», *European Scientific Journal*, vol.15, no.16, pp. 229-246, 2019.
- [2] T.O. Falola and M.M. Heaton, *A History of Nigeria*. Cambridge University Press, 2008.
- [3] Colonial Office Annual Report on Nigeria., *Colonial Office Annual Report on Nigeria for the year 1947*. His Majesty's Stationery Office, London, 1958.
- [4] O. Nwodin, and R.U. Adah, «Colonial Policies and Post-Independence Development in Nigeria», *International Journal of Social Science and Human Research*, vol.4, no.4, 795-802, 2021.
- [5] J. O. Thatcher, D. Sullivan, and D. Mahmoudi D. Data Colonialism through Accumulation by Dispossession: New Metaphors for Daily Data, *Environment and Planning*, vol. 34, no. 6, pp.990-1006, 2016.
- [6] N. Mejias, and U. Couldry. The Costs of Connection: How Data Is Colonizing Human Life and Appropriating it for Capitalism. Stanford University Press, 2019.
- [7] R.J.C Young, *Postcolonialism: An Historical Introduction*. New York: Blackwell Publishers, 2001.
- [8] E. Said, *Orientalism*, Pantheon Books, New York, 1998.
- [9] C. Bolano, G. Mastrini, and F. Sierra. *Political Economy, Communication and Knowledge: A Latin American Perspective*, New York: Hampton Press, 2012.
- [10] M. Rockman, and J. Steele, *The Colonization of Unfamiliar Landscapes*. Routledge, 2023.
- [11] P. Collier, The Colonial Survey Committee and the Mapping of Africa, In *Proceedings of the International Symposium of the ICA Working Group the History of Colonial Cartography in the 19th and 20th centuries*, Utrecht University, Utrecht, Netherlands, 2006.
- [12] N.O. Uluocha, The Cartographic Legacy of Colonial Administration in Nigeria, *Symposium on Shifting Boundaries: Cartography in the 19th and 20th centuries*, Portsmouth University, Portsmouth, United Kingdom, 10-12, 2008.
- [13] A. Rasaq, FG Retrieves Nigeria's Geological Data from UK To Cater for 12.2m Steel Needs, *Business Day*, <https://businessday.ng/uncategorized/article/fg-retrieves-nigerias-geological-data-from-uk-to-cater-for-12-2m-steel-needs/>, 2019.
- [14] National Population Commission, History of Population Census in Nigeria, <https://nationalpopulation.gov.ng/census-enumeration>, 2023.
- [15] Okoroafor, A.E. Political Factors in Census Taking in Nigeria, In O.O. Arowolo, and O. Daramola (Eds), *Philosophy Of Population Census in Nigeria*. Lagos: National Population Commission, 1982.
- [16] Colonial Office Annual Reports on Nigeria, Report for 1921, His Majesty's Stationery Office, London, 1922.

- [17] van den Bersselaar, D., « Establishing the Facts: P. A. Talbot and the 1921 census of Nigeria», *History in Africa*, vol. 31, pp. 69-102, 2024.
- [18] E.T. Onyambayi, J.S. Ujah, I.S. Atabo, and A. Yunusa, A, «Colonial Administrative Policies and Modern Nigerian Governance: Journey So Far on the Political and Economic Structure of Nigeria. *African Scientific Research and Innovation Council Journal on Social Sciences and Humanities*, vol. 5, no. 2, pp.192-204, 2024.
- [19] E.N. Ota and U. Ndubuisi, «Fudging the Numbers: Understanding the Politics and Dynamics of Population Census Figures in Nigeria», *Kashere Journal of Politics and International Relations*, vol. 3, no. 2, pp. 453-464, 2025.
- [20] G. Ajayi, Internal Politics of Decolonization and the Emergence of Neo-Colonialism in Post-Independence Nigeria, In: G Ajayi (Eds.), *Critical Perspectives on Nigeria's Socio-Political Development in the 20th Century*. Lagos: Stebak Books, pp.21-28, 1999.
- [21] S.A. Shokpeka, and O. Nwaokocha, «British Colonial Economic Policy in Nigeria, the Example of Benin Province 1914-1954», *Journal of Human Ecology*, pp. 28, 57-66, 2009.
- [22] S. Doyle, Health in African History: The History of African Development, The African Economic History Network (AEHN), 2022.
- [23] G.E. Odok, «Coloniality of the Medical History of Infectious Diseases in Rural Nigeria», *London Journal of Research in Humanities and Social Sciences*, vol. 23, no. 22, pp 81-89, 2023.
- [24] J. Harold, *The Debt Crises*, Oxford University Press, pp. 347-408, 1996.
- [25] D. Coleman, «Digital Colonialism: The 21st Century Scramble for Africa through the Extraction and Control of User Data and the Limitations of Data Protection Laws», *Michigan Journal of Race and Law*, pp. 417, 2019.
- [26] K.B. Oji, and E.E. Nzeaka. «Digital Colonialism on Digital Natives in Nigeria: A WhatsApp Usage Perspective», *New Media and Mass Communication*, no. 86, pp. 35-49, 2019.
- [27] C.C. Oji, I.J., Ogbu, H.U., Obieluem, and A.J. Ololdi, «Journey of No Return: The Impact of Looted Heritage on Nigeria's Cultural Legacy», *Nsukka Journal of the Humanities*, vol. 33, no. 1, pp. 87-98, 2025.
- [28] O.G. Iroju O.G. and O.A. Iroju O.A., Understanding Social Media and Western Cultural Hegemony: A Study of Cultural Shift in Contemporary Nigeria, in: T.Rotimi (EdS.). *Meanings in Online Communication*, IGI Global Scientific Publishing, Pennsylvania. 353-374, 2025.
- [29] R. Akindele«Data protection in Nigeria: Addressing the multifarious challenges of a deficient legal system,» *Journal of International Technology and Information Management*, vol. 26, no.4, pp. 110-125.
- [30] Constitution of the Federal Republic of Nigeria (1999). Laws of the federal republic of Nigeria. Abuja: Federal government printer.

Evaluation des performances du parasitoïde *Diadegma insulare* (Cresson) sur les populations de la teigne du chou au laboratoire

[Evaluation of the performance of the parasitoid *Diadegma insulare* (Cresson) on cabbage moth populations in the laboratory]

Babacar Labou¹, Saidou Ba¹, Etienne Tendeng^{1,2}, El Hadji Sérigne Sylla¹, Mamadou Diatte¹, and Karamoko Diarra¹

¹UCAD, Faculté des Sciences et Techniques, Laboratoire Production et Protection Intégrées en Agroécosystèmes - L2PIA, Université Cheikh Anta Diop, B.P 5005, Dakar, Senegal

²ISRA, Institut Senegalais de Recherches Agricoles, Centre de Recherches Agricoles de Djibélor, Laboratoire d'Entomologie, B.P 34, Ziguinchor, Senegal

Copyright © 2026 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: Recently introduced in Senegal, the parasitoid *Diadegma insulare* (Cresson) quickly acclimatized to the point of occupying the niche of the parasitic procession of the pest *Plutella xylostella* (L.). This study aims to evaluate the performance of the parasitoid *D. insulare* as a biological control agent for the diamondback moth. The work was carried out in the laboratory at a temperature of 25°C and a relative humidity of 60%. Ten females of the parasitoid, after 24 hours of mating upon emergence, were each placed in contact with 100 host caterpillars. The latter were removed from the cages 24 hours later and monitored until emergence, at which point the number of parasitized caterpillars was determined. This experiment was repeated throughout the female's life. The aggressiveness of the females, the parasitism rate, and the influence of the larval stage on parasitism were evaluated. The results showed high aggression in females, which varied significantly with age (93% and 32%). The average parasitism rate was approximately 70%. In 15 days of oviposition, a female *D. insulare* is capable of parasitizing 809/1500 available caterpillars. Females remain active throughout their lives and their life expectancy was negatively correlated with the parasitism rate. They parasitized more L2 stage caterpillars, but their cycle duration was longer (15.9 days). The sex ratio shows a dominance of males. The parasitoid *D. insulare* is a good biological control agent and can be a good alternative in integrated pest management.

KEYWORDS: Brassicaceae, *Plutella xylostella*, parasitism, aggressiveness, larval stage, sex ratio, life cycle.

RESUME: Récemment introduit au Sénégal, le parasitoïde *Diadegma insulare* (Cresson) s'est vite acclimaté au point d'occuper la niche du cortège parasitaire du ravageur *Plutella xylostella* (L.). Cette étude vise à évaluer les performances du parasitoïde *D. insulare*, comme agent de lutte biologique de la teigne du chou. Les travaux ont été réalisés au laboratoire à une température de 25°C et une humidité relative de 60%. Dix femelles du parasitoïde, après 24h d'accouplement dès leur émergence, étaient mises en contact chacune, avec cent chenilles hôtes. Ces dernières, retirées des cages 24h après, sont suivies jusqu'à leur émergence et le nombre de chenilles parasitées est déterminé. Cette expérience est répétée durant toute la vie de la femelle. L'agressivité des femelles, le taux de parasitisme, et l'influence du stade larvaire sur le parasitisme sont évalués. Les résultats ont montré une forte agressivité des femelles qui varie significativement en fonction de l'âge (93% et 32%). Le taux de parasitisme moyen était d'environ 70%. En 15 jours d'oviposition, une femelle de *D. insulare* est capable de parasiter 809/1500 chenilles disponibles. Les femelles restent actives toute leur vie et leur espérance de vie était négativement corrélée au taux de parasitisme. Elles parasitaient plus les chenilles de stade L2, mais la durée de leur cycle y était plus longue (15,9 jours). Le « sex-ratio » montre une dominance des mâles. Le parasitoïde *D. insulare* est un bon agent de lutte biologique et peut représenter une bonne alternative dans la gestion intégrée des ravageurs.

MOTS-CLEFS: Brassicacées, *Plutella xylostella*, parasitisme, agressivité, stade larvaire, sex-ratio, cycle biologique.

1 INTRODUCTION

Au Sénégal, la culture du chou représente une véritable activité lucrative pour les populations et joue un rôle primordial sur la sécurité alimentaire. Cette culture très prisée par les consommateurs, a été facilement adoptée par les producteurs qui souvent s'y retrouvent financièrement. Le chou fait partie des légumes les plus consommés par sa polyvalence à se retrouver dans différents menus et sa présence permanente durant toute l'année avec un cycle de culture relativement court [1].

La teigne du chou, *Plutella xylostella* (L.), Lepidoptera; Plutellidae, est le principal ravageur des cultures de Brassicaceae, notamment le chou dans le monde. Très difficile à contrôler, il a été le premier insecte à développer une résistance aux biopesticides tel que le *Bacillus thuringiensis*, et a montré une résistance à presque tous les insecticides. Il est très envahissant et fait partie des insectes les plus répandus dans le monde par ses performances de migrations. C'est un insecte qui coûte 4 à 5 milliards de dollars par an à l'économie mondiale et son impact environnemental reste inconnu. Au Sénégal, l'ampleur de ces dégâts sur certaines parcelles a entraîné des séries d'abandons de culture par les producteurs.

En 2014, un parasitoïde hyménoptère, *Diadegma insulare* (Cresson); Ichneumonidae, a été enregistré pour la première fois sur les chenilles de la teigne au Sénégal [2]. Ce parasitoïde larvaire est originaire de la zone néotropicale et attaque les chenilles de *P. xylostella* [3], [4], [5]. En Amérique du Nord, *D. insulare* est le principal ennemi naturel de la teigne, avec une efficacité de recherche des chenilles hôtes et qui peut contrôler de manière substantielle les populations de la teigne ([6], [7]).

Récemment introduit en zone tropicale, aucune donnée biologique n'est connue sur ce parasitoïde dans son nouveau milieu. Depuis son introduction, il a réussi à s'imposer dans nos écosystèmes avec une efficacité étonnante sur le contrôle des populations de la teigne. Il a même réussi à concurrencer les autres espèces de parasitoïdes dominantes, tel que *Oomyzus sokolowskii* (Kurdjumov) et *Apanteles litae* (Nixon), du cortège parasitaire de la teigne au Sénégal. Le succès de son établissement pousse à penser qu'il peut représenter une arme très efficace dans la lutte biologique contre le ravageur *P. xylostella*. Comment a-t-il réussi cette prouesse écologique ? Avec quelle arme s'est fait son acclimatation rarissime ? Pour essayer de répondre à ces différentes questions, nous avons décidé de poursuivre ce sujet au laboratoire. Il était question de tester ses limites biologiques afin de mesurer jusqu'où peut aller ses performances parasitaires.

Cette étude a pour objectifs d'évaluer les performances biologiques du nouveau parasitoïde *D. insulare*, dans une perspective de mise en place d'une stratégie de lutte intégrée appropriée. Il s'agit (i) d'évaluer l'agressivité des femelles sur les chenilles hôtes, (ii) de déterminer leur taux de parasitisme au cours de leur vie, (iii) et d'évaluer l'influence du stade larvaire de l'hôte sur l'efficacité du parasitisme.

2 MATERIEL ET METHODES

2.1 ELEVAGE DU PARASITOÏDE ET DE SON HÔTE AU LABORATOIRE

L'espèce *D. insulare* est un endo parasitoïde larvaire koinobionte solitaire. Dès que la femelle repère une chenille à parasiter, elle s'en approche, la saisit et insère son ovipositeur dans le corps de la chenille hôte pour y pondre (fig. 1).

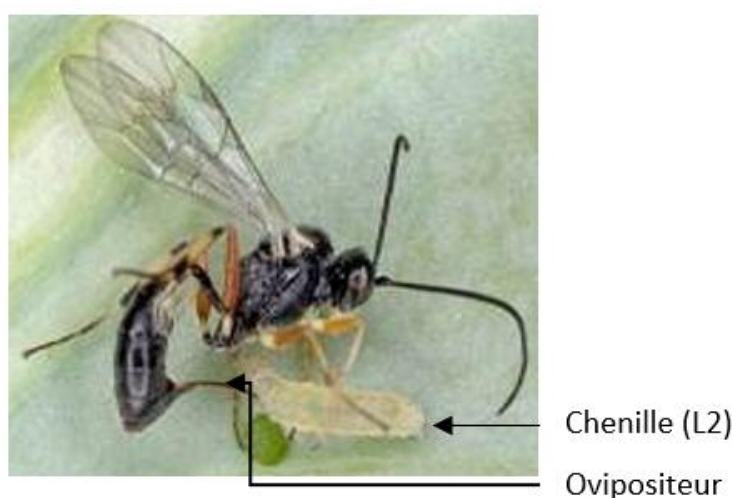


Fig. 1. Femelle de *D. insulare* en oviposition sur une chenille (L2) de *P. xylostella*

Pour réaliser cette étude en laboratoire, nous avons ramené une souche (chenilles) du ravageur *P. xylostella* de la principale zone de production horticole du pays (Niayes). Au laboratoire, il est nécessaire d'avoir une production importante et régulière de choux pour nourrir les populations de chenilles hôtes issues du terrain. Les chenilles parasitées par la femelle du parasitoïde *D. insulare* ont été identifiées après émergence. La population du parasitoïde est mise en élevage avec les chenilles hôtes dans une cage avec un plant pour la nourriture des hôtes. Cette technique a permis de maintenir les populations de parasitoïdes afin de réaliser des essais spécifiques en laboratoire. Les conditions climatiques du laboratoire sont les suivantes: Température: 25°C; HR: 60%; Photopériodisme 12h de lumière/12h de nuit.

2.2 METHODOLOGIE

PROTOCOLE EXPERIMENTAL SUR LA PERFORMANCE DU PARASITOÏDE *D. INSULARE* AU LABORATOIRE

Dès l'émergence, les femelles utilisées pour l'essai sont isolées avec des mâles pendant 24h pour l'accouplement et sont nourries dans les cages d'élevage avec du miel. Le lendemain, 100 chenilles hôtes (tous stades confondus) sont déposées sur un plant de chou afin de simuler l'expérience de terrain pour les femelles du parasitoïde. Le plant infesté par 100 chenilles est ensuite placé dans une cage conçue avec un moustiquaire avec une femelle du parasitoïde pendant 24h. Dix femelles ont subi la même expérience durant toute la durée de leur vie et ont servi de répétitions pour l'étude. Après chaque 24h, les chenilles retirées sont nourries jusqu'à l'éclosion d'un cocon (chenille parasitée) ou d'une nymphe (chenille non parasitée).

Le pourcentage de parasitisme est calculé (**% Parasitisme = nombre de chenilles parasitées/nombre chenilles totales x 100**) pour chaque femelle par chaque 24h jusqu'à sa mort. Les cocons non émergés sont comptabilisés comme chenilles parasitées et les nymphes non émergées comme non parasitées. Les chenilles mortes sont comptabilisées comme non parasitées quand bien même nous savons qu'elles peuvent mourir après plusieurs piqûres des femelles du parasitoïde.

TEST D'AGRESSIVITE DES FEMELLES DE *D. INSULARE* SUR LES CHENILLES DU RAVAGEUR

Le nombre de chenilles parasitées par chaque femelle du parasitoïde durant les premières 24h a été calculé pour toutes les 10 femelles afin de déterminer leur agressivité au moment du premier contact avec les chenilles hôtes. Pour évaluer la durée de cette agressivité, cinq (5) femelles qui ont vécu au minimum une semaine de vie ont été choisies. Le nombre de chenilles parasitées par chacune de ces femelles par 24h durant une semaine nous a permis de calculer la variabilité de l'agressivité des femelles vis-à-vis des chenilles hôtes sur la durée.

CAPACITE DE PONTE DES FEMELLES DE *D. INSULARE* SUR LES CHENILLES HOTES

La capacité de ponte ou de parasitisme des femelles du parasitoïde a été déterminée en évaluant d'abord le nombre de chenilles qu'une femelle était capable de parasiter pour une durée de vie de 15 jours. Pour déterminer le parasitisme total de cinq femelles pendant une semaine, nous avons cumulé le nombre total de chenilles parasitées par les cinq femelles par 24h pendant une semaine. L'analyse de ces données nous permis de déterminer la variabilité de la performance en fonction de l'âge des femelles. La performance de toutes les femelles a été également évaluée en fonction de leur âge ainsi que son impact sur l'espérance de vie des femelles.

INFLUENCE DES STADES LARVAIRES DE LA TEIGNE SUR L'EFFICACITE DES FEMELLES DE *D. INSULARE*

Un nombre de cent (100) chenilles de la teigne *P. xylostella* de stade L2 sont isolées sur un plant de chou dans une cage avec une femelle du parasitoïde fraîchement accouplée durant 24h. Cette expérience est réalisée avec les autres stades (L3 et L4). Pour chaque stade, cinq femelles ont été utilisées durant toute la durée de leur vie pour servir de répétitions à cette expérimentation. Les chenilles récupérées sont nourries en isolement jusqu'à l'éclosion du cocon (chenille parasitée) ou d'une nymphe (chenille non parasitée). A l'issue de l'expérience le nombre de chenilles parasitées par chaque femelle pour chaque stade est calculé afin de déterminer le stade le plus parasité. Ensuite la durée (en jours) du cycle de développement du parasitoïde (œufs + larves + nymphes) est calculé en fonction des stades larvaires ainsi que le sex-ratio pour chaque génération de la progéniture de la femelle.

ANALYSES STATISTIQUES

Les données obtenues ont été analysées avec le logiciel XLSTAT 2016.02.27444. Les statistiques descriptives nous ont permis d'évaluer le poids des tests réalisés après un contrôle de la normalité et de l'homogénéité des données obtenues. Les comparaisons K proportion avec successivement la méthode « Monte Carlo » pour les simulations et la procédure de « Marascuilo » nous ont permis de déterminer, par des comparaisons deux à deux du χ^2 la différence d'agressivité de parasitisme des femelles de *D. insulare* en fonction de l'âge. En comparant le taux de parasitisme cumulé des femelles par 24h, nous avons pu évaluer la dynamique du taux de parasitisme cumulé en fonction de l'âge. Pour évaluer l'influence du stade larvaire sur l'efficacité du parasitisme, des tests d'« ANOVA » (Loi normale)

sur le nombre de chenilles parasitées en fonction des stades sont effectués de même que pour déterminer le sex-ratio. Le model (r) de Pearson est utilisé pour tester les corrélations entre le taux de parasitisme et l'espérance de vie des femelles.

3 RESULTATS

3.1 EVALUATION DE L'AGRESSIVITE DES FEMELLES DE D. INSULARE SUR LES CHENILLES HOTES

AGRESSIVITE DE DIX (10) FEMELLES AUX PREMIERES 24H APRES ACCOUPLEMENT

L'évaluation du nombre de chenilles parasitées par chacune des 10 femelles du parasitoïde D. insulare montre qu'elle peut parasiter en moyenne 70 chenilles hôtes en 24h sur les 100 disponibles (Fig. 2). Ce nombre varie fortement en fonction des femelles avec un nombre maximal de 93 chenilles contre un minimum de 32 sur les 100 disponibles. Les femelles présentent une différence d'agressivité de parasitisme hautement significative au premier contact avec les chenilles hôtes ($\text{Khi}^2 = 84,99$; DDL= 9; $P < 0,0001$) (Tableau 1).

Tableau 1. Nombre de chenilles parasitées (/100 chenilles hôtes de tous les stades L2, L3 et L4) par femelle (F=10) de D. insulare durant les premières 24 heures

Femelles (10)	Chenilles-Px		Parasitées
	Totales	Non-parasitées	
1	100	8	92a
2	100	15	85a
3	100	9	91a
4	100	7	93a
5	100	36	64ab
6	100	10	90a
7	100	68	32b
8	100	41	59ab
9	100	66	34b
10	100	48	52ab
Moyenne	100	30,8	69,2% (m32/M93)

Bars with the same letter are not significantly different by the Turkey test ($P < 0.05$).

Px=Plutella xylostella

AGRESSIVITE DE CINQ (5) FEMELLES PENDANT UNE SEMAINE DE VIE

L'agressivité des femelles parasitoïdes évaluée durant une semaine montre une différence significative entre les femelles âgées de 24h et d'une semaine ($\text{Khi}^2 = 24,11$; DDL= 4; $P < 0,0001$). De 48h à six jours, toutes les cinq femelles ne présentent aucune différence d'agressivité. Néanmoins, le nombre de chenilles parasités reste très élevé. En effet, l'agressivité des femelles qui étaient faible au début augmente au fur et à mesure qu'elles deviennent matures. Au septième jour, l'agressivité s'affaiblit pour certaines femelles en fonction de l'âge (Tableau 2).

Tableau 2. Nombre de chenilles parasitées (/100 chenilles hôtes de tous les stades L2, L3, L4) par femelle (F) de D. insulare par 24 heures durant 7jours

Age		24h	48h	72h	4-jrs	5-jrs	6-jrs	7-jrs	Total
Femelles (5)	F3	91a	78a	80a	86a	76a	62a	82ab	555a
	F4	93a	77a	66a	70a	76a	77a	68ab	527a
	F5	64a	51a	59a	65a	71a	40a	85a	435b
	F7	32b	43a	60a	63a	84a	61a	75ab	418b
	F8	59ab	47a	70a	88a	92a	73a	59b	488ab
Khi ²		24,11	9,15	1,14	4,52	10,73	11,05	14,66	35,23
P-value		<0,0001	<0,057	<0,887	<0,340	<0,030	<0,026	<0,005	<0,0001

Bars with the same letter are not significantly different by the Turkey test ($P < 0.05$).

h=heure; jrs=jours

3.2 CAPACITE DE PONTE OU TAUX DE PARASITISME DES FEMELLES DE *D. INSULARE*.

CAPACITE DE PONTE D'UNE FEMELLE (F7) DURANT TOUTE SA VIE (15 JOURS)

La capacité de ponte des femelles du parasitoïde *D. insulare* a été d'abord évaluée sur la femelle (F7) qui a vécu 15 jours de longévité en oviposition (+1jr d'accouplement) (Fig.2).

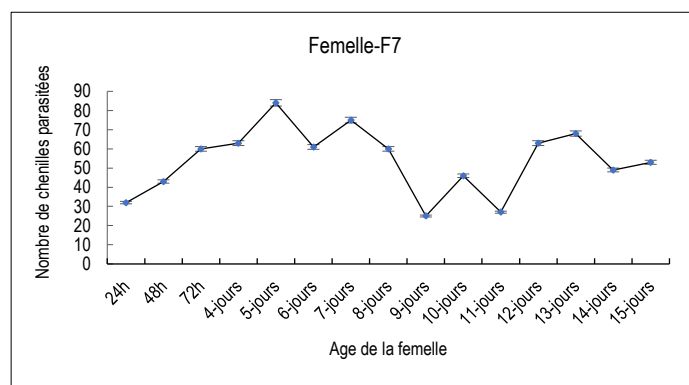


Fig. 2. Pourcentage de parasitisme (/100 par 24h) par la femelle (F7) de *D. insulare* au cours de sa durée de vie (15jours)

La femelle (F7) montre que les femelles de l'espèce *D. insulare* sont en activité de parasitisme durant tout le long de leur vie. Elle n'a pas connu de journée de diapause depuis son émergence jusqu'à sa mort. Pour le taux de parasitisme, elle est capable de parasiter 809/1500 chenilles, sur une durée de 15 jours de vie, soit un pourcentage de 53,9%. Avec un taux de parasitisme faible aux 1ers jours (32%), la femelle ne cesse d'augmenter le nombre de chenilles parasitées par jour pour atteindre un pic de 84 individus parasités au 5ième jour. Comme le montre les femelles au niveau de leur agressivité, son taux de parasitisme chute encore après une semaine d'activité pour revenir presque à la valeur initiale de départ (25% au 9ième jour). Après cette chute, elle augmente encore une fois ses performances de parasitisme (68% au 13ième jour) pour garder un taux de parasitisme sensiblement égale à la moyenne (53%) le jour de sa mort.

TAUX DE PARASITISME CUMULE DE (CINQ) FEMELLES DE *D. INSULARE* PAR (24H) DURANT UNE SEMAINE

Pour les cinq (5) femelles âgées de 7 jours d'oviposition ou plus, leur taux de parasitisme cumulé par 24h est évalué durant une semaine (7jours) (Fig. 3).

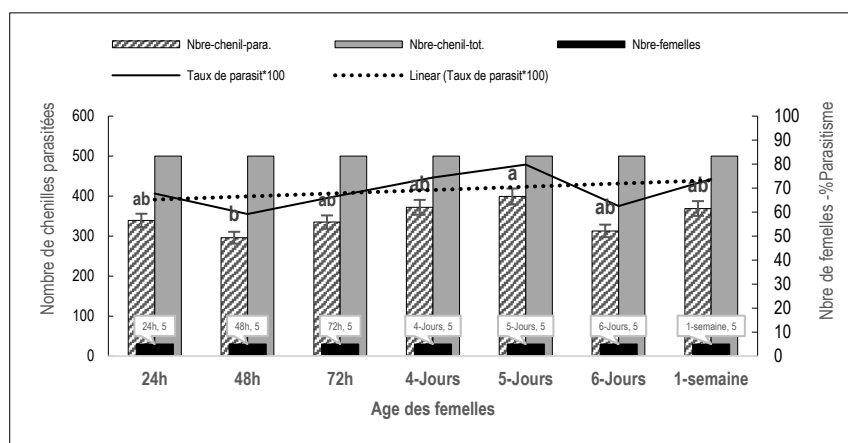


Fig. 3. Pourcentage de parasitisme (/500 par 24h) par cinq (5) femelles de *D. insulare* durant une (1) semaine (7jours) Nbre=nombre, chenil=chenille, tot= total, para= parasitée; « Bars with the same letter are not significantly different by the Turkey test ($P < 0.05$) »

Un nombre moyen de 346/500 chenilles est parasité par les cinq femelles par 24h, soit un pourcentage de parasitisme de 69,2%. Ce taux est très variable entre le 2ième et le 5ième jour, avec une différence très significative ($Khi^2 = 26,19$; DDL= 6; $P < 0,001$). En effet, elle varie respectivement de 296 à 399 chenilles parasitées par jour (Fig. 2). Le taux de parasitisme cumulé montre qu'ensemble les femelles sont plus efficaces au 5ième jour. En plus, prises individuellement, aucune femelle ne présente un taux de parasitisme en deçà de 71% au 5ième jour. Ce dernier représente l'âge du pic de parasitisme des femelles de l'espèce.

TAUX DE PARASITISME CUMULE DE DIX FEMELLES PAR (24H) SUIVANT LEUR LONGEVITE

La longévité des femelles est très variable. Sauf d'effets de laboratoire de notre part, la durée de vie des femelles est comprise entre 2 et 15 jours (+1jour d'accouplement), soit 6,8 jours en moyenne. Nous avons voulu, respecter toutes les éventualités qui peuvent arriver dans la nature de façon à exploiter tous les résultats probables à obtenir. En effet, le taux de parasitisme de chaque femelle est calculé quel que soit sa longévité. Le pourcentage de parasitisme des dix femelles en fonction de leur longévité est compris entre 45,7 et 81,5% au laboratoire (Tableau 3).

Tableau 3. Pourcentage de parasitisme des dix (10) femelles durant leur durée de vie

Femelles	Durée de vie des femelles (+1j)	Chenilles hôtes		Parasitisme (%)
		Disponibles	Parasitées	
1	2	200	153	76.5
2	2	200	163	81.5
3	7	700	555	79.3
4	7	700	527	75.3
5	7	700	435	62.1
6	2	200	147	73.5
7	15	1 500	809	53.9
8	7	700	488	69.7
9	3	300	137	45.7
10	6	600	389	64.8
Moyenne	6,8	580	380,3	68,4

Cette variation du parasitisme des femelles est liée à la précocité de leur agressivité et à leur âge. Autrement dit, il semble avoir un lien entre la performance de parasitisme des femelles et leur longévité. En effet, il existe une corrélation négative entre le nombre d'œufs pondus (taux de parasitisme) et la durée de vie de la femelle ($r = -0,127$; $P < 0,0001$). Le pourcentage de parasitisme le plus élevé, 81,5%, provient d'une femelle (F2) ayant vécu 2 jours en oviposition (+1j) et le plus faible 53,9%, d'une femelle (F7) ayant vécu 15 jours (+1j), alors qu'au 2^{ème} jour de parasitisme son pourcentage était de 37,5%. Les femelles qui pondent beaucoup trop d'œufs dès les 1ers jours ne vivent pas longtemps. (Fig. 4)

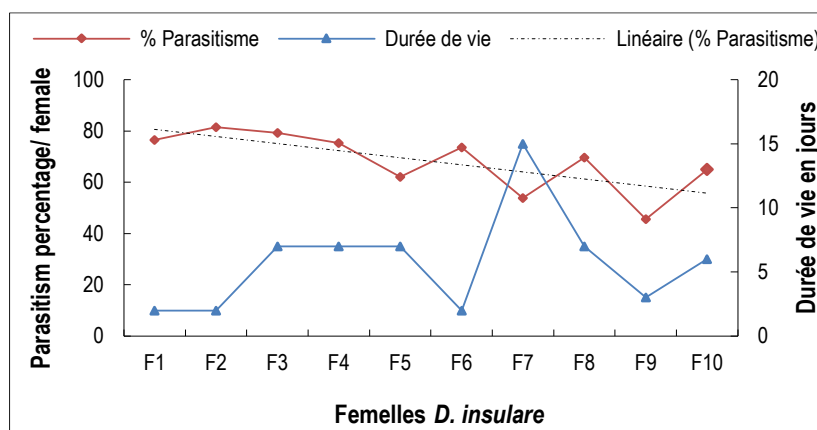


Fig. 4. Corrélation négative entre le pourcentage de parasitisme et la durée de vie de la femelle

3.3 INFLUENCE DU STADE LARVAIRE DE L'HOTE SUR L'EFFICACITE DES FEMELLES DU PARASITOÏDE D. INSULARE

Le stade larvaire influe significativement sur le taux de parasitisme des femelles. Ces dernières parasitent plus le stade L2, comparé aux deux autres stades L3 et L4 ($F = 15,155$; $ddl = 2$; $P < 0,0001$). Le stade L2 est plus parasité avec 64,6%, suivi du stade L3 avec 52% et enfin le stade L4 avec 48,2%. Cependant les stades L3 et L4 ne sont pas significativement différents vis-à-vis des femelles pour la ponte ($P < 0,223$) (Tableau 4).

Tableau 4. Influence du stade larvaire (L2, L3, L4) sur le pourcentage de parasitisme, la durée du cycle de développement et du sex-ratio du parasitoïde *D. insulare*

Stade larvaire	%Parasitisme	Durée-cycle-biologique en jours			Nombre de générations par an	Sex-ratio en %	
		Ponte à cocon	Cocon à émergence	Cycle-développement		Femelles	Mâles
L2	64,6a	7,0	8,6	15,9	22,9	27,5	72,5
L3	52b	4,4	8,6	13,0	28	43,4	56,6
L4	48,2b	2,4	9,8	12,2	29,9	44,0	56,0

%= percentage; Bars with the same letter are not significantly different by the Turkey test ($P < 0.05$).

La durée du cycle de développement de l'espèce *D. insulare* dépend du stade larvaire parasité. Elle est de 15,9 jours en moyenne lorsque les chenilles sont parasitées au stade L2, de 13 jours au stade L3 et de 12,2 jours au stade L4. La durée du « stade larvaire » du parasitoïde diminue avec la maturité des chenilles hôtes. Par contre, la durée du cocon à l'émergence augmente avec la maturité des chenilles parasitées. La durée du cycle de développement du parasitoïde est plus courte avec les chenilles parasitées au stade L4. Par conséquent, il y a plus de générations du parasitoïde avec le même stade L4, suivi du stade L3 et enfin le stade L2. Le sex-ratio est dominé par les mâles quel que soit le stade larvaire parasité. Cependant, il est plus important avec le stade L2.

4 DISCUSSION

L'espèce *D. insulare*, n'a été enregistrée au Sénégal qu'en 2014 [2] et n'a jamais été répertoriée sur le continent africain avant. Elle a rarement été signalée dans les zones tropicales, à l'exception des îles comme la Réunion, Cuba, la Jamaïque, Hawaï, où la température est plus fraîche et dans les Hautes Terres de certains pays d'Amérique du Sud comme le Venezuela et la Colombie [5]. Le parasitoïde *D. insulare* est un endoparasitoïde solitaire qui parasite les chenilles du ravageur *P. xylostella* (L.). Cependant, cette espèce peut s'attaquer aux chenilles de *Photorimaea operculata* (Zeller), Lepidoptera: Gelechiidae, ravageur de la pomme de terre [8]. Présent au Sénégal, ce ravageur peut être un hôte de substitution en cas d'absence momentanée de *P. xylostella*. Parasitoïde solitaire (une chenille hôte ne supporte qu'une larve du parasitoïde), son nombre de générations par an correspond au moins au nombre de générations de son hôte. En général, les femelles adultes de *Diadegma* parasitent les chenilles de diverses espèces de lépidoptères [9].

Dans cette étude au laboratoire, les tests d'agressivité des femelles sont très révélateurs sur l'efficacité du parasitoïde dans le contrôle des chenilles de la teigne du chou sur le terrain. En effet, une femelle est capable de parasiter 93/100 chenilles disponibles aux 1ères 24h. Cette agressivité varie aux 1er et 7ième jours. Elle reste homogène dans cet intervalle pour atteindre son pic au 5ième jour. Toutes les femelles testées connaissent une forte efficacité au 5ième jour soit un minimum de 71 chenilles parasitées sur 100 disponibles. Ces résultats sont proches de ceux de la référence [10], où ils atteignent 70%.

En observation sur le terrain, les femelles semblent être plus agressives dans la recherche de chenilles hôtes en comparaison avec leur comportement au laboratoire. Néanmoins, les femelles de *D. insulare* montrent une patience étonnante pour les chenilles hôtes en suspension sur leur fil de soie. En effet, pour échapper aux femelles parasites, la chenille hôte secrète un filament de soie et s'y suspend à l'approche du parasitoïde. Cette technique reste très efficace pour les chenilles du ravageur car l'attaque de la femelle entraîne leur chute à tous les deux annulant le succès de la tentative. En revanche, la longue attente de la femelle du parasitoïde au côté de la chenille hôte en suspension finie le plus souvent par une saisie quand celle-ci remonte à nouveau. Parfois, il peut descendre le long du fil jusqu'à la chenille suspendue et tenter de la parasiter [6]. La variabilité de l'agressivité observée dans cette étude est liée plus ou moins à ce phénomène. Cette attente parfois très longue (temps record de 5mn) diminue le nombre de chenilles à parasiter en 24h, d'où les faibles taux observés parfois pour quelques femelles. La proximité des femelles parasites avec leur hôte peut leur être défavorable car contrairement à ce qu'on peut penser, cette étroite proximité alerte les chenilles hôtes qui se suspendent immédiatement à leur filament de soie à la moindre vibration des feuilles de chou dans la cage. D'ailleurs certaines femelles peuvent être parfois piégées par ces mêmes filaments de soie freinant ainsi leur dynamique d'efficacité.

Au cours de sa vie à une température de 25°C, une femelle peut parasiter jusqu'à 809 chenilles hôtes du ravageur *P. xylostella*. Ce nombre est le même que celui obtenu par la référence [11] avec 814 œufs. Nos résultats sont conformes à l'étude de la référence [12]. Le pourcentage de parasitisme est inversement proportionnel à la durée de vie des femelles de *D. insulare*. Environ 80% des chenilles de la teigne sont parasitées par les femelles ayant 2 jours (+1j d'accouplement) de vie et seulement 54% par celles qui ont 15 jours (+1j) de vie. On peut émettre l'hypothèse que *D. insulare* est une espèce proovogène, c'est-à-dire que les femelles ont la totalité de leurs œufs à la naissance et peuvent pondre immédiatement ou dans un court laps de temps [13]. Cette capacité autorise une régulation des pics de développement du ravageur. Cette hypothèse doit être confirmée en laboratoire par des dissections de femelles nouvellement émergées. Cependant le nombre de chenilles de la teigne qu'une femelle de *D. insulare* est capable de parasiter varie en fonction de la source de nourriture. Les adultes ont besoin d'une source de nectar continue pour leur survie et leur longévité et ils préfèrent les habitats avec des sources de nourriture abondantes; de tels habitats semblent augmenter la fécondité et la longévité de *D. insulare* [14], [15]. La

survie, le parasitisme et le temps de développement de *D. insulare* varient considérablement entre les génotypes de plantes utilisés par son hôte *P. xylostella* ([16]. Ses performances augmentent lorsque les chenilles hôtes se nourrissent de plantes riches en azote ([17]. Par exemple, les populations de *D. insulare* sur le terrain sont souvent regroupées, avec des distributions en corrélation avec leurs populations d'hôtes herbivores et les plantes hôtes ayant une teneur élevée en soufre ([18], [19], [7]. Ce phénomène est confirmé par le pourcentage de parasitisme de *D. insulare* qui est plus élevé et son temps de développement plus court sur les brassicacées cultivées que sur les espèces sauvages [12]. Il apparaît donc clairement que la plante hôte joue un rôle important dans l'écologie et la biologie de *D. insulare*. Les résultats obtenus sur la durée de vie des femelles montrent une importante variabilité de 2 à 15 jours (+1j d'accouplement) avec une moyenne de 6,8 jours. Ce chiffre est proche de ceux obtenus par la référence [10] qui est de 6,7 jours. Cette faible différence s'expliquerait par l'origine de la source d'alimentation des femelles dont dépend leur longévité [17]. Lors de nos essais en laboratoire, les femelles ont été nourries avec du miel. Selon la référence [20], la durée de vie des adultes parasitoïdes dépend aussi de la température. A une température de 25°C, les mâles meurent plus que les femelles, même si à basse température, les mâles et les femelles ont la même durée de vie [10].

Le parasitisme est plus élevé chez les chenilles L2. Elles constituent des proies faciles pour les femelles de *D. insulare*. Leur taille plus courte permet aux femelles parasitoïdes de mieux les surmonter pour pondre avec succès. Nos résultats montrent que la durée du cycle de développement de *D. insulare* dépend des stades larvaires. Le stade L2 donne une descendance dont la durée du cycle biologique est de 15,9 jours contre 13 jours lorsque les chenilles de l'hôte sont parasitées au stade L3 et de 12,2 jours au stade L4. *D. insulare* est un parasitoïde koinobionte. Ses stades immatures progressent dans les chenilles de l'hôte qui poursuivent leur développement jusqu'à l'émergence de la larve parasitoïde. Ce phénomène permet d'expliquer la différence de durée du cycle biologique des parasitoïdes lorsque les stades larvaires parasités sont différents. Dans notre étude, le nombre théorique de générations de *D. insulare* par an varie de 22,9 à 29,9 jours respectivement pour les stades L2 et L4, le stade L3 enregistre 28 générations par an.

5 CONCLUSION

Ces résultats montrent que *D. insulare* peut constituer une réelle alternative à l'utilisation de pesticides dans la culture de brassicacées. En plus, les produits chimiques ont un impact plus important sur les populations de parasitoïdes que sur les populations de ravageurs. La pro ovogénie de *D. insulare* est favorable pour contrôler les populations de ravageurs. Actuellement, lors de nos prospections dans les parcelles de choux, nous observons de moins en moins de dégâts dus aux chenilles de la teigne et de plus en plus d'adultes du parasitoïde *D. insulare*, qui semble pulluler dans les cultures de choux (Gorom 1&2 et Mboro) et dans les cultures de navets (lac rose) [21]. Aujourd'hui dans les Niayes du Sénégal, la dynamique des saisons liée aux changements climatiques a permis un réel établissement des populations de *D. insulare* autour de la région de Dakar. L'établissement de cette nouvelle espèce dans nos agroécosystèmes est à l'origine des réelles perspectives de contrôle de la teigne du chou. Les prospections sur les cultures de choux à Gorom et à lac rose (localité de capture régulière), se poursuivront ainsi que les travaux sur la dynamique des populations et l'élevage afin de comprendre son cycle biologique sur plusieurs années. De plus, des prospections dans des zones plus éloignées de Dakar seront réalisées pour vérifier l'établissement et la dissémination de *D. insulare* au Sénégal.

REMERCIEMENTS

Nous remercions le Dr. Dominique Bordat, entomologiste, pour son aide dans la relecture de ce manuscrit. Pascal Rousse pour l'identification de l'espèce *D. insulare*, Gérard Delvare, pour la confirmation de l'identification des insectes étudiés dans cet article. Merci aux étudiants du Master GeDAH qui ont participé, lors de leur stage de fin d'études, à la collecte de la plupart des spécimens de ce travail.

REFERENCES

- [1] B. Labou, D. Bordat, A. Niang and K. Diarra, «First Record of the Larval Parasitoid *Diadegma insulare* (Cresson) (Hymenoptera: Ichneumonidae: Campopleginae) from Senegal», *African Entomology*, vol. 24, pp. 533–535, 2016.
- [2] B. Labou, D. Bordat, T. Brévault and K. Diarra, «Importance de la »Teigne du chou« dans les Niayes au Sénégal: interrelations avec la température et les cultivars utilisés», *International Journal and Biological Chemical Sciences*, vol. 10, pp. 706–721, 2016.
- [3] A. A. Azidah, M. G. Fitton and D. L. J. Quicke, «Identification of the *Diadegma* species (Hymenoptera: Ichneumonidae, Campopleginae) attacking the diamondback moth, *Plutella xylostella* (Lepidoptera: Plutellidae)», *Bulletin of Entomology Research*, vol. 90, pp. 375–389, 2000.
- [4] B. Wagener, A. Reineke, B. Löhr and C. P. W. Zebitz, «A PCR-based approach to distinguish important *Diadegma* species (Hymenoptera: Ichneumonidae) associated with diamondback moth, *Plutella xylostella* (Lepidoptera: Plutellidae)», *Bulletin of Entomology Research*, vol. 94, pp. 465–471, 2004.
- [5] P. Rousse and C. Villemant, «Ichneumons in Reunion Island: a catalogue of the local Ichneumonidae (Hymenoptera) species, including 15 new taxa and a key to species», *Zootaxa*, vol. 3278, 1–57, 2012.

- [6] R. M. Sarfraz, A. B. Keddie and L. M. Dosdall, «Biological control of the diamondback moth, *Plutella xylostella*: A review,» *Biocontrol Sciences and Technology*, vol. 15, no. 8, pp. 703-789, 2005.
- [7] L. M. Dosdall, J. J. Soroka and O. Olfert, «The diamondbackmoth in canola and mustard: Current pest status and future prospects,» *Prairie Soils and Crops Journal*, vol. 4, pp. 66-76, 2011.
- [8] A. B. Idris and E. J. Grafius, «Evidence of *Diadegma insulare* (Cresson), a parasitoid of diamondback moth, *Plutella xylostella* (L.), present in various habitats,» *Pakistan Journal Biological Sciences*, vol. 1, pp. 742-743, 2001.
- [9] B. Wagener, A. Reineke, B. Löhr and C. P. W. Zebitz, «Phylogenetic study of *Diadegma* species (Hymenoptera: Ichneumonidae) inferred from analysis of mitochondrial and nuclear DNA sequences,» *Biological Control*, vol. 37, pp. 131-140, 2006.
- [10] R. G. Monnerat, A. A. Kirk and D. Bordat, «Biology of *Diadegma mollipla* (Hölmgren), Hymenoptera: Ichneumonidae, a parasitoid of *Plutella xylostella* (L.) (Lepidoptera: Yponomeutidae), from Reunion Island,» *Neotropical Entomological*, vol. 31, pp. 271-274, 2002.
- [11] S. Munir, L. Dosdall and J. O'Donovan, «Evolutionary Ecology of Diamondback Moth, *Plutella xylostella* (L.) and *Diadegma insulare* (Cresson) in North America,» *Annual Research & Review in Biology*, vol. 5, no. 3, pp. 189-206, 2015.
- [12] R. M. Sarfraz, A. B. Keddie and L. M. Dosdall, «Biological control of the diamondback moth, *Plutella xylostella*. A review. *Biocontrol Sciences and Technology*, vol. 15, pp. 763-789, 2007.
- [13] G. Sow, L. Arvanitakis, S. Niassy, K. Diarra and D. Bordat, «Life history traits of *Oomyzus sokolowskii* (Kurdjumov), Hymenoptera: Eulophidae, a parasitoid of the diamondback moth,» *African Entomology*, vol. 21, no 2, pp. 231-238, 2013.
- [14] A. B. Idris and E.J. Grafius, «Alternate Host of *Diadegma insulare* (Hymenoptera: Ichneumonidae), a Parasitoid of Diamondback Moth (Lepidoptera: Plutellidae): A Preliminary Search,» *Pakistan Journal of Biological Sciences*, vol. 4, no. 10, pp. 1235-1239, 2001.
- [15] J. C. Lee and G. E. Heimpel, «Floral resources impact longevity and oviposition rate of a parasitoid in the field,» *Journal of Animal Ecology*, vol. 77, pp. 565-572, 2008.
- [16] R. M Sarfraz, L. M. Dosdall and A. B. Keddie, «Host plant genotype of the herbivore *Plutella xylostella* (Lepidoptera: Plutellidae) affects the performance of its parasitoid *Diadegma insulare* (Hymenoptera: Ichneumonidae),» *Biological Control*, vol. 44, pp. 42-51, 2008.
- [17] R. M. Sarfraz and A. B. Keddie, «Host plant nutritional quality affects the performance of the parasitoid *Diadegma insulare*.» *Biological control*, vol. 51, no. 1, pp. 34-41, 2009.
- [18] B. J. Ulmer, L. M. Dosdall and G. A. P. Gibson, «Spatio-temporal distribution patterns of the diamondback moth and its principal parasitoid *Diadegma insulare*, in canola crops and the occurrence of hyperparasitism,» *Brassica*, vol. 6, pp. 63-69, 2004.
- [19] R. M. Sarfraz, L. M. Dosdall and A. B. Keddie, «Performance of the specialist herbivore *Plutella xylostella* (Lepidoptera: Plutellidae) on Brassicaceae and non-Brassicaceae species,» *Canadien Entomologist*, vol. 142, pp. 24-35, 2010.
- [20] M. H Bahar, J. J. Soroka and L. M. Dosdall, - Constant versus fluctuating temperatures in the interactions between *Plutella xylostella* (Lepidoptera: Plutellidae) and its larval parasitoid *Diadegma insulare* (Hymenoptera: Ichneumonidae). *Environmental Entomology*, vol. 41, pp. 1653-1661, 2012.
- [21] B. Labou, E. Tendeng, M. Diatte, E. S. Sylla and K. Diarra, «The cabbage »Borer« *Hellula undalis* (F.) (Lepidoptera, Pyralidae); a bio-indicator of climate change and sensitive cultivars in the »Niayes« in Senegal» *International Journal and Biological Chemical Sciences*, vol. 18, no. 5, pp. 1768-1780, 2024.

Evaluation de la conformité environnementale du plan de réhabilitation minière de « Nasega Ressources Sarl » à Yakassé-Attobrou (Côte d'Ivoire)

[Assessment of environmental compliance of the mining rehabilitation plan of « Nasega Ressources Sarl » in Yakassé-Attobrou (Côte d'Ivoire)]

Kinanpara Kone^{1,2}, Zilé Alex Kouadio¹, Kouamé Edmond Yao¹, and Jean Renaud Allouko²

¹Laboratoire des Sciences et Technologies de l'Environnement, Unité de Formation et de Recherche de l'Environnement, Université Jean Lorougnon Guédé, BP 150 Daloa, Côte d'Ivoire

²Laboratoire de Biodiversité et d'Ecologie Tropicale, Unité de Formation et de Recherche de l'Environnement, Université Jean Lorougnon Guédé, BP 150 Daloa, Côte d'Ivoire

Copyright © 2026 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 is part of a critical assessment of the conformity of the environmental rehabilitation plan applied in the context of a semi-industrial gold mining operation. The study aims to assess the relevance and effectiveness of the actions implemented with regard to the Ivorian mining code of 2014, interministerial decree n° 0026/MINEDD/MMG/2019 as well as international standards. The methodology adopted combines field observation, local survey, semi-structured interviews, regulatory analyses and GIS processing. The analysis is structured around three axes: the initial state of the site, the impacts of mining activities and the technical quality of the rehabilitation measures. The results reveal that only 32% of pits are properly backfilled, with signs of erosion, partial revegetation of the soil, and poorly recycled waste. Deficits in environmental monitoring and the low involvement of authorities constitute major limitations. This work proposes technical and institutional recommendations for better post-exploitation ecological governance. It is part of a dynamic of continuous, practical and rigorous strengthening of the regulatory, normative, operational, scientific, environmental, socio-economic and cultural framework of contemporary, inclusive and truly sustainable semi-industrial gold mining in Côte d'Ivoire.

KEYWORDS: environmental rehabilitation, semi-industrial exploitation, regulatory compliance, mining station management, Côte d'Ivoire.

RESUME: La présente étude s'inscrit dans une démarche d'évaluation critique de la conformité du plan de réhabilitation environnementale appliquée dans le cadre d'une exploitation semi-industrielle d'or. L'étude vise à apprécier la pertinence et l'efficacité des actions mises en œuvre au regard du code minier ivoirien de 2014, de l'arrêté interministériel n° 0026/MINEDD/MMG/2019 ainsi que des normes internationales. La méthodologie adoptée associe observation de terrain, enquête locale, entretiens semi-directifs, analyses réglementaires et traitements SIG. L'analyse s'articule autour de trois axes que sont l'état initial du site, les impacts des activités minières et la qualité technique des mesures de réhabilitation. Les résultats révèlent que seules 32% des fosses sont convenablement remblayées, avec des signes d'érosion, une végétalisation partielle des sols, des déchets mal recyclés. Les déficits de suivi environnemental et la faible implication des autorités constituent des limites majeures. Ce travail propose des recommandations techniques et institutionnelles en vue d'une meilleure gouvernance écologique post-exploitation. Il s'inscrit dans une dynamique de renforcement continu, pratique et rigoureux du cadre réglementaire, normatif, opérationnel, scientifique, environnemental, socio-économique et culturel des exploitations aurifères semi-industrielles en Côte d'Ivoire contemporaines, inclusives et véritablement durables.

MOTS-CLEFS: réhabilitation environnementale, exploitation semi-industrielle, conformité réglementaire, gestion poste minière, Côte d'Ivoire.

1 INTRODUCTION

L'exploitation minière constitue une activité économique majeure dans de nombreuses régions du monde, notamment en Afrique subsaharienne, où les gisements minéraux exploitables abondantes offrent des opportunités significatives de développement. En Côte d'Ivoire, l'or représente une ressource stratégique, tant pour la diversification des revenus d'exportation que pour le dynamisme des économies locales. Au cours de la dernière décennie, l'essor de l'exploitation semi-industrielle et artisanale a contribué à renforcer cette dynamique. Toutefois, ces formes d'exploitation, souvent peu encadrées, sont à l'origine de multiples dégradations environnementales et tensions sociales. Le département de Yakassé-Attobrou, situé dans le sud-est du pays, est particulièrement concerné par cette problématique en raison de la présence de gisements aurifères exploités par des sociétés comme NASEGA RESSOURCES SARL. Cette entreprise opère dans un cadre semi-industriel, avec des moyens techniques intermédiaires entre l'artisanat et l'industrie lourde. Si cette activité constitue une source d'emplois et de revenus pour certaines communautés locales, elle pose également des défis importants en matière de gestion de l'environnement et de restauration des zones dégradées. En effet, selon [1] et [2], l'exploitation minière à petite échelle contribue à la déforestation, à la dégradation des sols et à la pollution des ressources en eau, notamment à travers l'utilisation non contrôlée de substances toxiques comme le mercure ou le cyanure. [3] confirment que l'activité minière constitue aujourd'hui l'un des principaux moteurs de perte de biodiversité dans les zones tropicales. Ces faits requièrent à la mise en œuvre de stratégies rigoureuses de réhabilitation écologique pour restaurer les fonctions des écosystèmes après la fermeture des sites. La réhabilitation des sites miniers est une étape essentielle dans le cycle de vie d'une exploitation minière responsable. Elle vise non seulement à restaurer l'intégrité écologique des zones affectées, mais également à prévenir les risques de contamination durable et à permettre la réutilisation productive des terres. Toutefois, en Côte d'Ivoire, la mise en œuvre de plans de réhabilitation reste souvent limitée, en raison d'un cadre réglementaire en constante évolution, de moyens techniques limités et d'un manque de suivi systématique [4]. De nombreuses études ont montré les effets néfastes de l'exploitation aurifère à petite échelle, notamment en Afrique de l'Ouest [5]. Pourtant, peu de travaux se sont consacrés à la conception de plans de réhabilitation adaptés aux spécificités socio-environnementales locales en Côte d'Ivoire, et encore moins dans la région de Yakassé-Attobrou. Cette étude entend combler cette lacune en développant un cadre méthodologique pour évaluer les impacts, examiner les normes en vigueur, et proposer des mesures concrètes et contextualisées. L'objectif général de cette étude est d'évaluer la conformité environnementale du plan de réhabilitation mis en œuvre par la société NASEGA RESSOURCE SARL dans le cadre de son exploitation semi-industrielle d'or opérant dans le département de Yakassé-Attobrou.

2 MATÉRIEL ET MÉTHODES

2.1 PRÉSENTATION DE LA ZONE D'ÉTUDE

La zone d'exploitation Nasega, détenu par KASSA GOLD S.A, est située dans le département de Yakassé-Attobrou, région de La Mé, au sud-est de la Côte d'Ivoire. Le périmètre d'exploitation s'étend sur une superficie de 25 kilomètres carrés et est délimité par les coordonnées géographiques approximatives suivantes: 6°00' - 6°05' de latitude Nord et 3°45' - 3°50' de longitude Ouest selon la Direction Générale des Mines et de la Géologie. La zone est accessible par la route nationale A1 reliant Abidjan à Abengourou, puis par une route départementale de 35 kilomètres menant à Yakassé-Attobrou. Un réseau de pistes secondaires dessert les différents sites d'exploitation à l'intérieur du périmètre, rendant l'accès parfois difficile pendant la saison des pluies [6] (figure 1).

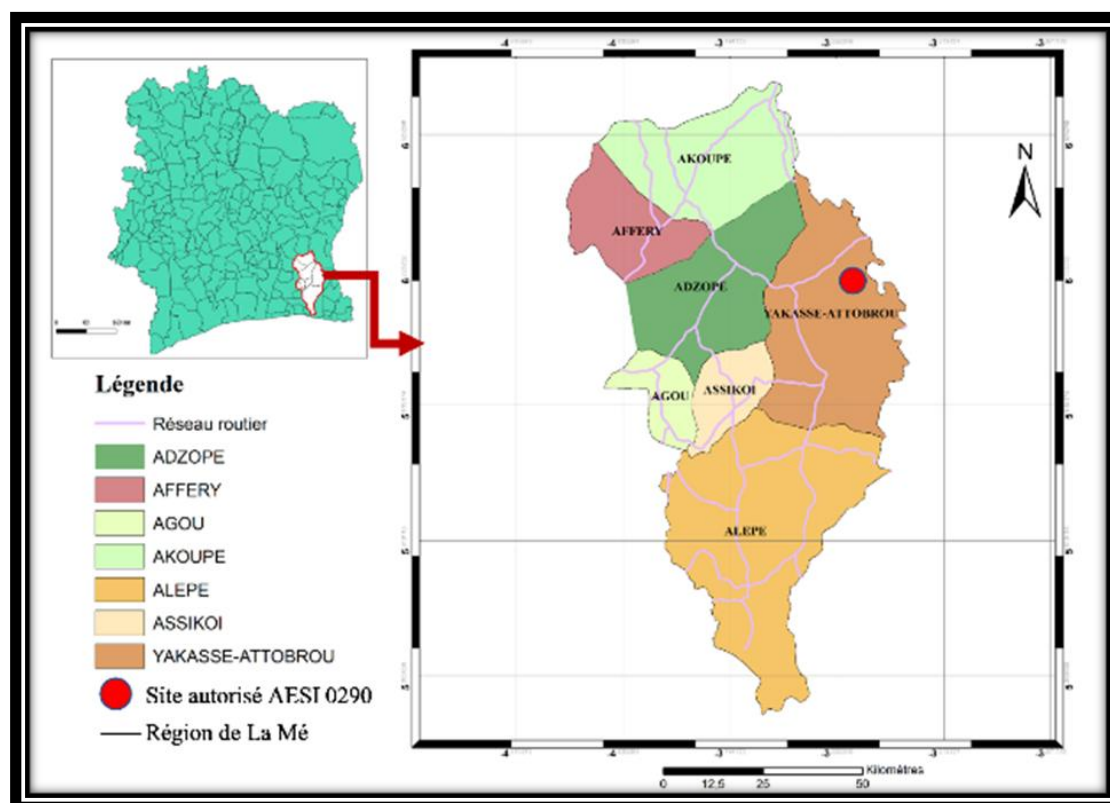


Fig. 1. Localisation de la zone d'étude

2.2 MÉTHODOLOGIE

La méthodologie appliquée repose sur une combinaison de démarches qualitatives et quantitatives rigoureusement planifiées et exécutées sur une période de douze (12) semaines, du 20 mars au 12 juin 2025. L'étude s'est déroulée par des visites de terrain pour la collecte des données et une phase d'analyse des données collectées.

2.2.1 OBSERVATION DIRECTE ET RELEVÉS GÉORÉFÉRENCÉS

Cette méthode a consisté en des observations visuelles systématiques et des relevés spatiaux afin d'identifier et de localiser les impacts environnementaux causés par l'exploitation semi-industrielle de l'or.

- Visites de terrain

Des visites régulières ont été effectuées sur les principaux sites d'exploitation : zones d'extraction, aires de stockage, zones de traitement et milieux aquatiques environnants. L'objectif était de recenser et de décrire les dégradations observées (déforestation, érosion, pollution de l'eau, etc.).

- Collecte des données

Les constats étaient consignés dans un carnet de terrain et sur des fiches d'observation normalisées comportant la description de l'impact, l'intensité estimée, les facteurs explicatifs et des photographies illustratives.

- Relevés GPS

Chaque observation était géoréférencée à l'aide d'un GPS portable (ex. Garmin eTrex). Les coordonnées ont permis de localiser précisément les zones impactées et de préparer les cartes thématiques.

2.2.2 ANALYSE DOCUMENTAIRE RÉGLEMENTAIRE

Cette méthode visait à apprécier la conformité des activités d'exploitation aux exigences réglementaires et normatives en vigueur. Les différentes étapes de cette analyse ont été les suivantes:

- Collecte et consultation des textes réglementaires et guides de référence, notamment le Code Minier de Côte d'Ivoire, le Guide de l'ande (Agence Nationale de l'Environnement) relatif aux études d'impact environnemental et à la réhabilitation des sites miniers.
- Extraction des exigences spécifiques applicables à la réhabilitation et à la protection de l'environnement (par exemple: remise en état des sols, protection des eaux, gestion des déchets, restauration de la végétation).
- Élaboration d'une grille de conformité structurée en plusieurs domaines d'impact tels que la gestion des sols, des eaux, des déchets, la préservation de la biodiversité, sécurité et santé au travail.
- Scoring par domaine d'impact. Pour chaque exigence, un système de notation a été appliqué selon une échelle (par exemple: 0 = non conforme, 1 = partiellement conforme, 2 = conforme) permettant d'évaluer le niveau de respect des obligations réglementaires.
- Analyse des écarts et recommandations. Les scores obtenus ont été analysés pour identifier les principaux manquements et formuler des actions correctives ou préventives en vue d'améliorer la conformité environnementale.

2.2.3 ENQUÊTE QUESTIONNAIRE STRUCTURÉ

C'est une approche quantitative qui a permis de recueillir des données objectives sur la perception et les attentes des populations riveraines vis-à-vis de l'exploitation et des actions de réhabilitations envisagés. La collecte des données s'est déroulée de mars à mai 2025. Un échantillon raisonné de 600 personnes a été constitué parmi les résidents majeurs de six localités situées à proximité immédiate du site. La sélection a pris en compte l'âge, le sexe et la localisation géographique afin de garantir une représentativité adéquate. Un questionnaire structuré, comportant des échelles de Likert, des questions fermées et dichotomiques, a été administré en face-à-face à l'aide de tablettes numériques et du logiciel Kobo-Collect, garantissant la fiabilité et la sécurité des données saisies. Les données ont été vérifiées par un double contrôle (comparaison automatique et relecture manuelle), puis exportées sous Excel et SPSS pour des traitements statistiques descriptifs (fréquences, moyennes, écarts-types), permettant de dégager les grandes tendances perceptives.

2.2.4 ENTRETIENS SEMI-DIRECTIFS ET FOCUS GROUPS

Cette démarche qualitative avait pour objet de mieux cerner les représentations, les préoccupations et les attentes des parties prenantes. Des entretiens individuels ont été réalisés avec des leaders communautaires, des représentants d'associations locales, des exploitants et des autorités administratives. Six focus groups ont également été organisés, réunissant chacun 8 à 12 participants, dont des femmes et des jeunes, afin de diversifier les points de vue. Les guides d'entretien ont été préalablement testés et structurés autour de quatre axes principaux :

- ✓ La connaissance des impacts environnementaux;
- ✓ Les attentes en matière de réhabilitation;
- ✓ La perception de l'implication communautaire;
- ✓ Le degré de confiance envers l'opérateur minier.

Les entretiens et discussions ont fait l'objet d'un enregistrement audio (avec consentement éclairé), puis d'une transcription intégrale. Les transcriptions ont été relues par deux membres de l'équipe afin d'assurer la fiabilité des données. Un codage thématique [7] a permis de classer les propos selon des thèmes récurrents et de repérer convergences et divergences. L'exploitation des verbatims a donné un éclairage qualitatif aux tendances quantitatives observées.

2.2.5 TRIANGULATION DES DONNÉES

Pour renforcer la robustesse des constats, une triangulation méthodique a été opérée en croisant les observations directes sur le terrain, les résultats de l'enquête par questionnaire, les perceptions exprimées lors des entretiens et focus groups. Cette démarche s'inspire des recommandations de [8] et visait à distinguer les perceptions confirmées par les faits des représentations plus subjectives. La triangulation a permis de vérifier la cohérence des informations et de proposer des recommandations étayées par une convergence de sources.

2.2.6 ANALYSE DOCUMENTAIRE APPROFONDIE DU PLAN DE REHABILITATION

Cette méthode a consisté à réaliser une étude systématique et comparative du contenu du plan de réhabilitation élaboré par l'opérateur minier. L'analyse s'est déroulée en plusieurs étapes:

- Collecte des documents de référence: plan de réhabilitation officiel, textes réglementaires nationaux, ainsi que des normes internationales pertinentes;

- Élaboration d'une grille de conformité: un tableau comparatif a été conçu pour vérifier point par point les obligations légales et les bonnes pratiques environnementales (gestion des sols, restauration des habitats, traitement des eaux, sécurisation des sites, calendrier d'exécution, etc.);
- Attribution d'un score de conformité: chaque action proposée dans le plan a reçu une note (conforme, partiellement conforme, non conforme), permettant de calculer un score global de conformité et d'identifier les insuffisances.
- Synthèses et recommandations: les écarts relevés ont été présentés sous forme de tableau et de texte analytique, accompagnés de suggestions correctives.

3 RÉSULTATS ET DISCUSSION

3.1 RÉSULTATS

3.1.1 EVALUATION ENVIRONNEMENTALE DE L'EXPLOITATION SEMI-INDUSTRIELLE DE L'OR

Dans cette étude, 34 points repartis sur l'ensemble du site d'exploitation ont été inspectés. Ces inspections visaient à montrer l'impact de l'exploitation de l'or sur l'environnement. Elles ont permis d'identifier les principaux types de dégradations environnementales visibles et à les localiser avec leurs fréquences (figures 2 et 3).



Fig. 2. Types de dégradations environnementales

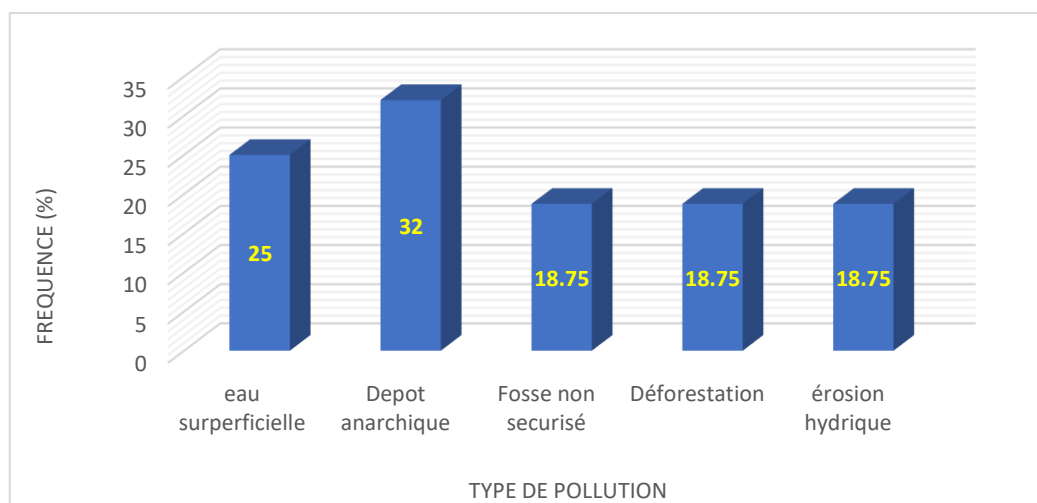


Fig. 3. Fréquences de dégradations environnementales

3.1.2 CARACTÉRISTIQUES SOCIO-DÉMOGRAPHIQUES DES POPULATIONS

Les entretiens ont permis de définir le profil socio-démographique des riverains (tableau I).

Tableau 1. Caractéristiques socio-démographiques simulées des riverains

Localités	Effectif modélisé (%)	Homme (%)	Femme (%)	18-35ans (%)	36-60 ans (%)	≥ 60 ans (%)
Yakassé Attobrou	20	56	44	52	38	10
Abradine 1	16,7	53	47	48	41	11
Abradine 2	15	58	52	45	43	12
Gbato	15,8	50	50	60	30	10
Montezo	16,7	54	46	55	35	10
Yadio	15,8	49	51	50	40	10
Total	100	53,3	46,7	51,7	37,8	10,5

Le tableau ci-dessus montre que la population riveraine est composée majoritairement de jeunes adultes (18-35 ans) à 51,7 %. Il y a une légère prédominance masculine (53,3 %) due aux activités minières traditionnellement masculine. Yakassé-Attobrou est la localité la plus représentée (20%) de l'effectif modélisé et située à proximité directe des zones d'exploitations minières. Ces données permettent d'identifier les catégories sociales les plus sensibles aux impacts et de planifier des actions ciblées en fonction de l'âge, du sexe, et de la zone d'exposition. La modélisation montre une perception globalement modérée (moyenne environ 3) aux impacts environnementaux. Les nuisances sonores et la pollution de l'air sont les impacts les plus ressentis (Tableau II).

L'analyse des attentes des populations, simulée à partir des constats de terrain sur 600 personnes, révèle une forte adhésion aux mesures de réhabilitation. Les priorités exprimées sont la remise en état des sols (82 %), le reboisement (77 %), l'assainissement des eaux (69 %), et la gestion sécurisée des déchets (65 %). La participation communautaire est également jugée essentielle (60 %) (figure 4).

Tableau 2. Perception des impacts environnementaux

Impact	Note 1 (%)	Note 2 (%)	Note 3 (%)	Note 4 (%)	Note 5 (%)	Moyenne	Écart-type
Déforestation	21,2	18,5	18	22,3	20,2	3,02	1,44
Pollution des eaux	21,3	20,3	20	17,7	20,7	2,96	1,44
Dégradation des sols	20	19,8	20	19,7	20,5	3,01	1,42
Pollution de l'air	19,3	21,7	17	20,7	21,7	3,04	1,44
Perte de biodiversité	21,2	17	20	23	19,2	3,02	1,42
Nuisances sonores	19,3	18,3	21	21	20,7	3,05	1,41

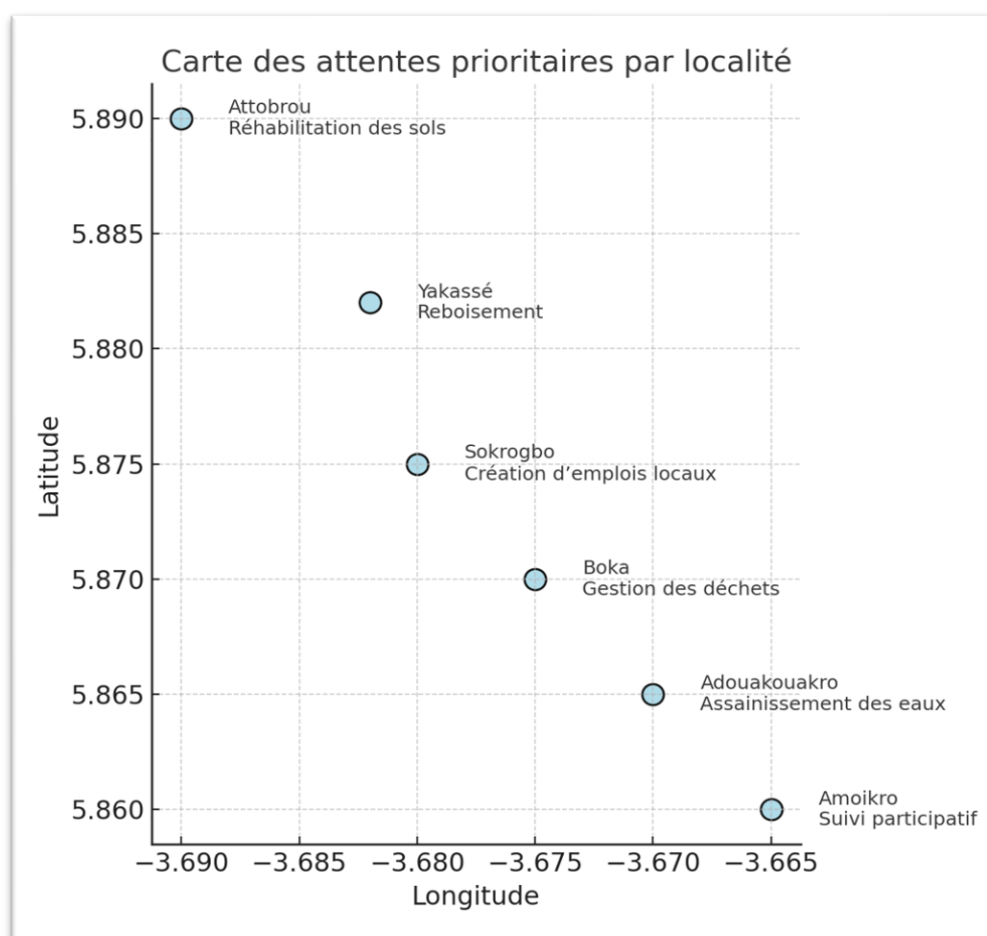


Fig. 4. Attentes prioritaires des populations

3.1.3 SYNTHÈSE DES THÉMATIQUES DES REPRÉSENTATIONS ET ATTENTES DES ACTEURS LOCAUX

L'analyse des entretiens semi-directifs, réalisés auprès des autorités coutumières, des responsables associatifs, des exploitants agricoles et des jeunes riverains, ainsi que du focus group composé d'un échantillon représentatif de la communauté, met en évidence plusieurs lignes de force. Ces représentations révèlent une conscience aiguë des impacts de l'exploitation minière, mais aussi des attentes très claires en matière de réhabilitation environnementale. Trois thématiques principales ressortent.

- La dégradation écologique perçue comme irréversible sans intervention

Les personnes interrogées font état d'une déstructuration profonde du milieu naturel, notamment la disparition de la couverture végétale, la pollution des cours d'eau, la transformation des terres cultivables en friches stériles. L'impact est jugé non seulement visible, mais également durable si des mesures correctrices sérieuses ne sont pas prises.

- La réhabilitation attendue comme un droit et non une faveur

Les attentes exprimées ne relèvent pas d'un simple souhait d'amélioration, mais bien d'une exigence citoyenne. Il est demandé un réaménagement effectif des terres, la remise en état des sols, la stabilisation des pentes, et un reboisement avec des essences locales utiles (karité, teck, iroko). L'approche utilitariste domine : la réhabilitation doit générer un bénéfice collectif.

- La communication descendante, insuffisante voire inexistante

Les enquêtés dénoncent une communication descendante, insuffisante voire inexistante, entre l'entreprise et les communautés. Le sentiment d'exclusion des processus décisionnels est omniprésent, renforçant un climat de méfiance vis-à-vis des mesures annoncées mais non réalisées. La participation communautaire est perçue comme une condition incontournable à toute action de réhabilitation crédible.

Afin d'illustrer la teneur des perceptions recueillies, quelques extraits représentatifs sont reproduits ci-dessous :

« Ce qu'ils ont laissé, ce ne sont pas des trous, c'est des pièges pour nos enfants. Et personne ne vient réparer. » (Chef de ménage, 62 ans);

« Qu'ils ne viennent pas planter des arbres pour les photos. On veut des champs, pas des décors. » (Jeune agriculteur, 30 ans);

« On ne nous a jamais demandé notre avis. On a subi. Maintenant, qu'ils écoutent. » (Femme du groupement agricole, 45 ans);

« Il y a des zones où même les animaux refusent d'aller boire. L'eau est rouge, le sol ne respire plus » (Paysan, 53 ans).

L'analyse croisée des discours permet de dresser un tableau contrasté, révélateur à la fois d'une forte cohésion autour de certaines valeurs, mais aussi de divergences stratégiques dans les attentes (Tableau III).

Tableau 3. Analyse synthétique des convergence et divergence

Convergences majeures	Divergences notables
Diagnostic environnemental partagé	Temporalité des attentes
Valante d'implication	Fonction attendue des terres réhabilitées
Attente d'un changement de paradigme	Nature de la participation cohabitée

3.1.4 ANALYSE DOCUMENTAIRE RÉGLEMENTAIRE

L'analyse documentaire a été conduite à partir des textes législatifs et réglementaires encadrant l'activité minière et la réhabilitation environnementale en Côte d'Ivoire. Cette évaluation s'est appuyée sur les lois nationales (Code minier, Code de l'environnement), les décrets d'application (notamment le décret n°2015-454 relatif à l'évaluation environnementale), les guides techniques de l'ANDE, ainsi que les normes internationales de bonnes pratiques (notamment les Normes de Performance de la SFI, en particulier la norme 6 sur la biodiversité) (tableau IV).

Tableau 4. Grille de notation de conformité des actions de réhabilitation

Domaine	Score (sur 5)	Justification du score
Sols	3	Remblayage présent, absence de mesures de suivi post-restauration.
Eaux	1	Aucune disposition sur les effluents ni sur la qualité de l'eau.
Biodiversité	2	Reboisement prévu mais sans référence à l'écologie locale.
Déchets	1	Aucun plan de gestion, non-respect des normes minimales.
Sécurité/risques	2	Absence de dispositif clair de sécurisation post-fermeture.

3.1.5 RECOMMANDATIONS OPERATIONNELLES POUR LA MISE EN CONFORMITE

Les recommandations sont d'abord réglementaires:

- Réviser le plan selon les prescriptions de l'article 22 du décret n°2015-454, en y intégrant des indicateurs mesurables de performance environnementale.
- Intégrer une annexe réglementaire mentionnant article par article les obligations légales et les moyens de conformité adoptés.

Elles sont aussi techniques spécifiques, élaborées à partir des défaillances relevées sur le terrain, en vue de garantir une réhabilitation environnementale conforme durable et opérationnelle du site exploité (tableau V).

Tableau 5. Actions techniques proposées pour une remise en état

Domaines	Actions recommandées	Responsables
Sols	Réalisation d'un plan de stabilisation géotechnique des sols + suivi agronomique	Ingénieur géologue
Eaux	Mise en place de stations de traitement + suivi trimestriel de la qualité de l'eau	Hydrogéologue / ANDE
Biodiversité	Reboisement différencié avec espèces locales + zone refuge pour espèces sensibles	Écologue
Déchets	Élaboration d'un plan de gestion des déchets miniers (PGDM) complet	Environnementaliste
Sécurité	Cartographie des risques post-exploitation + clôtures + signalisation	Sécurité / HSE

3.1.6 ANALYSE DU PLAN DE REHABILITATION

Cette analyse repose sur une grille réglementaire structurée par domaine (sols, eaux, biodiversité, déchets, sécurité) et vise à identifier les écarts, insuffisances techniques et manquements réglementaires majeurs (Tableau VI et VII). Elle constitue une évaluation critique du plan de réhabilitation soumis par la société NASEGA RESSOURCES SARL en le confrontant aux exigences réglementaires ivoiriennes et aux normes de performances internationales.

Tableau 6. Comparatif entre plan de réhabilitation et exigences réglementaires

Thème	Référence réglementaire ou normative	Contenu du plan de NASEGA	Non-conformité ou écart identifié
Sols	Art. 83 Code minier ; Guide ANDE (2018)	Remblayage mentionné sans méthode, ni compactage ni drainage	Absence de protocole de stabilisation et d'indicateurs de suivi
Eaux	Art. 41 Code de l'environnement ; décret 2015-454	Aucune mesure de traitement des eaux usées ni suivi hydrogéologique	Violation de l'obligation de surveillance environnementale continue
Biodiversité	Norme SFI PS6 ; Guide ANDE	Reboisement générique avec eucalyptus, sans diagnostic écologique préalable	Choix d'espèces non autochtones inadaptées au milieu local
Déchets	Art. 85 Code minier ; Loi n°2014-138	Aucune disposition de tri, stockage ou valorisation	Manquement grave aux obligations de gestion des déchets dangereux
Sécurité	Art. 47 Code de l'environnement ; Norme ISO 45001	Simple mention de signalisation ; aucune barrière ni clôture	Plan incomplet sur la gestion des risques post-fermeture

Tableau 7. Score de conformité du plan par domaine

Domaine	Score (sur 5)	Justification
Sols	2	Remblayage annoncé, sans étude géotechnique ni indicateur post-intervention.
Eaux	1	Aucune mesure technique ni campagne de surveillance définie.
Biodiversité	2	Espèces non indigènes, pas de diagnostic écologique, ni de zone refuge.
Déchets	1	Aucun système de gestion ou stockage identifié malgré la loi.
Sécurité	2	Mention vague de sécurisation, aucune mesure structurée ni cartographie des risques.

3.1.6.1 SYNTHÈSE CRITIQUE RENFORCÉE

L'évaluation du plan de réhabilitation met en évidence des lacunes graves tant sur le plan juridique, technique, qu'environnemental. Le plan ne respecte pas les exigences minimales prévues par le décret n°2015-454 relatif à l'évaluation environnementale ni les standards du Code minier. Aucune action proposée ne répond à un cadre opérationnel mesurable. La biodiversité est mal prise en compte, les eaux ne font l'objet d'aucun contrôle, et la gestion des déchets est totalement absente. Le score moyen obtenu de 1,6/5 sur l'ensemble des domaines atteste d'un niveau critique d'inadéquation. En l'état, ce plan ne peut être validé ni par l'Agence Nationale De l'Environnement, ni par les parties prenantes concernées, et pourrait compromettre l'acceptabilité sociale du projet dans la zone d'étude.

3.1.6.2 RECOMMANDATIONS OPÉRATIONNELLES PAR DOMAINE

Ces recommandations consignées dans le tableau VIII ci-dessous déclinent par domaine stratégique les actions opérationnelles à mettre en œuvre pour garantir une réhabilitation environnementale efficace, multisectorielle et conforme aux exigences réglementaires.

Tableau 8. Recommandations opérationnelles par domaine

Domaine	Action à mener	Responsable	Délai recommandé
Sols	Étude géotechnique + suivi post-remblayage	Géologue + Bureau d'études	3 mois
Eaux	Campagne de qualité + station mobile de traitement	Hydrogéologue + ANDE	6 mois
Biodiversité	Inventaire écologique + plan de restauration ciblé	Écologue + ONG locale	4 mois
Déchets	Élaboration d'un PGDM complet + stockage sécurisé	Environnementaliste certifié	2 mois
Sécurité	Cartographie des risques + balisage + clôture	Responsable HSE + entreprise locale	3 mois

3.1.7 TRIANGULATION ET VALIDATION CROISEE DES RESULTATS

La triangulation méthodologique constitue une étape essentielle pour garantir la fiabilité et la robustesse des résultats obtenus dans le cadre de l'évaluation environnementale du plan de réhabilitation de la zone d'exploitation semi-industrielle aurifère de NASEGA Ressources SARL. Elle permet de croiser les données issues des analyses quantitatives (images satellitaires, statistiques de terrain), qualitatives (entretiens semi-directifs, focus group), ainsi que les observations directes réalisées sur le terrain (tableau IX). Ce tableau met en relation les principales variables identifiées à partir des trois sources de données mobilisées.

Tableau 9. Croisement synthétique des données

Variables clés	Données quantitatives (SIG, statistiques)	Données qualitatives (entretiens, focus groups)	Observations de terrain directes
Zones dégradées à réhabiliter	24,6 ha identifiées (imagerie SPOT 6, NDVI < 0,2)	Les riverains pointent les anciennes zones de traitement et d'extraction	Présence visible de sols nus, absence de régénération végétale
Priorisation des zones critiques	Classification par indice de perturbation écologique (IPE) fort. Sa médiane est 69,10	Les populations désignent les zones proches des habitations comme urgentes	Forte érosion, ravinement intense sur pentes instables
Reboisement et végétalisation	Aucune trace détectée sur 92 % des zones en 2023	Volonté forte exprimée pour des espèces à croissance rapide	Absence de semis, zone aride, présence de ruissellement
Efficacité des clôtures de sécurité	Seulement 3,2 % du périmètre clôturé selon les mesures GPS	Inquiétude exprimée sur l'accès des enfants et animaux	Clôtures partiellement effondrées ou inexistantes
État des fosses et exhaures minières	17 fosses recensées (profondeur > 1,5 m) non comblées avec 35% et 30 % d'eau stagnante	Crainte majeure de risques d'accident exprimée dans 75 % des propos	Eau stagnante, prolifération de moustiques, déchets visibles

3.2 DISCUSSION

La présente étude a pour objectif d'évaluer la conformité environnementale du plan de réhabilitation mis en œuvre par la société NASEGA RESSOURCE SARL dans le cadre de son exploitation semi-industrielle d'or opérant dans le département de Yakassé-Attobrou. Les données issues des relevés de terrain, des entretiens et de l'analyse documentaire ont révélé un faible niveau de conformité aux exigences environnementales. Le graphique radar illustre clairement ces déficiences: la note moyenne de conformité ne dépasse pas 4/10 pour l'ensemble des indicateurs clés (végétalisation, remblayage, gestion des eaux, acceptabilité sociale, sécurité des fosses). Les fosses réhabilitées demeurent partiellement ouvertes, exposant les riverains et les animaux aux risques d'accident et de contamination. Ces résultats corroborent les constats de [9], qui évoquent l'absence d'un protocole rigoureux de fermeture des sites miniers semi-industriels en Côte d'Ivoire. Le cas NASEGA ne déroge donc pas à cette tendance nationale. Sur le plan africain, les pratiques observées à Yakassé-Attobrou sont comparables aux faiblesses documentées au Ghana [10] ou au Burkina Faso [11], où la réhabilitation est souvent perçue comme une formalité post-exploitation, rarement suivie d'actions tangibles. En revanche, des pays comme l'Afrique du Sud imposent des plans de réhabilitation préalablement validés avant l'ouverture de la mine [12]. À l'échelle internationale, l'Australie [13] exige des exploitants des audits environnementaux périodiques, un plan de restauration certifié par des géo-écologues indépendants, ainsi que la constitution d'un fonds fiduciaire de réhabilitation. L'écart est donc manifeste: le site de NASEGA souffre d'une application partielle, voire inexistante, de ces normes robustes. Cette inadéquation entre les pratiques locales et les standards internationaux interpelle sur l'urgence de la réforme du cadre réglementaire ivoirien. Trois points majeurs ressortent avec acuité:

- Absence de remblayage systématique des fosses: La non-restitution des matériaux excavés favorise la formation de lacs acides, de zones d'érosion et de pertes de terres agricoles.
- Végétalisation superficielle: Quelques plantations sont visibles, mais sans suivi écologique ni restauration du sol (topsoil, amendement organique).
- Participation communautaire quasi inexistante: Aucun comité villageois de suivi environnemental n'a été mis en place, ce qui crée un sentiment d'abandon chez les communautés riveraines.

Ces constats rejoignent ceux de [14], qui soulignent que la réhabilitation minière en Côte d'Ivoire reste dominée par une logique de conformité administrative plutôt que par un engagement socio-écologique réel. Ce travail met en lumière des données inédites sur un site peu documenté, avec une cartographie SIG des fosses actives, réhabilitées et abandonnées, ainsi que l'analyse croisée des performances environnementales. Contrairement aux études existantes qui restent souvent descriptives, cette recherche propose une évaluation structurée à partir d'indicateurs mesurables, rendant le diagnostic plus robuste et reproductible. Les résultats appellent à la mise en œuvre d'un plan de réhabilitation participatif, certifié et géoréférencé, reposant sur trois piliers:

- Un cadastre environnemental numérique des zones exploitées et réhabilitées;
- L'obligation de fonds de garantie environnementale versé avant l'ouverture du site;
- La création de cellules villageoises de contrôle formées aux pratiques écologiques.

Cette approche prône une gouvernance minière fondée sur la transparence, la participation citoyenne et la redevabilité environnementale. Malgré sa rigueur, ce travail présente certaines limites méthodologiques. D'une part, l'absence de données quantitatives issues d'analyses physico-chimiques du sol ou de l'eau limite la profondeur de l'évaluation environnementale. D'autre part, l'absence d'un panel élargi de parties prenantes dans les entretiens (autorités locales, populations déplacées, etc.) restreint la portée sociopolitique des résultats. Ces limites n'invalident pas les conclusions, mais appellent à des recherches complémentaires et pluridisciplinaires. Les résultats démontrent de manière incontestable que la réhabilitation environnementale opérée par la société NASEGA RESSOURCES SARL ne satisfait ni les exigences du code minier ivoirien, ni les standards africains ou internationaux. Cette faiblesse n'est pas isolée, mais symptomatique d'un modèle extractif peu soucieux de l'écosystème et des communautés locales.

4 CONCLUSION

Les résultats de cette recherche révèlent une inadéquation manifeste entre le plan de réhabilitation environnementale de la société NASEGA RESSOURCES SARL à Yakassé-Attobrou et les exigences réglementaires en vigueur, tant nationales qu'internationales. Les constats de terrain, fosses mal comblées, absence de suivi de la végétalisation, marginalisation des communautés riveraines traduisent une réhabilitation conçue comme une formalité administrative plutôt qu'un levier de gouvernance environnementale.

Cette étude dépeint une approche critique fondée sur le paradigme de la durabilité forte, selon lequel la réhabilitation ne saurait être réduite à des mesures techniques minimales. Elle doit intégrer une vision stratégique, anticipative et encadrée par des mécanismes contraignants. L'écart avec les standards internationaux souligne l'urgence d'un renforcement du cadre normatif ivoirien, de l'instauration de garanties fiduciaires et de dispositifs de suivi réellement opérationnels.

L'une des contributions majeures de ce travail réside dans la proposition d'un modèle de réhabilitation inclusif, fondé sur: la cartographie géospatiale des sites réhabilités et abandonnés l'implication institutionnalisée des communautés à travers des cellules villageoises de suivi, la constitution d'un fonds de garantie environnementale exigible avant l'exploitation. Malgré certaines limites notamment l'absence d'analyses physico-chimiques, le report de la modélisation spatiale et la restriction du panel de participants, la robustesse des méthodes qualitatives et spatiales utilisées renforce la validité des conclusions. Ces contraintes soulignent surtout la nécessité d'approches transdisciplinaires combinant expertise environnementale, droit minier, géomatique et sciences sociales. Yakassé-Attobrou ne constitue pas un cas isolé. Il reflète les tensions structurelles d'un modèle extractif africain à faible ancrage local et à faible redevabilité. Réhabiliter ne doit plus être une tâche de fin de cycle, mais un pilier central de la planification minière. Cette étude, à la fois critique et prospective, s'inscrit dans une dynamique de transformation, en faveur d'un encadrement éthique, participatif et scientifiquement fondé sur les activités minières en Côte d'Ivoire, conforme aux Objectifs de Développement Durable.

REMERCIEMENTS

Les auteurs tiennent à exprimer leurs sincères remerciements à toutes les institutions qui ont rendu cette étude possible, en particulier la société d'exploitation aurifère « Nasega Ressources Sarl » et le Directeur et les enseignants de l'unité de formation et de recherche de l'Environnement de l'Université Jean Lorougnon Guédé de Daloa.

REFERENCES

- [1] G Hilson, The environmental impact of small-scale gold mining in Ghana: identifying problems and possible solutions, *The Geographical Journal*, 168 (1), pp. 57- 72, 2002.
- [2] T. Akabzaa and A. Darimani, Impact of mining sector investment in Ghana: a study of the Tarkwa mining region, a draft report prepared for SAPRI.
- [3] L. J. Sonter, S. H. Ali & J. E. M. Watson, Mining and biodiversity: key issues and research needs in conservation science, *Proceedings of the Royal Society B*, 285 (1882), 2018.
- [4] M. Koné, Y. Kouadio & B. Yao, Évaluation des impacts environnementaux de l'exploitation minière artisanale en Côte d'Ivoire, *Journal of Environmental Science and Engineering*, 6 (3), pp. 134-146, 2017.
- [5] G. Hilson & R. Van der Vorst, Technology, managerial, and policy initiatives for improving environmental performance in small-scale gold mining industry, *Environmental Management*, 30 (6), pp. 764–777, 2002.
- [6] A.M.Kouassi, J.M.Kouao, S.C.Dekoula, B.D.Asseufi, Analyse de la régionalisation climatique de la Côte d'Ivoire dans un contexte de climat changeant, *LARHYSS Journal*, vol. 17 (1), pp. 235 – 261, 2020.
- [7] M. B. Miles & A. M. Huberman, Analyse des données qualitatives, Bruxelles, De Boeck Supérieur Université, 632 p., 2003.
- [8] R. K. Yin, Case Study Research: Design and Methods, 3rd Edition, Sage, Thousand Oaks., 181p., 2003.

- [9] K. Kouassi & K. Atta, Exploitation minière et tensions sociales dans les zones rurales ivoiriennes, *Journal Africain de Gouvernance Locale*, 5 (2), pp. 29 - 44, 2021.
- [10] S. Nunoo, J. Manu, F. K.B. Owusu-Akyaw, F. K. Nyame, Impact of artisanal small-scale (gold and diamond) mining activities on the Offin, Oda and Pra rivers in Southern Ghana, West Africa: A scientific response to public concern, *Heliyon*, 8, 12 p, 2022.
- [11] T. Zongo, Orpaillage et dynamiques territoriales dans la province du Sanmatenga « le pays de l'or » au Burkina Faso, Thèse de doctorat, Université Joseph Ki-Zerbo de Ouagadougou et Université Paris 1 Panthéon Sorbonne, 265 p., 2019.
- [12] DME (2018). Évaluation économique du projet Montagne d'Or. Rapport d'évaluation. DME Études et conseils économiques – WWF France. 21 p., 2018.
- [13] W.A. Department of Mines, Mines safety and inspection amendment regulations, Western Australian Legislation, 17, 4416 p., 2020.
- [14] K. Konan, R. Yao, J. Amani, Croissance démographique et pression foncière dans le sud-est ivoirien, *Études rurales africaines*, 6 (1), pp. 33–48, 2022.

Libérer pour innover: Analyse d'un cas tunisien entre rigidité et quête de reconnaissance

[Liberate to Innovate: A Tunisian Case Study on Rigidity and the Quest for Recognition]

Hanan Cherif¹ and Imen Mzid Ben Amar²

¹Docteure, Université de Sfax, Laboratoire PRISME-FSEG-SFAX, Tunisia

²Professeure, Université de Sfax, Laboratoire PRISME-FSEG-SFAX, Tunisia

Copyright © 2026 ISSR Journals. This is an open access article distributed under the ***Creative Commons Attribution License***, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

ABSTRACT: This article explores how hierarchical rigidity and lack of recognition hinder autonomy and innovation in organizations. Through a qualitative case study at Confiserie Triki le Moulin in Tunisia (2019), based on 40 semi-structured interviews, we analyze the structural and cultural barriers to innovation in emerging contexts. Findings show that rigid hierarchies slow decision-making and communication, while lack of recognition weakens motivation and engagement. These dynamics foster distrust, reduce collaboration, and ultimately block organizational creativity. The discussion connects these findings to the liberated company model, stressing autonomy, trust, and recognition as levers for sustainable innovation. Beyond theory, managerial recommendations are proposed for Tunisian firms. The article highlights the importance of rethinking management models in emerging economies where traditional hierarchies remain dominant.

KEYWORDS: liberated company, innovation, autonomy, recognition, hierarchy, engagement, Tunisia.

RESUME: Cet article examine la manière dont la rigidité hiérarchique et l'absence de reconnaissance limitent l'autonomie et l'innovation dans les organisations. À partir d'une étude de cas qualitative menée en 2019 à la Confiserie Triki le Moulin en Tunisie, reposant sur 40 entretiens semi-directifs, nous analysons les barrières structurelles et culturelles à l'innovation dans les contextes émergents. Les résultats montrent que la hiérarchie rigide ralentit la prise de décision et la circulation de l'information, tandis que l'absence de reconnaissance affaiblit la motivation et l'engagement. Ces dynamiques nourrissent un climat de méfiance, réduisent la coopération et bloquent la créativité organisationnelle. La discussion relie ces constats au modèle de l'entreprise libérée, qui met en avant l'autonomie, la confiance et la reconnaissance comme leviers d'innovation durable. Des recommandations managériales sont proposées pour les entreprises tunisiennes. Cet article souligne l'importance de repenser les modèles de gestion dans les économies émergentes encore marquées par des hiérarchies traditionnelles.

MOTS-CLEFS: entreprise libérée, innovation, autonomie, reconnaissance, hiérarchie, engagement, Tunisie.

1 INTRODUCTION

L'innovation est aujourd'hui au cœur des préoccupations managériales et stratégiques. Dans un environnement mondialisé, marqué par une compétition accrue, les organisations ne peuvent plus se contenter d'exploiter leurs ressources existantes: elles doivent constamment explorer de nouvelles opportunités. Cependant, l'innovation n'émerge pas dans le vide; elle dépend des conditions organisationnelles et du climat interne.

En Tunisie, de nombreuses entreprises sont confrontées à un paradoxe: elles affichent une volonté de modernisation, mais demeurent enfermées dans des pratiques héritées, centrées sur la hiérarchie et le contrôle. Cette situation engendre un décalage entre les besoins d'agilité et les modes de gestion en place. Le cas de la Confiserie Triki le Moulin illustre parfaitement ce paradoxe.

L'objectif de cet article est double. Premièrement, analyser les freins à l'innovation liés à la rigidité hiérarchique et à l'absence de reconnaissance. Deuxièmement, proposer une lecture alternative à travers le prisme de l'entreprise libérée, afin d'identifier des leviers pour surmonter ces obstacles.

2 REVUE DE LA LITTÉRATURE

2.1 L'ENTREPRISE LIBÉRÉE: GENÈSE ET PRINCIPES

Popularisé par Isaac Getz (2009), le concept d'entreprise libérée propose un modèle organisationnel dans lequel les salariés disposent d'une liberté réelle pour agir, innover et prendre des initiatives. Ce modèle repose sur des valeurs de confiance, de responsabilité partagée et de transparence. Contrairement à une vision simpliste, il ne s'agit pas d'une absence de règles, mais d'un système où les règles sont clarifiées et co-construites, permettant d'aligner autonomie et performance. La littérature souligne que l'entreprise libérée favorise la motivation intrinsèque et l'engagement collectif, en réduisant les lourdeurs bureaucratiques et en fluidifiant la communication. Des travaux récents insistent aussi sur l'importance de l'adaptation contextuelle: les principes de l'entreprise libérée ne sont pas universels mais doivent être traduits selon les réalités culturelles et institutionnelles de chaque pays.

2.2 INNOVATION ET AUTONOMIE

Les travaux de Nonaka & Takeuchi (1995) et d'Amabile (1996) démontrent que l'autonomie est un levier essentiel de créativité et d'innovation. Elle stimule la prise d'initiative, l'expérimentation, et favorise un processus d'apprentissage organisationnel qui nourrit à la fois des innovations incrémentales et radicales. Dans les organisations où la hiérarchie est rigide, l'innovation est freinée car les salariés n'osent pas sortir du cadre défini. À l'inverse, une autonomie encadrée encourage l'exploration, essentielle pour développer des solutions nouvelles dans un environnement compétitif et incertain. La littérature récente souligne également l'importance de créer un climat de sécurité psychologique où les erreurs sont perçues comme des opportunités d'apprentissage, et non comme des fautes sanctionnées.

2.3 RECONNAISSANCE ET ENGAGEMENT

La reconnaissance au travail est considérée comme un pilier central de la motivation et de l'engagement organisationnel. Elle peut prendre plusieurs formes: financière (rémunération, primes), symbolique (remerciements, valorisation publique) ou sociale (respect, confiance). Des études récentes montrent que la reconnaissance influence directement la fidélisation des employés et leur volonté de s'investir dans des projets innovants. Au contraire, son absence engendre un phénomène de désengagement silencieux, où les salariés se limitent au strict minimum requis, réduisant ainsi la capacité d'innovation collective. Comme le rappellent Dennison (2024) et Vantage Circle (2025), reconnaître les efforts et les initiatives, même en cas d'échec, est indispensable pour maintenir un climat propice à la créativité.

2.4 LEADERSHIP ET JUSTICE ORGANISATIONNELLE

Le leadership participatif et la justice organisationnelle apparaissent comme des catalyseurs de comportements innovants. Selon Sabuhari et al. (2025), un leadership juste, basé sur l'équité et la transparence, stimule la confiance des collaborateurs et les incite à contribuer activement aux dynamiques d'innovation. À l'inverse, un management autoritaire, souvent associé à des structures hiérarchiques rigides, réduit la coopération et alimente un climat de méfiance. La justice organisationnelle – qu'elle soit procédurale (équité dans les processus de décision), distributive (équité dans les résultats) ou interactionnelle (respect et considération dans les relations) – est essentielle pour que les salariés s'engagent au-delà des prescriptions formelles et développent des comportements discrétionnaires bénéfiques à l'innovation.

2.5 CONTEXTE TUNISIEN ET INNOVATION

Dans les économies émergentes comme la Tunisie, la littérature met en évidence des freins structurels spécifiques: manque de ressources financières et technologiques, poids d'une culture de contrôle, faible ouverture à la participation des salariés dans les décisions stratégiques. Les travaux de Chabbouh & Boujelbene (2024) et de Raddoui (2024) montrent que les PME tunisiennes restent largement marquées par des pratiques hiérarchiques traditionnelles, qui limitent leur capacité d'adaptation et d'innovation. Toutefois, ces contextes présentent aussi des opportunités: la frugalité des moyens peut encourager des formes d'innovation « frugale », adaptées aux contraintes locales. La littérature insiste sur la nécessité de mettre en place des mécanismes de participation, de renforcer la reconnaissance et de libérer progressivement des espaces d'autonomie, afin de transformer les contraintes structurelles en leviers de créativité organisationnelle.

3 MÉTHODOLOGIE

Cette recherche adopte une posture interprétativiste, considérant que les pratiques organisationnelles et les freins à l'innovation ne peuvent être compris qu'à travers l'expérience vécue des acteurs. Le choix d'une étude de cas unique permet une analyse approfondie et contextualisée.

Le terrain choisi, la Confiserie Triki le Moulin, est une entreprise familiale de taille moyenne, représentative des structures tunisiennes marquées par des hiérarchies traditionnelles. Les données ont été collectées en 2019 à travers 40 entretiens semi-directifs menés auprès de cadres, agents de maîtrise et ouvriers. Les entretiens, d'une durée de 45 à 60 minutes, ont été transcrits intégralement et analysés par codage thématique.

Cette méthodologie présente certaines limites, notamment liées au caractère transversal de l'enquête et à l'absence de comparaison avec d'autres entreprises. Toutefois, elle offre une richesse qualitative permettant de mettre en lumière des mécanismes invisibles dans les études quantitatives.

4 RÉSULTATS

4.1 RIGIDITE HIERARCHIQUE ET BLOCAGE DES INITIATIVES

La rigidité hiérarchique ressort comme un frein majeur. La majorité des salariés interrogés ont exprimé le sentiment que toute décision devait passer par un nombre excessif de niveaux hiérarchiques. L'un d'eux souligne: « Même pour changer un détail mineur, il faut attendre l'approbation de plusieurs responsables. À la fin, on préfère ne rien proposer. » Ce constat illustre la lenteur décisionnelle et la perte d'énergie créative qui en résulte.

Cette rigidité bloque également la circulation des idées. Plusieurs employés disent que « les propositions restent au bureau du chef et n'arrivent jamais plus haut ». Ce phénomène entretient une inertie qui empêche l'entreprise de s'adapter aux changements du marché.

4.2 ABSENCE DE RECONNAISSANCE ET DÉMOTIVATION

L'absence de reconnaissance est un constat unanime. Les employés affirment que leurs efforts ne sont pas valorisés. Certains disent: « Ici, on ne dit jamais merci. » Ce déficit de reconnaissance, qu'elle soit financière ou symbolique, alimente un sentiment de frustration et réduit la motivation.

Le manque de reconnaissance a également un impact sur l'engagement. Les salariés expliquent qu'ils se limitent à accomplir les tâches minimales, sans chercher à s'investir davantage. Ainsi, l'innovation est perçue comme une perte de temps, car non valorisée par la hiérarchie.

4.3 CLIMAT DE MEFIANCE ET MANQUE DE COOPERATION

Un climat de méfiance généralisé se dégage des entretiens. Les salariés redoutent d'être sanctionnés en cas d'erreur et préfèrent éviter toute prise d'initiative. Comme l'exprime un employé: « Ici, si tu te trompes, on te rappelle ton erreur pendant des mois. » Cette peur limite la créativité et l'expérimentation.

Le manque de confiance se traduit aussi par une faible coopération entre collègues. L'innovation, qui exige un travail collectif et une mise en commun des idées, en est directement affectée.

4.4 COMMUNICATION DESCENDANTE ET ABSENCE DE FEEDBACK

Les entretiens révèlent que la communication est essentiellement verticale et descendante. Les ordres viennent du sommet, sans possibilité de retour. Un employé explique: « On reçoit des instructions, mais on ne nous demande jamais ce qu'on pense. » Cette absence de feedback prive l'organisation d'idées novatrices et alimente un désengagement progressif.

Tableau 1. Obstacles organisationnels et effets sur l'innovation

Facteur organisationnel	Effets observés	Conséquences sur l'innovation
Rigidité hiérarchique	Décisions lentes, contrôle excessif	Découragement des initiatives
Absence de reconnaissance	Frustration, démotivation	Faible engagement, retrait
Climat de méfiance	Peur de l'échec, faible coopération	Blocage de la créativité
Communication descendante	Absence de feedback	Idées ignorées

5 DISCUSSION

La question de recherche posée était: Comment la rigidité hiérarchique et l'absence de reconnaissance freinent-elles l'autonomie et l'innovation dans les entreprises tunisiennes ? Les résultats apportent une réponse claire: ces freins sont structurels, enracinés dans des pratiques managériales traditionnelles, et empêchent la libération du potentiel créatif.

Premièrement, la rigidité hiérarchique constitue un obstacle majeur, en accord avec les travaux de Nonaka & Takeuchi (1995) sur l'importance de la circulation des connaissances. Elle ralentit les processus décisionnels et crée un climat d'inertie.

Deuxièmement, l'absence de reconnaissance réduit la motivation et l'engagement, confirmant les apports d'Amabile (1996) et des études récentes (Dennison, 2024; Vantage Circle, 2025). Sans reconnaissance, les employés cessent de contribuer au-delà du strict minimum requis.

Troisièmement, la méfiance et l'absence de feedback alimentent un cercle vicieux où l'innovation est perçue comme risquée et inutile. Ces résultats convergent avec Sabuhari et al. (2025), qui soulignent l'importance de la justice organisationnelle et du leadership participatif.

En valorisant la problématique étudiée, il apparaît que l'innovation en Tunisie n'est pas freinée par un manque de compétences ou d'idées, mais par des pratiques organisationnelles inadaptées. Le modèle de l'entreprise libérée (Getz, 2009) fournit des leviers pertinents pour transformer ces freins en moteurs d'innovation durable.

6 CONCLUSION

Cette recherche met en évidence deux freins majeurs à l'innovation: la rigidité hiérarchique et l'absence de reconnaissance. En reliant ces constats au modèle de l'entreprise libérée, l'étude souligne que l'autonomie, la confiance et la reconnaissance sont des conditions nécessaires pour stimuler l'innovation organisationnelle.

Les implications managériales sont claires: les entreprises tunisiennes doivent repenser leurs pratiques de gestion pour instaurer des dispositifs de reconnaissance et promouvoir un leadership participatif. Sur le plan théorique, l'article contribue à la littérature en contextualisant l'entreprise libérée dans un environnement émergent.

Les limites de l'étude tiennent au recours à un cas unique. De futures recherches pourraient élargir l'analyse à d'autres secteurs et recourir à des méthodes comparatives ou longitudinales pour confirmer et enrichir ces résultats.

REFERENCES

- [1] Getz, I. (2009). *Freedom, Inc.: Free Your Employees and Let Them Lead Your Business to Higher Levels of Success*. Crown Business.
- [2] Nonaka, I., & Takeuchi, H. (1995). *The Knowledge-Creating Company: How Japanese Companies Create the Dynamics of Innovation*. Oxford University Press.
- [3] Amabile, T. M. (1996). *Creativity in Context*. Westview Press.
- [4] Chabbouh, H., & Boujelbène, Y. (2024). The Pivotal Role of Top Management in Fostering Inbound Open Innovation in SMEs. *International Journal of Innovation Management*, 28 (2).
- [5] Raddoui, F. (2024). Inclusive Innovation in Tunisia: Main Challenges and Policies Implemented. *International Journal of Research and Innovation in Social Science*, 8 (3), 112–120.
- [6] Sabuhari, R., Soleman, A. M., et al. (2025). Organisational justice moderates the link between leadership, work engagement and innovation work behaviour. *Journal of Organizational Psychology*, à paraître.
- [7] Dennison, K. (2024, Septembre). Why Recognition Could Be the Key to Employee Engagement in 2025. *Forbes*. Disponible sur: <https://www.forbes.com/>.
- [8] Vantage Circle & Great Place to Work India. (2025, Juin). Recognition at Work Boosts Performance, Loyalty and Trust. *Business Standard*. Disponible sur: <https://www.business-standard.com/>.

Evaluation of some anthropometric and cardiovascular variables in women working in the fields and sedentary women in Ziguinchor

Mountaga Diop, Ndiack Thiaw, and Ndarao Mbengue

Research Laboratory in Sciences and Techniques of Physical and Sports Activities, Youth and Leisure of the Institut National Supérieur de l'Éducation Populaire et du Sport, Cheikh Anta Diop University, Senegal

Copyright © 2026 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: Context: The growing sedentary lifestyle, combined with an increase in cardiovascular disease and overweight, prompted this study of women in the commune of Ziguinchor, where rural work is the dominant activity.

The aim of this study was to assess the impact of rural work on women's health.

Methods: We compared several parameters between two groups: those doing field work and those who were sedentary. The variables studied included weight, height, resting heart rate, resting blood pressure and body mass index (BMI).

Results: The results showed that women who worked in the fields had lower weights and BMIs than sedentary women. However, no significant differences were observed in terms of heart rate and blood pressure.

Conclusion: This study shows that working in the fields helps to reduce the weight of Diola women in Ziguinchor.

KEYWORDS: fieldwork, heart rate, blood pressure, body mass index.

1 INTRODUCTION

Every continent is witnessing a gradual reduction in people's daily activities, leading to a significant reduction in energy expenditure. Today, no country is immune to the substitution of people by machines and to the use of vehicles to the detriment of walking. As a result, people are using less and less of their physical capacities (upper and lower limbs) to carry out the arduous work needed to earn a living.

This drop in daily physical activity, combined with a high-calorie diet, is the main cause of obesity and cardiovascular disease: the latter being the second leading cause of death among women in Senegal, after malaria and cancer.

In Senegal, and particularly in Ziguinchor, there are women who work in the fields in addition to their daily domestic chores, and others who only do domestic work in the family compound. This raises the question of the impact of these activities on their health. Do body mass index (BMI), heart rate (HR), resting systolic blood pressure (SBP) and resting diastolic blood pressure (DBP) vary between these two groups of women?

The aim of this study was to compare the mean values of weight, body mass index, heart rate, and systolic and diastolic blood pressure at rest between a group of women doing field work, in addition to domestic chores, and another group of women confining themselves solely to domestic chores in their homes.

2 METHODOLOGY

2.1 STUDY SAMPLE

The sample studied consisted of 84 married women living in the commune of Ziguinchor, divided into two groups (G1 and G2).

- G1:** This group, with an average age of 45, comprises 43 women in good health who work in the fields throughout the rainy season (June to October).
- G2:** This group, with an average age of 39, is made up of 41 women in good health who only carry out simple domestic tasks in the home or activities that do not require a great deal of energy.

2.2 MEASURING INSTRUMENTS

We used the following instruments for the measurements:

- A height gauge to measure the standing height of the participants,
- A bathroom scale accurate to 50g to measure your weight,
- A heart rate monitor to measure heart rate (HR),
- A blood pressure monitor to measure systolic blood pressure (SBP) and diastolic blood pressure (DBP).

2.3 WEIGHT MEASUREMENT

The weight was measured by a nurse working in a health center in the commune of Ziguinchor. The women weighed themselves standing on the scales, wearing a loincloth. Before weighing, the nurse asked each participant to remove her earrings and bracelets to avoid unnecessary overload. The women stood still, with their arms at their sides, their gaze horizontal and their feet firmly planted on the surface of the scale. After a minute, the nurse noted and communicated the value displayed on the dial.

2.4 WAIST MEASUREMENT

Height was measured using a measuring tape. The women stood barefoot with their backs against the wall, arms at their sides and their gaze horizontal. Before the measurement, the nurse asked them to breathe in. After taking the measurement, the nurse told us the height of each participant.

2.5 HEART RATE RECORDING

Heart rate was measured using a heart rate monitor, consisting of a transmitter (belt) and a receiver (wristwatch). The nurse fitted each woman with the device and left her to rest for 15 minutes. After this period, the heart rate value displayed on the receiver was taken.

2.6 BLOOD PRESSURE

The participants' systolic blood pressure (SBP) and diastolic blood pressure (DBP) were measured using an electronic cuff blood pressure monitor. The nurse placed the cuff around the woman's arm and activated the device by pressing the button to inflate it. A few minutes later, she reported the SBP and DBP values to us.

2.7 STATISTICAL PROCESSING

The individual data collected, together with the body mass index (BMI) determined for each woman, were used to calculate the mean values for the two groups (G1 and G2).

We then formulated the following null hypothesis:

Ho: There is a statistically significant difference between the mean values of the variables in G1 and G2.

To test this hypothesis, we compared the mean values of the two groups using Student's t- test, without checking the equality of variances or the normality of the distributions, since each group had more than 30 participants. The probability of error was set at $\alpha = 0.05$ (5%), which corresponds to the maximum error accepted for rejecting or not rejecting the null hypothesis.

- If the probability of error obtained in the Student test is less than 5%, the null hypothesis (Ho) is confirmed, indicating that there is a statistically significant difference between the means of the two groups.
- If the probability of error is greater than 5%, the null hypothesis (Ho) is invalidated, meaning that there is no statistically significant difference between the averages compared.

3 RESULTS

Table 1. Comparison of mean weight values (kg) for the two groups of women

VARIABLES	WEIGHT (Kg)
G1	55.65±3.06
G2	62.61±16.58
α (significance level)	0.05
P de Student (probability of error)	0.02
Decision	Significant difference

COMMENTS ON TABLE 1

The probability of error found in the Student's t-test comparing the mean weights of the two groups (G1 and G2) is 0.02, which is lower than the 0.05 probability of error that we are willing to accept. Therefore, there is a significant difference in weight between women who perform field work during the rainy season (G1) and those who do not (G2).

The average weight of G2 (62.61 kg) is significantly higher than that of G1 (55.65 kg).

Table 2. Comparison of average height values (cm) for the two groups of women

VARIABLES	SIZE (cm)
G1	162.2±7.02
G2	162,07±7.07
α (significance level)	0.05
P de Student (probability of error)	0.93
Decision	Non-significant difference

COMMENTS ON TABLE 2

The probability of error found in the Student's t-test comparing the mean values of the two groups (G1 and G2) is 0.93, which is higher than the probability of error (0.05) that we are willing to accept. Therefore, there is no significant difference in height between women who perform field work during the rainy season (G1 = 162.2 cm) and those who do not (G2 = 162.07 cm).

Table 3. Comparison of mean Body Weight Index values (Kg/m²) for the two groups of women

VARIABLES	BODY WEIGHT INDEX (kg/m ²)
G1	19.49±3.06
G2	23.32±5.8
α (significance level)	0.05
P de Student (probability of error)	0.00026
Decision	Significant difference

COMMENTS ON TABLE 3

The probability of error found in the Student's t-test comparing the mean body mass index (BMI) values of the two groups (G1 and G2) is 0.00026, which is lower than the probability of error (0.05) that we are willing to accept. Therefore, there is a significant difference in body mass index (BMI) between women who perform field work during the rainy season (BMI of G1 = 19.49 kg/m²) and those who do not (BMI of G2 = 23.32 kg/m²).

Table 4. Comparison of average Heart Rate values (bmp) for the two groups

VARIABLES	HEART RATE (bmp)
G1	80.88±5.92
G2	81.49±6.8
α (significance level)	0.05
P de Student (probability of error)	0.66
Decision	Non-significant difference

COMMENTS ON TABLE 4

The probability of error found in the Student's t-test comparing the mean resting heart rates of the two groups (G1 and G2) is 0.66, which is higher than the probability of error (0.05) that we are willing to accept when deciding on the difference. Therefore, there is no significant difference in resting heart rate between women who perform field work during the rainy season (heart rate of G1 = 80.88 bmp) and those who do not (heart rate of G2 = 81.49 bmp).

Table 5. Comparison of mean Systolic arterial Pressure values (cmHg) for the two groups

VARIABLES	SYSTOLIC ARTERIAL PRESSURE (CmHg)
G1	12.70±2.07
G2	12.22±1.77
α (significance level)	0.05
P de Student (probability of error)	0.27
Decision	Non-significant difference

COMMENTS ON TABLE 5

The probability of error found in the Student's t-test comparing the mean resting systolic blood pressure values of the two groups (G1 and G2) is 0.27, which is higher than the probability of error (0.05) that we are willing to accept when deciding on the difference. Therefore, there is no significant difference in resting systolic blood pressure between women who perform field work during the rainy season (systolic blood pressure of G1 = 12.70 CmHg) and those who do not (systolic blood pressure of G2 = 12.22 CmHg).

Table 6. Comparison of average Diastolic arterial pressure values (cmHg) for the two groups

VARIABLES	DIASTOLIC ARTERIAL PRESSURE (CmHg)
G1	7.23±1.34
G2	7.66±1.15
α (significance level)	0.05
P de Student (probability of error)	0.12
Decision	Non-significant difference

COMMENTS ON TABLE 6

The probability of error found in the Student's t-test comparing the mean values of mean diastolic blood pressure at rest for the two groups (G1 and G2) is 0.12, which is higher than the probability of error (0.05) that we are willing to accept when deciding on the difference. Therefore, there is no significant difference in resting diastolic blood pressure between women who perform field work during the rainy season (diastolic blood pressure of G1 = 7.23 CmHg) and those who do not (diastolic blood pressure of G2 = 7.66 CmHg).

4 DISCUSSION

4.1 WEIGHT AND BMI

The mean weight of G1 (55.65 kg) was significantly lower ($P = 0.02$) than that of G2 (62.61 kg). A similar difference was observed when comparing the BMI of G1 (19.49 kg/m²) with that of G2 (23.32 kg/m²), with this difference also being significant ($P = 0.00026$). According to the WHO classification, these values qualify G1 as "normal build" and G2 as "overweight".

The normal weight of G1 could be attributed to the regular physical activity associated with the rural work carried out by these women. On the other hand, the excess weight observed in G2 could be explained by the low energy expenditure of this group, which confines itself to daily domestic tasks without any other physical activity. In fact, the physical activity generated by rural work raises the general metabolism, optimizing the distribution of the energy absorbed. This optimization prevents the storage of fat and helps maintain a normal weight. What's more, field work significantly reduces the size of fat cells by breaking down triglycerides and simultaneously inhibiting the synthesis of new fats.

Physical activity is therefore an effective way of increasing energy expenditure, maintaining energy balance (between intake and expenditure) and, combined with a suitable diet, reducing excess body fat. This not only reduces weight, but also replaces some of the fat mass with lean mass. By burning the fat circulating in the blood, physical activity helps to lower levels of bad cholesterol (LDL and triglycerides) and increase levels of good cholesterol (HDL), which protects the arteries. It also improves lipid metabolism, reducing the concentration of bad cholesterol (LDL-cholesterol) in the blood, promotes a better balance between lean body mass (muscle) and fat mass, and helps to control weight better.

4.2 HEART RATE AND BLOOD PRESSURE

Cardiovascular disease is a major public health issue in Senegal, as it is in most countries, including the most developed. According to the World Health Organization [1], the main causes of death from cardiovascular disease are coronary heart disease and stroke. Factors such as heart rate, systolic blood pressure (SBP) and diastolic blood pressure (DBP) can play a role in the onset or worsening of these conditions.

Regular physical activity is beneficial in strengthening the vagus nerve, which moderates cardiac activity, and also allows the fat stored on the artery walls to be used up. It also plays a crucial role in the prevention and management of cardiovascular disease. Regular physical activity helps to control high blood pressure and heart rate, because it is well established that physical exercise reduces the risk of cardiovascular disease, the intensity of exercise being a key factor [2].

In our study, the mean resting heart rate of G1 (80bpm) was slightly lower than that of G2 (81bpm), but this difference was not statistically significant ($P = 0.66$). This suggests that the intensity of the field work performed by the G1 women may not be sufficient to induce a significant reduction in resting heart rate.

It is important to emphasize that lower heart rate leads to a considerable reduction in the daily workload of the myocardium, which in turn reduces the risk of cardiovascular disease. A lower resting heart rate also reduces the risk of fatal coronary disease [3], because it shows that the heart no longer needs to perform as many contractions as before to meet the body's needs (oxygen and nutrient supply, and transport of waste products to recycling or evacuation organs). It also shows that there is no formation of plaque or fatty deposits on the inner wall of the coronary arteries [4]. The effect of physical activity is a reduction in systolic blood pressure (SBP) and diastolic blood pressure (DBP). This reduction is particularly significant in hypertensive subjects and depends on the intensity and regularity of the physical exercise. The more intense and regular the exercise, the greater the reduction in blood pressure.

In our study, there was no statistically significant difference between the systolic (12.7 cmHg vs. 12.22 cmHg) and diastolic (7.23 cmHg vs. 7.66 cmHg) blood pressures of the two groups. These blood pressure values indicate that both groups have normal mean blood pressure, as they are below the WHO limit values (SBP = 140 mmHg and DBP = 90 mmHg), above which a subject is considered to be hypertensive. This non-significant difference in blood pressure between the two groups could be explained by the intensity of the work carried out in the fields by the women of Ziguinchor.

Previous studies have shown that the more active the subjects, the weaker the SBP and DBP [5], and as such, the risk of developing hypertension is higher in subjects with a low level of physical fitness [6].

5 CONCLUSION

The aim of this study was to investigate the effects of field work on women in the commune of Ziguinchor. To do this, we compared weight, body mass index, heart rate and systolic and diastolic blood pressure between a group of women doing field work and another group doing only domestic work in the family plot.

The results of our study show that the weight and BMI of the women who did not perform fieldwork were significantly higher than those of the women who did. However, no statistically significant difference was observed between the two groups in terms of heart rate and blood pressure measured at rest. Thus, the rural work performed by our sample of Ziguinchor women does not appear to strengthen the cardio-modulating vagus nerve or reduce peripheral resistance to blood flow.

REFERENCES

- [1] American Heart Association. (2017) heart disease and stroke statistics-2017 update. Circulation, Available: <http://circ.ahajournals.org/content/circulationaha/early/2017/01/25/CIR.0000000000000485.full.pdf>
- [2] W. Larry Kennedy, J. H. Wilmore, D. L. Costil. Physiology of sport and exercise 7th edition, translated from the American by Arlette and Paul Delamarche, Carole Groussard and Hassane Zoual, De Boeck Supérieur s.a., 2021.
- [3] M.B. Conroy, N.R. Cook., J.E. Manson, J.E. Buring, I.M. Lee. Past physical activity, current physical activity, and risk of coronary heart disease. Medicine and Science in Sports and Exercise, no. 37, pp. 1251-1256, 2005.
- [4] Berenson G.S., S.R. Srinivasan, W. Bao, Newman W.P., R.E. Tracy, W.A. Wattigney Association between multiple cardiovascular risk factors and atherosclerosis in children and young adults. The Bogalusa Heart Study. New England Journal of Medicine, no. 338 pp.1650- 1956, 1998.
- [5] Montoye HJ, Metzner HL., Keller JB., Johnson BC., Epstein FH. Habitual physical activity and blood pressure. Medicine and Science in Sports and Exercise, no. 4, pp.175-181, 1972.
- [6] Blair SN, Goodyear NN, Gibbons LW, Cooper KH. Physical fitness and incidence of hypertension in healthy normotensive men women. Journal of the American Medical Association, no.252: 487-490, 1984.

Phénologie des arbres du Centre National de Floristique de l'Université Félix Houphouët Boigny de Cocody, Abidjan, Côte d'Ivoire

[Phenology of trees at the National Center for Floristics at Félix Houphouët Boigny University in Cocody, Abidjan, Côte d'Ivoire]

Diomande Souleymane¹, Gone Bi Zoro Bertin²⁻³, Kouakou Yao Bertin⁴, Konan Amenan Béatrice², Bakayoko Adama³⁻⁵, and Traore-Ouattara Kadidia⁴

¹Département Agriculture et innovation technologique, UFR Agriculture, Ressources Halieutiques et Agro-Industries, l'Université de San Pédro, BP 1800 San - Pedro, Côte d'Ivoire

²Laboratoire de Botanique, UFR Biosciences, Université Félix - Houphouët Boigny, 22 BP 582 Abidjan 22, Côte d'Ivoire

³Centre Suisse de Recherche Scientifique en Côte d'Ivoire, 01 BP 1303 Abidjan 01, Côte d'Ivoire

⁴Laboratoire d'Amélioration de la Production Agricole, UFR Agroforesterie, Université Jean Lorougnon Guédé de Daloa, BP 150 Daloa, Côte d'Ivoire

⁵Laboratoire de Botanique et Valorisation de la Diversité Végétale, Université Nangui Abrogoua, UFR Science de la Nature, BP 109 Abidjan 08, Côte d'Ivoire

Copyright © 2026 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 sought to investigate the relationships between climate trends and tree reproductive cycles at the National Floristic Center of Abidjan over a period of more than thirty years. Climate trends were analyzed and reveal major increases in rainfall; more frequent extreme events; a decline in maximum temperature, which is a direct contradiction to the global records observed; and tree phenological rhythms. Monitoring of eleven tree species demonstrated continuous fruiting the greatest being in December for thirteen individuals, flowering at peak in February for five individuals belonging to three different species, and exhibiting different adaptations to new environmental conditions. The results indicated a high level of synchronization between the biological cycles of trees and climatic parameters. In this respect, the biological rhythms were particularly more sensitive to temperatures between January and May and the triggering of reproductive phases was more tied to rainfall. Overall mixes of responses were shown by the species, by climate trends and by climate variables.

KEYWORDS: climate, phenology, rainfall, temperature, reproduction.

RESUME: Au cours de la présente étude, les relations entre les variations climatiques et les cycles de reproduction des arbres ont été analysées. L'observation s'est déroulée sur une période de six mois. Les données climatiques recueillies montrent une augmentation progressive des précipitations, ainsi qu'une fréquence plus élevée d'événements climatiques extrêmes. Contrairement aux tendances climatiques globales, une diminution des températures maximales a été notée. Parallèlement, un suivi phénologique de onze espèces d'arbres a été effectué. Les résultats ont révélé des fructifications continues, avec un pic observé en décembre chez treize individus. De plus, les floraisons maximales ont été enregistrées en février pour cinq individus, appartenant à trois espèces différentes. Ces observations mettent en évidence des réactions variées des espèces aux nouvelles conditions environnementales. Les résultats montrent bien une synchronisation étroite des cycles biologiques des arbres et des mesures climatiques, surtout par rapport aux températures entre janvier et mai, et l'important rôle joué par les pluies dans le déclenchement des phases reproductives, de façon spécifique aux espèces elles-mêmes face aux changements observés.

MOTS-CLEFS: climat, phénologie, pluie, température, reproduction.

1 INTRODUCTION

Les forêts, éléments vitaux pour la biodiversité et le climat mondial, subissent une déforestation massive, particulièrement en Côte d'Ivoire [1]. En effet, la couverture forestière de la Côte d'Ivoire est passée de 16 millions d'hectares à 2.7 millions d'hectares entre le XIX^e et XX^e siècle [2]. Les causes principales sont l'agriculture sur brûlis, les plantations agro-industrielles, les barrages hydroélectriques et l'urbanisation. A ces facteurs, il faut ajouter le changement climatique qui aggrave ces menaces en perturbant les cycles des espèces et les équilibres écosystémiques. Face à ce déclin, plusieurs aires protégées dont le Centre National de Floristique (CNF) de Cocody sont créées. Dans un contexte de changement climatique, il apparaît judicieux de mener des études pour caractériser et préciser les nombreuses conséquences des variations climatiques sur les plantes du CNF. Ce site est crucial pour étudier la phénologie (rythmes saisonniers des plantes) des arbres tropicaux, encore mal connue dans un contexte de dérèglement climatique. La phénologie des espèces végétales caractérisée par la floraison, la fructification, la levée des jeunes plantes, l'apparition et la chute des feuilles sur les arbres, paraît une des meilleures options. En effet, la phénologie des espèces végétales désigne l'étude de la répartition dans le temps des événements biologiques cycliques de la plante qui sont influencés par l'environnement, en particulier par les variations de température conditionnées par le type de climat [3]. En outre, il est démontré que la phénologie des plantes est clairement liée au climat [4], cette relation dépend de l'espèce, de sa variabilité génétique et de sa sensibilité à différents facteurs météorologiques tels que la pluie, de la température, le froid en hiver ou par la chaleur au printemps. Ainsi, la phénologie fournit des connaissances sur la dynamique annuelle et interannuelle de la végétation, et constitue un paramètre essentiel pour évaluer le fonctionnement des écosystèmes face au changement climatique (Rivas, 2022). Par conséquent, les dates de floraison et de maturation des fruits des arbres contribuent au succès reproducteur de l'individu et donc à la pérennité de sa descendance, et sont donc fortement soumises à la sélection naturelle [5].

L'objectif principal de ce travail est d'inventorier et d'analyser la phénologie des arbres forestiers du centre national de floristique de l'Université Félix Houphouët Bobigny de Cocody. Deux objectifs spécifiques découlent de cet objectif général. D'abord, il s'agit Ce mémoire vise à :

Identifier les phases phénologiques dominantes des principales espèces d'arbres du CNF. Ensuite, déterminer l'influence des facteurs climatiques (température et pluie) sur ces phases.

2 MATÉRIELS

2.1 ZONE D'ÉTUDE

Cette étude s'est déroulée au sein du Centre National de Floristique (CNF) de l'Université Félix Houphouët Boigny de Cocody (Figure 1). Cet historique et magnifique site de conservation de la biodiversité floristique a une superficie de 10.25 ha [6]. Le CNF est composé d'un arboretum et d'une relique de forêt secondaire [7] et compte environ 750 espèces [8]. Cependant, la faune du Centre National de Floristique est très pauvre compte tenu de sa forte anthropisation [8]. Ce joyau bénéficie d'un climat tropical humide, qui joue le rôle de conservateur *in-situ* et *ex-situ*.

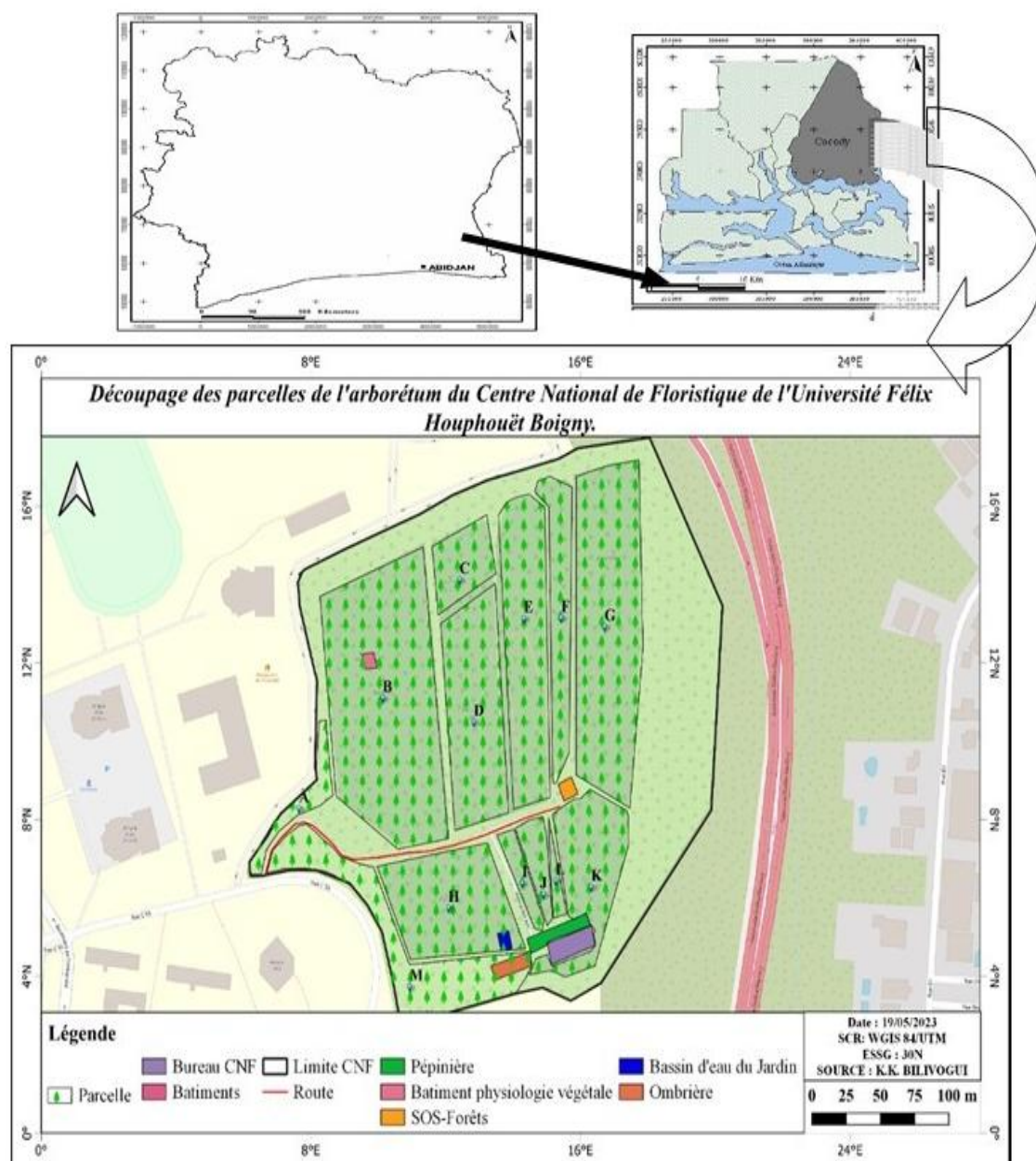


Fig. 1. Situation géographique du Centre National de Floristique (CNF) de l'Université Félix Houphouët Boigny de Cocody

2.2 MATÉRIEL BIOLOGIQUE

Le matériel biologique utilisé dans cette étude est constitué de plusieurs taxons recensés.

2.3 MATÉRIELS TECHNIQUES

Pour cette étude, le matériel technique utilisé est composé de:

- Jumelles: Pour observer les phases phénologiques (bourgeons, fleurs, fruits) sur les arbres de grande taille sans perturber le site,
- Appareil photo numérique: pour documenter visuellement les différentes phases phénologiques (débourrement, floraison, fructification, sénescence foliaire).
- Carnet de terrain et stylos étanches: pour noter les observations directement sur le site.
- GPS (Global Positioning System): pour localiser précisément les arbres étudiés et enregistrer leurs coordonnées géographiques.

3 MÉTHODES D'ÉTUDE

3.1 DONNÉES PHÉNOLOGIQUES

3.1.1 METHODES D'ETUDE ET DE COLLECTE DE DONNEES DE LA PHENOLOGIE

En phénologie, deux méthodes d'observation (méthode d'observation directe aux jumelles et méthode d'observation indirecte) sont utilisées. Dans cette étude, la méthode d'observation directe aux jumelles a été utilisée. Cette méthode telle que décrite par [9; 10] consiste à parcourir la surface à étudier. L'objectif principal est d'observer les phases phénologie à l'œil nu ou à l'aide des jumelles et les noter dans un bloc note. Ainsi, dans la présente étude, la collecte des données phénologiques a été effectuée au travers des visites régulières sur le site d'étude pour noter les différentes dates de floraison et de fructification des différentes espèces végétales.

3.1.2 MÉTHODE D'ANALYSE DES DONNÉES PHÉNOLOGIQUES

Les données phénologiques collectés sur le site d'étude ont été traités à l'aide du logiciel Excel et analysées. L'analyse de la diversité qualitative a permis de déterminer les types biologiques et les types chronologiques. Les analyses quantitatives ont permis de déterminer la diversité de la richesse floristique (composer de nombre d'espèces, le genre et la famille botanique) et calculer également le taux de floraison, fructification et les phénogrammes.

3.1.3 MÉTHODE D'ANALYSE DES DONNÉES PHÉNOLOGIQUES

Les données phénologiques collectés sur le site d'étude ont été traités à l'aide du logiciel Excel et analysées. L'analyse de la diversité qualitative a permis de déterminer les types biologiques et les types chronologiques. Les analyses quantitatives ont permis de déterminer la diversité de la richesse floristique (composer de nombre d'espèces, le genre et la famille botanique) et calculer également le taux de floraison, fructification et les phénogrammes.

3.2 DONNÉES CLIMATIQUES

3.2.1 METHODES DE COLLECTES DE DONNEES CLIMATIQUES

Les données climatiques utilisées dans cette étude proviennent de la SODEXAM (société d'exploitation et de développement aéroportuaire et aéronautique et météorologique) au niveau de la station synoptique d'Abidjan les données de précipitation s'étendent de 1990 à 2023 et celles des températures s'étend de 2003 à 2023.

3.2.2 MÉTHODE D'ANALYSE DES DONNÉES CLIMATIQUES

Plusieurs indices ont été calculés pour caractériser le climat. Certains Indices ont concerné les précipitations et d'autres ont concerné la température. L'analyse a combiné plusieurs approches: Tests de tendance: Test de Mann-Kendall pour détecter les évolutions significatives, la méthode de Sen pour quantifier les pentes des tendances et l'analyse de variabilité pour le calcul des moyennes saisonnières et Identification des extrêmes climatiques.

3.2.2.1 INDICES DES PRÉCIPITATIONS

Les indices-calculées sont: PRCPTOT: précipitations annuelles totales, SDII: intensité moyenne des jours pluvieux, CDD/CWD: durée maximale des périodes sèches/humides, R95P: volume des précipitations extrêmes (>95e percentile).

3.2.2.2 INDICES DES TEMPÉRATURES

Les indices concernant la température dans cette étude sont: TXx: température maximale annuelle, Tmin/Tmax: températures minimales/maximales mensuelles et TR26: nombre de jours avec T = 26°C.

3.3 IDENTIFICATION DES ESPÈCES

L'identification botanique des certaines espèces végétales a été réalisée en collaboration avec des experts et à l'aide de flores de référence telles que Flore de la Côte d'Ivoire [11] et [12]. D'autres spécimens collectés ont été comparés à ceux d'herbiers disponibles au Centre National de Floristique. La classification botanique adoptée est [13]. Après l'identification des espèces, la liste floristique des espèces dont la phénologie a été observée a été établie.

4 RESULTATS

4.1 FLORAISON DES ESPECES VEGETALES DU CENTRE NATIONAL DE FLORISTIQUE

Au niveau de la floraison des espèces, de nos résultats, montrent que les différentes espèces végétales du CNF entrent en floraison sur une période de six moi. Cette période est comprise entre décembre et mai. Il ressort que le pic de floraison est atteint en février, mois de transition saison sèche / saison humide (Figure 2). Au CNF, cinq individus appartenant à trois espèces que *Anthocleista djalensis*, *Omphacarpum elatum* et *Cola gabonensis* portent des fleurs pendant cette période.

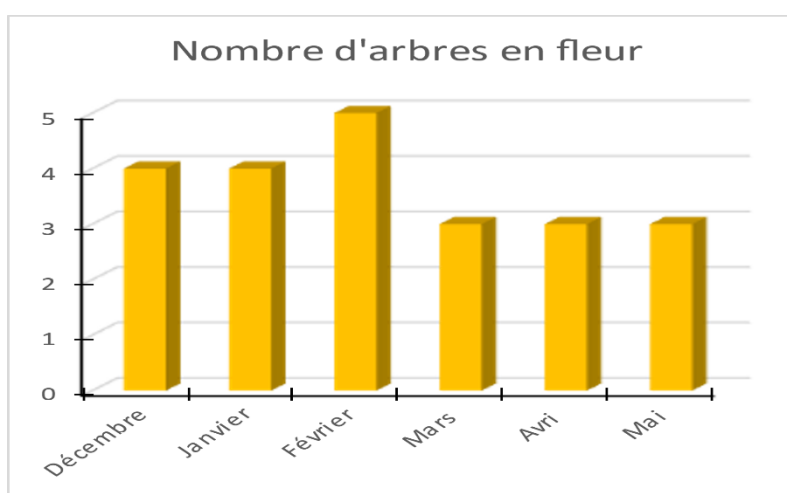


Fig. 2. Diagramme de la floraison

4.2 FRUCTIFICATION

La fructification des espèces végétales du CNF s'étend sur une période de six mois allant du mois de décembre au mois de mai. Nos recherches révèlent que le pic est atteint pendant la saison sèche c'est-à-dire en décembre (Figure 3). Cette fructification en décembre concerne 13 individus de 11 espèces.

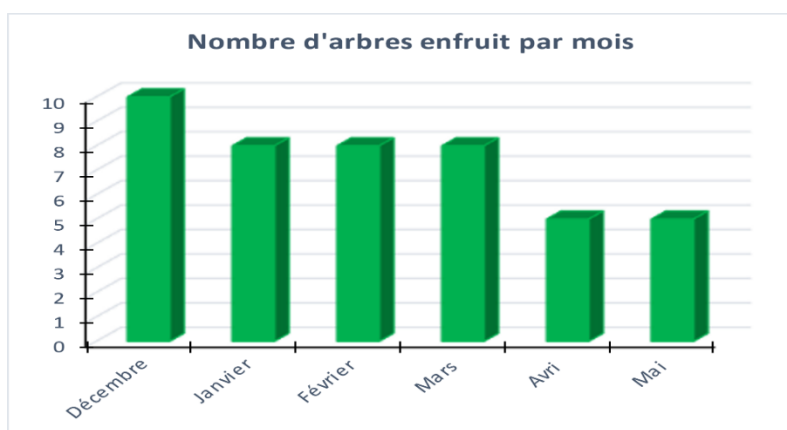


Fig. 3. Diagramme de la fructification

4.3 VARIABILITÉ DES INDICES DE PRÉCIPITATION

4.3.1 PRÉCIPITATIONS MOYENNES ANNUELLES TOTALES

Les précipitations moyennes annuelles totales varient de 1000 mm³ à 2500 mm³. De 2014 à 2023, seulement trois années ont une pluviométrie totale supérieure à 2000 mm³.

4.3.2 VOLUME DES PRÉCIPITATIONS EXTRÊMES

2007 le CNF a enregistré le plus faible volume précipitations. Ce volume est moins de 125 mm³. A l'opposé, en 2023 le CNF a enregistré la plus forte volume précipitations. Le volume a atteint 1000 mm³. Concernant les faibles volumes, le CNF enregistre ces dix dernières années quatre années avec des volumes de précipitations inférieurs à 250 mm³. S'agissant les fortes précipitations, hormis la valeur de 2023, le CNF connaît une seule année avec un volume sensiblement égal à 1000 mm³. Ce volume a été enregistré en 2015.

4.3.3 CDD/CWD: DUREE MAXIMALE DES PERIODES SECHES/HUMIDES

De 2003 à 2023, nous le CNF a connu de sortes de durée maximale des périodes sèches / humides. La plus longue durée de période sèche / humide a été enregistrée en 2011 avec 15 jours sans pluies. Cependant, en 2008 et en 2016 avec deux jours seulement, le CNF a connu de faible période sèche / humide

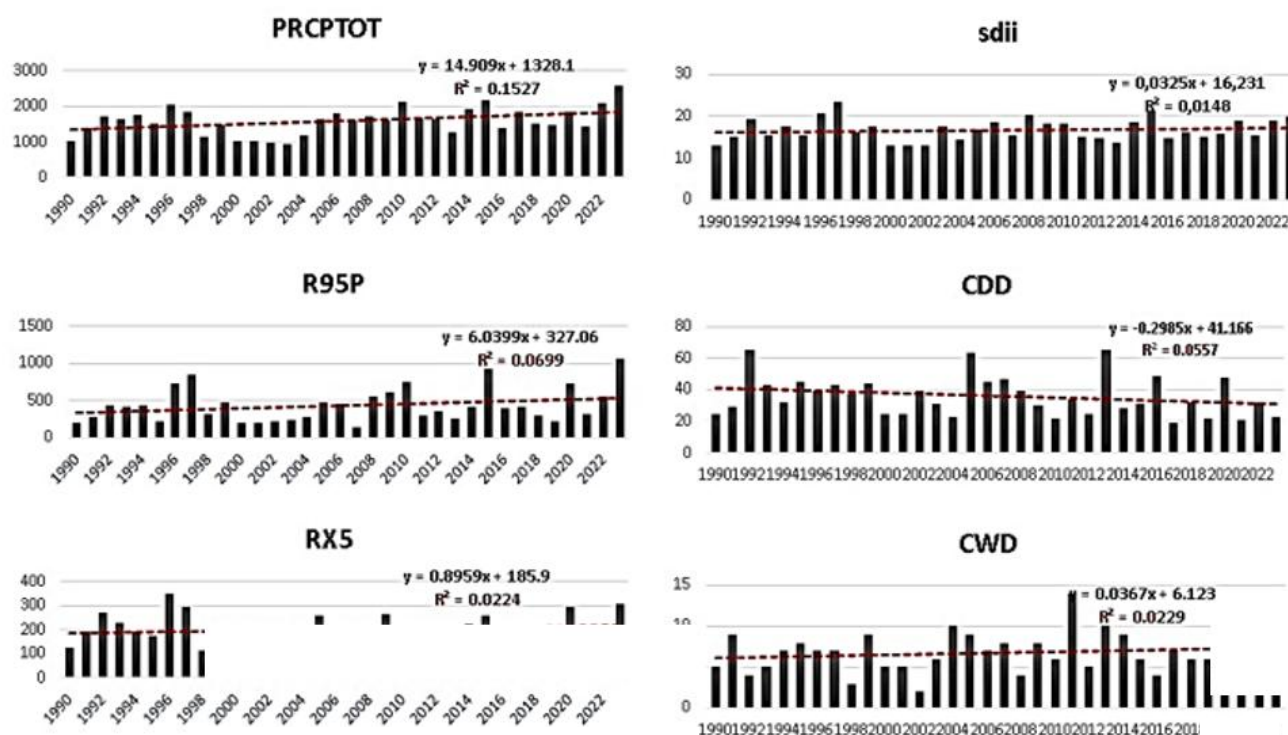


Fig. 4. Variabilité des indices de précipitation

4.4 VARIABILITÉ DES INDICES DE TEMPERATURE

Le traitement des données obtenues auprès de la SODEXAM révèle plusieurs informations.

La température minimale du Centre National de Floristique sur une période de 20 ans allant de 2003 à 2023 est légèrement supérieure à 24° C et inférieure à 25° C. Notons que de 2014 à 2023, c'est-à-dire sur dix ans, six années ont une température minimale égale 25° C. Sur la même période, la température maximale est 36° C.

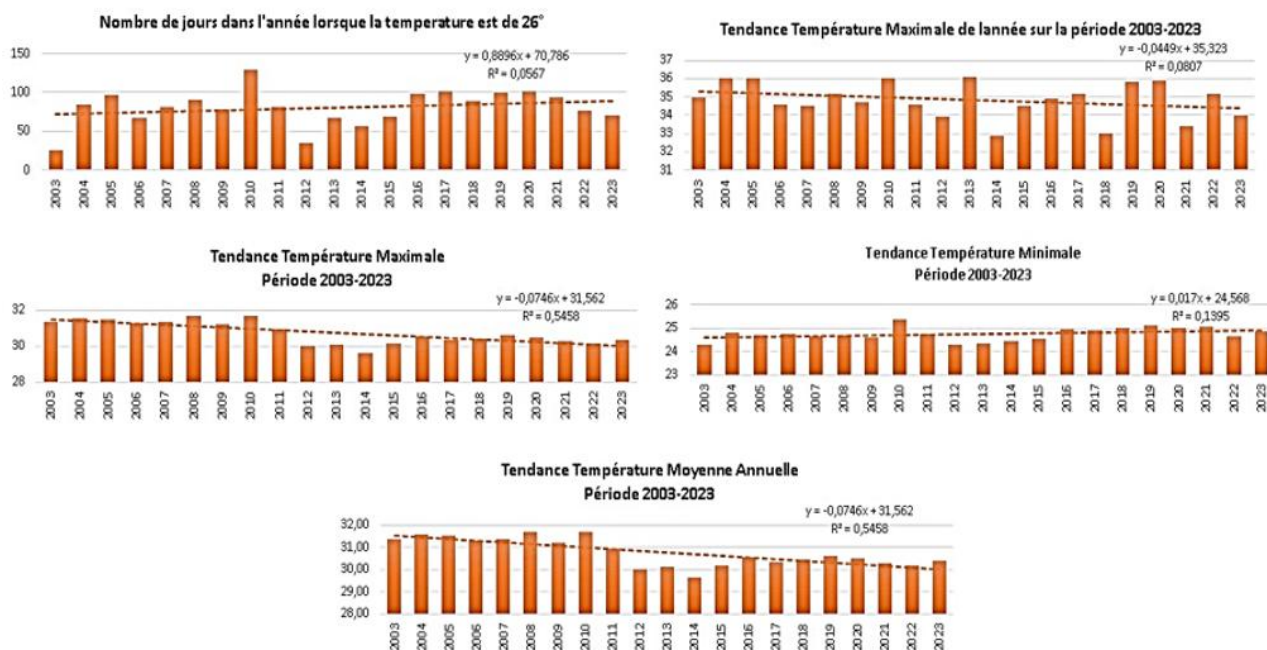


Fig. 5. Variabilité des indices de température

5 DISCUSSION

La fructification atteint son pic durant la saison sèche (décembre), puis diminue avec l'arrivée des pluies à partir d'avril. Ce cycle est similaire aux observations faites par [14] sur *Acacia tortilis* au Sénégal. Selon ces auteurs, la fructification maximale en saison sèche favoriserait la dispersion des graines de cette espèce avant les premières pluies. Par ailleurs, l'apparition des fruits de certaines espèces telles que *Bombax costatum* et *Parkia biglobosa* annoncent sans aucun doute la saison sèche [15].

La floraison des espèces végétales du CNF s'étend sur une période de six mois. Ce résultat pourrait se justifier par le fait que toutes les plantes du CNF ne fleurissent pas pendant le même mois. Des observations similaires ont été faites par [16]. Selon ces auteurs, le calendrier floral d'une zone est susceptible de varier du fait des variations climatiques en cours, notamment par leurs impacts sur la date du début de la saison des pluies, sa durée et sur la quantité des précipitations annuelles. Au CNF, cette floraison présente un pic en février, mois de transition entre la grande saison sèche et la saison des pluies. Ces résultats sont semblables à ceux de [15]. Selon ces auteurs, la floraison de plusieurs espèces telles que *Bombax costatum*, *Parkia biglobosa*, *Pterocarpus erinaceus*, annoncent bien la fin des pluies et le début de la saison sèche. Ailleurs, en Inde, ce résultat rejoint les conclusions de [17], où *Ficus mollis* fleurit en période intermédiaire pour profiter à la fois l'humidité résiduelle et l'activité des pollinisateurs.

Les précipitations montrent une augmentation significative, créant des conditions plus humides qui prolongent la période végétative tout en entraînant une réduction de la fructification lors des mois les plus pluvieux. L'importance de l'étude de l'influence de la pluviométrie sur les paramètres végétatifs des végétaux du CNF se justifierait par le fait que les répercussions de la variabilité des indices de précipitation sont immédiates et durables sur le milieu naturel, les écosystèmes et sur l'homme. En effet, caractériser l'impact de la variabilité climatique sur les régimes pluviométriques saisonniers est indispensable pour proposer des solutions adaptées aux projets de développement [18]. Les précipitations montrent une augmentation significative, créant des conditions plus humides qui prolongent la période végétative tout en entraînant une réduction de la fructification lors des mois les plus pluvieux, probablement pour éviter la pourriture des fruits.

Les températures présentent une évolution particulière avec une diminution inattendue des maximales. Cette diminution serait attribuable aux effets locaux de brise marine, tandis que les minimales augmentent, réduisant les stress thermiques nocturnes. Ce résultat est contraire à ceux de plusieurs auteurs. En effet, avec le réchauffement climatique, les températures sont en hausse [19]. Par ailleurs, l'augmentation de la température à la surface de la Terre, inédite par son ampleur et sa rapidité, est le premier indicateur du changement climatique [20]. Ces modifications climatiques influencent directement les rythmes phénologiques: la floraison culmine en février lors de la transition climatique, alors que la fructification intensive profite des conditions plus sèches de décembre.

6 CONCLUSION

Cette recherche a permis de recenser avec précision les dynamiques phénologiques des espèces du CNF en relevant des schémas saisonniers au sein de leur cycle reproductif. Les observations ont permis d'identifier treize individus appartenant à onze espèces différentes ayant fructifié durant la période d'observation, avec un pic observé au mois de décembre. Parallèlement, cinq individus représentant trois espèces ont fleuri avec un maximum d'intensité enregistrée en février. Ces données mettent en évidence des variations interspécifiques notable dans le déroulement des différentes phases phénologiques.

L'analyse de la variabilité climatique a montré une nette augmentation notable des précipitations totales, (+14 mm par an de moyenne), ainsi qu'une intensification de la fréquence des épisodes pluvieux extrêmes. Alors que l'on assiste à une diminution importante des épisodes de sécheresse prolongée. Concernant les températures, les résultats témoignent d'un refroidissement des maximales qui détonnent avec les tendances mondiales, tandis que les minimales affichent une légère hausse. Ces évolutions climatiques semblent influencer directement les cycles biologiques des espèces, avec une synchronisation des phases de reproduction avec des régimes de températures et précipitations, observable entre janvier et mai. Ces constats montrent bien la faculté d'adaptation disparate des espèces végétales face aux nouvelles conditions environnementales dans lesquelles elles évoluent, tout en insistant sur la nécessité de prendre en compte ces données dans les pratiques de gestion des écosystèmes. Cette variabilité observée invite cependant à renforcer les études pour mieux comprendre les mécanismes impliqués et améliorer les prévisions à long terme.

REFERENCES

- [1] Y. B. Kouakou, K. J. Kouassi, A. S. F. Kossonou, N. A. Koffi, D. F. Malan and A. Bakayoko (2013). Diversity and availability of woodfuel used in rural areas by Koulango and Lobi populations on Eastern periphery of Comoé National Park (Côte d'Ivoire). *International Journal of Innovation and Applied Studies*. 40 (3) 686 – 697.
- [2] M. Koné, Y. L. Kouadio, D. F. R. Neuba, D. F. Malan and L. Coulibaly (2014). « Evolution of the forest cover in Cote d'Ivoire since 1960 to the beginning of the 21st century. » *International Journal of Innovation and Applied Studies*,. 7 (2) 782 - 794. 2014.
- [3] O. G. J. Etou, M. D. L. Ongouya, N. C. Mbon, A. Makoundou and J. A. Mpika (2024). Phénologie florale de *Dacryodes edulis* (G. Don) H.J. Lam (Burseraceae) en République du Congo. *IOSR Journal of Agriculture and Veterinary Science*, 17 (4) 11-18.
- [4] F. Lebourgeois, J-C. Pierrat, V. Perez, C. Piedallu, S. Cecchini and U. Erwin (2008). Déterminisme De La Phénologie Des Forêts Tempérées Françaises: Etude Sur Les Peuplements Du Réseau Renecofor. *Rev For Fr Lx* 3: 323-43.
- [5] N. Jdaïdi and B. Hasnaoui (2016). Influence des facteurs climatiques sur la phénologie de Merisier (*Prunus avium*) au Nord-Ouest de la Tunisie, *Revue Marocaine des Sciences Agronomiques et Vétérinaires* 4 (2): 23-31.
- [6] K. H. Yaokokore-Beibro, M. F. Gueye, E. M. Konan, D. P. Nangah and K. P. Kouassi, (2016). Premières données sur la diversité des oiseaux du Campus Universitaire Félix Houphouët-Boigny de Cocody à Abidjan, Côte d'Ivoire. *Afrique SCIENCE* 12 (4) 67 – 75.
- [7] E. M. Konan, C. J. M. Niamien, O. M. Okon, V. F. Guetonde and K. H. Yaokokore – Beibro (2024). EFFETS de quelques variables environnementales sur la distribution des oiseaux en milieu urbain, Abidjan, Côte d'Ivoire. *Revue Ivoirienne des Sciences Technologiques*, 43: 1 – 15.
- [8] D. H. N'da, C. Y. Adou Yao, K. B. Kpangui, J. I. Ipou and K. E. N'guessan (2009). Systèmes d'informations géographiques et gestion du jardin botanique du Centre National Floristique (Université de Cocody Abidjan, Côte d'Ivoire). *Ann. Univ. Lomé*, Tome XVIII: 117-140.
- [9] K. O. Koelmeyer (1959). Flowering in the principal forest communities of Ceylon. *Ceylon Forester*, 4, (2): 157-169.
- [10] K. O. Koelmeyer (1960). - The periodicity of leaf change and flowering in the principal forest communities of Ceylon. *Ceylon forester*, 4, (4): 308-364.
- [11] L. Aké Assi, (2001). Flore de la Côte d'Ivoire: catalogue systématique, biogéographie et écologie, tome I. Conservatoire du jardin botanique Boissera, 57, Genève (Suisse), 396P.
- [12] Plant Resources of Tropical Africa (PROTA, 2012). Basic list of species and commodity grouping. *Ressources Végétales de l'Afrique Tropicale*. Liste de base des espèces et de leurs groupes d'usage.
- [13] APG IV, 2016. An update of the Angiosperm phylogeny Group classification for the orders and families of flowering plants. *Botanical Journal of the Linnean Society*, 181 (1): 1 -20.

- [14] M. D. Diallo, M. Mahamat-Saleh, A. Diallo, C. Basséné, O. Ndiaye and K. Niang, (2016). Caractérisation de la variabilité des phénophases de cinq espèces végétales sahéliennes dans la zone Nord Ferlo, Sénégal. *Revue Ivoirienne des Sciences Technologiques*, 27: 117 - 35.
- [15] Y. B. Kouakou, D. F. Malan, A. L. Litta, K. G. Kouassi and A. Bakayoko, 2018. Plantes indicatrices des terres fertiles et de changement de saisons chez les Koulango et les Lobi riverains du Parc national de la Comoé, Nord-Est de la Côte d'Ivoire. *Afrique SCIENCE*, 14 (6), 234 - 246.
- [16] J. Profizi, S. Ardila-Chaivet, C. Billot, P. Couteron, M. Delmas, T.M.H. Diep, P. Grandcolas, K. Kokou, S. Muller, A.S. Rana, H. L.T. Ranarijaona and B. Sonke, 2021. Biodiversité Des Écosystèmes Intertropicaux. 786 P.
- [17] R. K. Yadav and A. S. Yadav (2008). Phenology of selected woody species in a tropical dry deciduous forest in Rajasthan, India. *Tropical Ecology*, 49 (1), 25-34.
- [18] A. M. Kouassi, K. F. Kouamé, Y. B. Koffi, K. B. Dje, J. E. Paturel and S. Oularé (2010). « Analyse de la variabilité climatique et de ses influences sur les régimes pluviométriques saisonniers en Afrique de l'Ouest: cas du bassin versant du N'zi (Bandama) en Côte d'Ivoire », *Cybergeog: European Journal of Geography Environnement, Nature, Paysage*, 1 – 30.
- [19] F. ADRA, (2017). Etude des effets d'une élévation de température sur la croissance et le développement du pêcher. Conséquences sur la qualité des fruits. Thèse de Doctorat, Université d'Avignon et des Pays de Vaucluse, 176 P.
- [20] S. Janicot, C. Aubertin, M. Bernoux, E. Dounias, J.-F. Guégan, T. Lebel, H. Mazurek, (2015). *Changement climatique*. IRD Éditions, 277 p.

Rôle de la fidélisation des clients dans la pérennité des IMF de la ville de Parakou au Bénin

[Assessing the impact of customer loyalty on the long-term sustainability of microfinance institutions in Parakou, Benin]

Vinablo Kodjo Dominique Dagbelou¹, Souleimane Adeyemi Adekambi², and Jacob Afouda Yabi³

¹Enseignant chercheur, Institut Universitaire de Technologie-Université de Parakou -Benin (IUT, UP) – Centre de Recherche en Entrepreneuriat-Création et Innovation (CRECI) - Laboratoire de Recherche en Dynamique Economie et Sociale (LARDES – UP), Benin

²Enseignant chercheur, Institut Universitaire de Technologie-Université de Parakou -Benin (IUT, UP) - Centre de Recherche en Entrepreneuriat-Création et Innovation (CRECI) - Laboratoire de Recherche en Dynamique Economie et Sociale (LARDES – UP), Benin

³Enseignant chercheur, Département d'Economie et Sociologie Rurale (ESR), Faculté d'Agronomie, Université de Parakou, Bénin, Laboratoire de Recherche en Dynamique Economie et Sociale (LARDES – UP), Benin

Copyright © 2026 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: Most scientists today believe that microfinance is an effective means of alleviate poverty and financial exclusion. It plays an important role in improving the living conditions of rural populations; by providing them with productive resources through the provision of credit, savings, tontine and insurance services. The recognized importance of microfinance institutions has led to the creation of a multitude of microfinance institutions. This situation raises the problem of competition that the latter engage in, especially when the government decides to intervene in the sector with the creation of microfinance institutions with the «microcredit for the poorest» program. The methodology used consisted of collecting data from 265 MFI clients in the town of Parakou in Benin. Multiple regression was used to analyze the results. According to the results, individual factors (client satisfaction, client trust in the institution, and social networks) better explained client loyalty than factors relating to the quality of IMF service delivery. Likewise, the viability of the IMF is determined more by economic factors (resources necessary to meet the various charges, provisions for doubtful debts, volume of activities and collection capacity) than by social factors (physical proximity and the cultural proximity of the institution to their clients). And finally, customer loyalty explains the viability of the IMF.

KEYWORDS: satisfaction, customer loyalty, service quality, sustainability of MFIs, Parakou.

RESUME: La plupart des scientifiques reconnaissent aujourd'hui que la micro finance est un moyen efficace de lutte contre la pauvreté et contre l'exclusion financière. Elle joue un important rôle dans l'amélioration des conditions de vie des populations rurales; en leur fournissant des ressources productives à travers l'offre des services de crédits, d'épargne, de tontine et d'assurance. L'importance reconnue des institutions de micro finance a suscité la création d'une multitude d'institutions de micro finance. Cette situation pose la problématique de la concurrence que ces dernières se livrent surtout lorsque le gouvernement décide d'intervenir dans le secteur avec la création des institutions de micro finance avec le programme « microcrédit aux plus pauvres ». La méthodologie utilisée a consisté en la collecte des données sur auprès de 265 clients des IMF de la ville de Parakou au Bénin. La régression multiple a été utilisée pour l'analyse des résultats. Selon les résultats, les facteurs individuels (la satisfaction des clients, la confiance des clients en l'institution, et les réseaux sociaux) ont mieux expliqué la fidélisation des clients que les facteurs relatifs à la qualité des prestations de service des IMF. De même, la viabilité des IMF est plus déterminée par les facteurs économiques (ressources nécessaires pour faire face aux différentes charges, les provisions pour créances douteuses, le volume d'activités et la capacité de recouvrement) que par les facteurs sociaux (proximité physique et la proximité culturelle de l'institution à leurs clients). Et enfin la fidélisation des clients explique la viabilité des IMF.

MOTS-CLEFS: satisfaction, fidélisation des clients, qualité des services, viabilité des IMF, Parakou.

1 INTRODUCTION

La microfinance est un moyen efficace de lutte contre la pauvreté et de promotion de l'inclusion financière [1]; [2]; [3]. Elle compte plus de 90 millions de clients et distribue 4,5 milliards de dollars de crédits [4]. Selon la référence [4], la microfinance fournit des fonds de roulement à court terme et de petits crédits d'investissement. Selon la référence [2], la microfinance joue un rôle important dans l'amélioration des conditions de vie des populations rurales en leur fournissant des ressources productives. Elle offre également des services d'épargne, de tontine et d'assurance. Elle permet non seulement d'améliorer la situation financière de ses clients, mais aussi d'améliorer leur accès à l'éducation, aux soins de santé et aux loisirs.

L'importance reconnue des institutions de microfinance a suscité la création d'une multitude d'institutions de microfinance. Cette multiplicité d'institutions qui anime le système financier décentralisé pose la problématique de la concurrence que ces dernières se livrent. À cela s'ajoutent les banques classiques qui recherchent les gros clients des IMF en rabaisant également le montant de leurs prêts, sans oublier le programme « microcrédit aux plus pauvres » élaboré par le gouvernement du Bénin dans le cadre de sa stratégie de lutte contre la pauvreté. Cette situation suscite une réflexion sur la nécessité de fidéliser les clients des IMF et, par conséquent, une analyse de la relation entre la fidélisation des clients et la viabilité des IMF. À cet effet, la question de recherche suivante peut être posée: Quels sont les déterminants de la fidélisation des clients aux IMF ? La fidélité des clients détermine-t-elle la viabilité financière des IMF au Bénin ? C'est pour répondre à ces questions que nous avons formulé le thème ci-après: « Rôle de la fidélisation des clients dans la pérennité des IMF au Bénin ».

La méthodologie utilisée a consisté à collecter des données auprès de 265 clients des IMF pour évaluer leur fidélité d'une part, et des données relatives à la pérennité des IMF d'autre part. Cet article est articulé en quatre points. Le premier présente le contexte de l'étude et la nécessité d'analyser la relation qui lie la fidélisation des clients à la pérennité des IMF. Le deuxième point présente la revue de la littérature et la construction du cadre théorique de l'étude. Le troisième point traite de la méthodologie utilisée. Le cinquième point présente les résultats, suivis de leur discussion.

2 CONTEXTE ET PROBLEMATIQUE DE L'ETUDE

2.1 CONTEXTE DE L'ETUDE

Le nombre de personnes exclues du système bancaire classique faute de garantie parce que pauvres est très important. C'est précisément cette situation que décrit le Rapport mondial sur le développement humain de 2016, intitulé « Une personne sur cinq dans le monde (plus d'un milliard d'individus) continue de survivre avec moins d'un dollar par jour, un niveau de pauvreté si élevé qu'il menace leur capacité de survie. Un milliard et demi de personnes vivent avec un à deux dollars par jour. Plus de 40 % de la population mondiale forme, de fait, une classe défavorisée planétaire, confrontée quotidiennement à la réalité ou à la menace de la pauvreté la plus extrême » [5]. Selon les statistiques de 2020 établies par la référence [6], environ trois millions trois cent mille clients au Bénin bénéficient désormais des activités de microcrédits avec des prêts pouvant varier de 30 milles à plus de 30 millions de Francs CFA pour un montant total annuel variant entre 500 millions et un milliard de francs CFA. Tel est la situation en matière de besoin de financement des populations. On constate alors que les clients se promènent d'institutions en institutions à la recherche de crédits pour compenser la petite taille des montants octroyés, jugés insuffisants pour couvrir leurs multiples charges. Cette situation perturbe leur capacité réelle de remboursement et augmente leur infidélité aux IMF.

2.2 PROBLEMATIQUE DE L'ETUDE

Depuis plus d'une vingtaine d'années, les IMF se créent dans un environnement en perpétuelle évolution. La question de leur survie et de leur pérennité se pose donc avec acuité. Cela est dû à plusieurs raisons, notamment le manque de performance, le mauvais positionnement, la rude concurrence et surtout l'infidélité des clients [7]. En effet, l'infidélité des clients est une conséquence de l'insatisfaction de ces derniers; celle-ci étant déterminée par la qualité des prestations de service. Si la performance perçue correspond ou dépasse même les attentes des clients du service, ils sont satisfaits. Si ce n'est pas le cas, ils sont insatisfaits [7]. Ce critère de satisfaction des clients est valable pour toute institution. Cependant, nous constatons qu'il y a un écart moyen de 30 000 à 100 000 francs entre le montant du crédit demandé et le montant du crédit accordé aux clients dans les IMF. De plus, les échéances sont courtes, comprises entre 6 et 12 mois. Nous remarquons également la faible diversification des produits et services proposés aux besoins des clients. Cela affecte leur satisfaction. De plus, les files d'attente dans ces structures s'expliquent par la lenteur des agents de la caisse et du Service d'Appui Conseil et Renforcement des Capacités (SACR) lors du traitement des dossiers de crédits. Pour faire une demande, un client passe environ une heure dans l'agence, et une heure et demie à une jour et demi le jour du décaissement. Ces différentes pertes de temps affectent les activités des clients. De plus, le réseau social joue un rôle très important dans l'infidélité des clients. Dans le monde réel, les clients insatisfaits ont tendance à créer un bouche-à-oreille négatif et à transmettre leur impression négative à d'autres clients [8]; [9]; [10]. De même, des clients satisfaits « diffusent une image positive de la banque auprès de leur entourage » [9]; [11]. De même, des clients satisfaits « diffusent une image positive de la banque auprès de leur entourage, ils adoptent facilement les nouveaux produits,

ils aident les banques à pénétrer facilement le marché et contribuent donc indirectement à une amélioration positive des cash-flows futurs des banques » [12]; [13].

Il existe aussi une situation d'asymétrie d'informations qui peut amener les clients à utiliser le prêt des IMF à d'autres fins (par exemple pour satisfaire des besoins familiaux ou donner son argent à un autre membre du groupe), ainsi que l'éloignement de certains membres du groupe. L'insuffisance du lien d'affinité, la religion et la diversité du secteur d'activité des groupes affectent un dysfonctionnement au sein du groupe, sans oublier le sexe. L'ensemble de ces problèmes affecte la fidélité des clients et entraîne souvent le non-respect des échéances ou l'existence d'impayés. En outre, les variables du réseau social ne permettent pas de mieux fidéliser les clients. Il existe donc un problème d'appréciation plus important qui porte atteinte à la viabilité des IMF. Face à tous ces constats, une question centrale de recherche mérite d'être posée: « Quelles relations existent entre la fidélisation des clients et la viabilité des IMF au Bénin ? ».

Pour mieux répondre à cette question centrale, d'autres questions spécifiques seront posées:

- Quels sont les déterminants de la fidélisation des clients des IMF ?
- Quels sont les facteurs explicatifs de la viabilité des IMF ?
- Quelle relation lie la fidélisation des clients à la viabilité des IMF au Bénin ?

Pour répondre à ces questions, nous avons formulé le thème suivant: « Rôle de la fidélisation des clients dans la pérennité des IMF à Parakou au Bénin ». La question de la fidélisation s'inscrit dans la perspective théorique de la loi du marché, d'une part, relative à la concurrence et, d'autre part, à celle relative à l'une des insuffisances de la microfinance, portant sur la logique de limitation des risques qui pousse les IMF à accorder des montants de crédits plus petits aux clients, contraignant ainsi l'emprunteur à apprendre la rigueur dans le remboursement. Ainsi, les clients doivent recevoir de petits montants pour leurs premiers prêts pour mériter la confiance des IMF et bénéficier de montants plus importants dans les prêts futurs, une fois que leurs expériences de remboursement sont concluantes.

Ce travail vise à analyser le comportement de fidélité dans un contexte d'asymétrie d'information et de comportement opportuniste lié aux insuffisances d'un système de microcrédits.

3 LA REVUE DE LA LITTÉRATURE COMPORTE DEUX PARTIES

La revue de la littérature se compose de deux parties. La première partie définit les différents concepts relatifs à cet article et la deuxième partie examine les travaux théoriques et empiriques sur le thème.

3.1 DÉFINITION DES CONCEPTS

3.1.1 LA QUALITÉ DES PRESTATIONS DE SERVICES

La qualité des prestations de services peut être définie comme une conformité aux spécifications et une absence d'écart entre le service attendu et le service reçu ou encore comme une adaptation parfaite à l'usage. Dans le domaine des prestations de services, la qualité de service peut être considérée comme la manière dont le prestataire transfère un service à un client. Pour [14], la qualité de service doit être décomposée en plusieurs variables, dont: (1) l'accessibilité du prestataire (lieu, horaire, parking, facilité); (2) la relation avec le client (accueil, contact, écoute, attention, disponibilité, compétence, courtoisie); (3) l'information au client (pertinence, clarté, précision, rapidité); (4) les conseils aux clients (pertinence, valeur ajoutée); (5) le respect des délais (délais annoncés et délais tenus); (6) l'environnement du service (équipement, espace, confort, ambiance, supports matériels éventuels); (7) la fourniture dans le temps (reproductibilité, sécurité); (8) le coût du service (prix d'achat et coût de possession). - la pertinence et la valeur ajoutée des conseils; (5) le respect des délais: délais annoncés et délais tenus; (6) l'environnement du service: équipement, espace, confort, ambiance, supports matériels éventuels; (7) la fourniture dans le temps: reproductibilité, sécurité; (8) le coût du service: prix d'achat et coût de possession. Pour c dans leurs travaux sur la qualité des services, les éléments à retenir sont les suivants (A) la tangibilité: élément physique, équipement et apparence du personnel; (B) la fiabilité: capacité à réaliser le service avec performance et de manière précise; (C) la réactivité ou serviabilité: promptitude et volonté pour satisfaire les consommateurs et offrir un service rapide; (D) l'assurance: compétence, courtoisie et crédibilité des employés; (E) l'empathie: prise en considération, attention individualisée que l'entreprise accorde à ses clients. En somme, nous retenons les variables suivantes pour mesurer la qualité des prestations de services des IMF, car elles répondent aux éléments d'appréciation qui peuvent influencer les clients. Elles comprennent notamment le montant du crédit, le coût du service, le délai d'obtention du crédit, la qualité de l'accueil, le cadre physique de l'institution, les conseils et formations que les institutions financières offrent à leurs clients.

3.1.2 LA SATISFACTION DES CLIENTS

La satisfaction est définie par le sentiment qu'éprouve le consommateur lorsqu'il utilise un produit ou un service qui répond aux attentes qu'il s'était fixées [15]; [16]. Selon la référence [16], la satisfaction est le résultat d'un processus de comparaison entre la

performance perçue par le consommateur et ses attentes préalables [15]; [16]. Les entreprises les plus efficaces mettent tout en œuvre pour entretenir la satisfaction de leurs meilleurs clients [15]. Les clients les plus satisfaits réitèrent leurs achats futurs et témoignent auprès des autres de l'expérience positive vécue avec le produit [15]; [16]. Dans le domaine bancaire, La référence [15] décrit la satisfaction comme étant une évaluation a posteriori d'un achat effectué par un consommateur. Cette évaluation se fonde généralement sur une multitude de critères, jugés importants aux yeux du client, comme le service à la clientèle, les conditions de crédit [15]; [16]; [9].

3.1.3 LA CONFIANCE

La confiance est souvent considérée comme une variable médiatrice centrale expliquant les comportements de prise de décision [17]; [18]. Elle est à la base de toute interaction humaine ou de tout échange [19]; [20]. En marketing, cette variable est nécessaire et considérée comme un élément de contrôle clef visant à modérer les comportements opportunistes lorsque les échanges sont caractérisés par une forte incertitude [21]; [19]. En marketing des services, la confiance est définie par [21]; comme une volonté de se fier au partenaire d'échange, aussi bien en termes de conviction qu'en termes de comportement. La référence [22]; ajoute qu'elle joue un rôle moteur dans la relation, car elle renforce l'intention de coopérer et les attentes des parties en termes de continuité de la relation. Dans le domaine bancaire, [25]; [24]; affirment que la solidité d'une relation entre une banque et son client est basée sur une confiance réciproque. En effet, le banquier s'attend à ce que le client lui fournisse toute information susceptible de l'aider dans son dossier et en contrepartie, le client souhaite que son banquier lui offre un service personnalisé avec les meilleures conditions possibles.

3.1.4 LE RÉSEAU SOCIAL

Le réseau social représente une structure sociale dynamique modélisée par des sommets et des arêtes. Les sommets désignent généralement des personnes et/ou des organisations et sont reliés entre eux par des interactions sociales [25]; [26] [27]. L'objectif de Barnes est de rendre compte de l'organisation sociale d'une petite communauté, à travers l'analyse de l'ensemble des relations que ses membres entretiennent les uns avec les autres. Pour ce faire, il distingue trois « champs » sociaux: le premier à base territoriale, comprenant les unités administratives et les associations volontaires, correspond à l'organisation politique et se caractérise par une certaine hiérarchie et par une grande stabilité; le second correspond au système industriel, essentiellement organisé autour de la pêche et enfin le troisième champ social désigne l'ensemble des relations informelles entre individus formellement égaux, connaissances, amis, voisins ou parents [27]; [28]. Le réseau social est donc défini comme un ensemble d'entités sociales, telles que des individus ou des organisations sociales, reliées entre eux par des liens créés lors des interactions sociales. De même, les réseaux sociaux constituent une réputation des marques et la confiance que les consommateurs leur accordent. Ils représentent autant de risques que d'opportunités. Il appartient aux responsables marketing de les appréhender [29]. Les réseaux sociaux permettent de communiquer autour de sa marque, de générer du buzz, de développer des communautés virtuelles et des groupes de fans, de mettre en place des stratégies de conversations et des applications dans un objectif précis, mais aussi de tester des concepts auprès de panels, d'améliorer la gestion de la relation client ainsi que celle avec les fournisseurs et les partenaires [29]. La référence [30] démontre que les réseaux sociaux ont un pouvoir de communication inter membres, de formation aux valeurs partagées et de négociation sur leurs intérêts.

3.1.5 LA FIDÉLISATION DES CLIENTS

Dans plusieurs secteurs d'activités, les entreprises cherchent à fidéliser leurs consommateurs, car ceux-ci expriment une demande plus stable et relativement prévisible [31]. L'étude de la fidélisation des clients est particulièrement intéressante et riche en enjeux, dans la mesure où la fidélisation de la clientèle distingue un producteur de ses concurrents [31], réduit le risque financier et commercial d'une entreprise, accroît sa valeur de marché et favorise l'efficacité de son marketing [31]; [32]; [33]. En effet, bien que la majorité des recherches en marketing sur la fidélité aient mis l'accent sur les achats réguliers de biens de consommation (fidélité à la marque), le concept de fidélité est également important pour les biens industriels (fidélité au vendeur), les services (fidélité au service) et la vente au détail (fidélité au magasin) [34]. De plus, dans le secteur spécifique des services et en raison du coût élevé d'acquisition d'un nouveau client (5 % d'accroissement dans le taux de rétention des clients font augmenter la profitabilité de la banque d'environ 50 % en moyenne et il coûte de 5 à 10 fois plus cher d'acquérir un nouveau client que de retenir un client actuel), les entreprises reconnaissent l'intérêt de fidéliser leurs clients actuels [34]; [35]. De nos jours, le concept de fidélité à une marque ou une enseigne, et plus précisément à un site marchand, est au cœur des préoccupations des professionnels du marketing [36]. Selon cette référence [36], la fidélité se définit comme une tendance à acheter une marque donnée, le plus souvent après des expériences positives passées. Pour [34], un client fidèle est celui qui achète trois à quatre fois de suite le même produit. D'après [36], un consommateur fidèle doit exprimer une attitude favorable à l'égard d'un produit ou service donné.

Cependant, la référence [37] définit la fidélité comme une réponse comportementale biaisée, car non aléatoire (non spontanée), exprimée dans le temps par une entité de décision, en considérant une ou plusieurs marques prises dans un ensemble, en fonction d'un processus de décision psychologique. La référence [36] définit la fidélité comme une tendance à acheter avec régularité une seule et même marque dans une catégorie de produits donnée, soutenue par une attitude favorable et durable vis-à-vis de cette marque.

3.1.6 LA VIABILITÉ DES IMF

La viabilité d'une IMF peut être définie comme sa capacité à couvrir par ses produits l'ensemble de ses charges et à dégager une marge pour financer sa croissance [38]. En d'autres termes, c'est la capacité qu'a une IMF de mener ses activités sans dépendre des subventions sous forme de prêts concessionnels ou de dons. Plusieurs facteurs sont à la base de la viabilité financière d'une institution, c'est-à-dire qu'elle doit disposer des ressources nécessaires pour faire face aux différentes charges, notamment le coût des ressources prêtées, les charges d'exploitation, l'impact éventuel de l'inflation sur les fonds propres ainsi que les provisions pour créances douteuses (dépenses liées au risque de non remboursement de prêts), etc. Elle doit également avoir un certain volume d'activités, nécessaire pour couvrir les charges et une capacité de recouvrement [39]; [38]. Le volume d'activités est déterminé par le niveau du portefeuille de prêts. Quant à la viabilité sociale, elle repose sur l'enracinement d'une IMF dans son environnement social, qui privilégie à la fois la proximité physique et la proximité culturelle [15]. Cela favorise la familiarisation des populations bénéficiaires avec les structures ainsi que l'appropriation des règles qui régissent les systèmes. La viabilité sociale d'une institution financière ne doit pas être considérée comme un corps étranger venant de l'extérieur et comme une bonne insertion dans l'environnement [15]. Cette condition se fonde sur un certain nombre d'éléments:

- Les modalités d'épargne et de crédit doivent être en harmonie avec les normes culturelles de la société, comme la conception du taux d'intérêt;
- Les différentes formes de garanties (matérielles ou sociales), utilisant à la fois la solidarité et les pressions sociales, doivent être acceptées;
- Une large information et de nombreuses discussions doivent être assurées;
- Une bonne liaison avec les autres interventions de développement doit être établie;
- Un soutien réel de l'état doit être assuré.

3.2 CONSTRUCTION DU MODÈLE D'ANALYSE

Dans le cadre de ce travail, quatre variables ont été retenues pour expliquer la fidélisation des clients: la qualité des prestations de service, la satisfaction des clients, la confiance et le réseau social. La fidélisation des clients est ensuite la variable explicative de la viabilité des IMF.

3.2.1 VARIABLES EXPLICATIVES DE LA FIDÉLISATION

La qualité des prestations de service est un élément indispensable à la satisfaction de la clientèle. C'est grâce à cet élément que l'on peut mesurer la satisfaction du client afin de le fidéliser. L'offre évolue constamment en raison de la concurrence et selon les besoins grandissants de la clientèle. Répondre à la nouvelle demande des clients est une étape importante, mais qui a son importance dans une action globale de fidélisation [36]; [37]. Pour une entreprise de services, la qualité du service est primordiale car elle permet de se démarquer de ses concurrents [40]. Cependant, le client est très impliqué dans la prestation de service. C'est pourquoi les entreprises de services d'aujourd'hui ne peuvent plus dire que la qualité des services est une option sur le service lui-même. Elle est essentielle pour combler les attentes des clients [40]; [34]. Sans cette qualité, le client n'aura pas le sentiment que ses attentes ont été comblées et surpassées par la qualité reçue [36]; [41].

De même, le client est satisfait si l'entreprise a comblé ou dépassé ses goûts, ses attentes face au service (qualité, garantie) ou face à ses besoins. À l'origine, la satisfaction peut donc être étroitement liée à la fidélisation, car le client ne peut pas rester fidèle à l'entreprise si cette dernière n'a pas comblé ses attentes. La satisfaction est l'un des éléments préconisant la fidélisation de la clientèle. Cette dernière provient de la différence entre la qualité attendue par le client et la qualité perçue [36]. Si la qualité perçue est plus élevée que la qualité attendue, le client sera satisfait, ce qui, à long terme, entraînera sa fidélisation et, par la suite, un profit pour l'entreprise [34]; [37].

De plus, la confiance qui existe entre l'institution et ses clients consolide leurs relations. La référence [42] définit la confiance comme un élément important dans les rapports « entreprise-client » et dans le développement de la fidélité. Ils ajoutent que les banques devraient faire leur possible pour gagner la confiance de leurs clients. La confiance qu'un client accorde à sa banque repose sur sa crédibilité, sa garantie ou sa fiabilité. Cette crédibilité peut être mesurée par la capacité de la banque à exécuter les transactions dans les délais promis, à maintenir et à stabiliser les prix, ou encore par sa capacité à proposer aux clients des offres compétitives et étoffées [43]; [44].

Enfin, les réseaux sociaux permettent d'accroître la fidélisation autour d'une marque en y créant des activités, du buzz, des actualités, etc. En effet, le caractère public de ces médias donne beaucoup d'importance aux insatisfactions, mais aussi aux témoignages de satisfaction. Cette méthode permet aux entreprises de s'assurer de la satisfaction de leurs clients, qui, en retour, leur seront fidèles et pourront recommander la marque à leurs proches. Il explique également que les entreprises qui communiquent directement sur les réseaux sociaux (de façon publique) ont un impact extrêmement fort sur le taux de fidélisation des clients et des prospects, en offrant un « témoignage d'attention » sous forme de service après-vente (SAV). Aujourd'hui, lancer des programmes de fidélisation est extrêmement simple grâce aux réseaux sociaux, mais requiert une bonne maîtrise de la relation client.

3.2.2 RELATION ENTRE LA FIDÉLISATION DES CLIENTS ET LA VIABILITÉ DES IMF

Premièrement, la fidélisation des clients est essentielle à l'institution si elle veut atteindre un niveau d'activité suffisant pour étendre sa portée de manière significative et garantir sa pérennité financière [43]; [20]. Elle comporte plusieurs avantages pour l'institution. De plus, les clients qui remboursent leur crédit précédent à l'échéance présentent un risque de crédit moins élevé et le suivi de leurs dossiers prend moins de temps au personnel de l'institution. De même, les crédits renouvelés sont moins coûteux à examiner et à traiter. Ils sont également d'un montant plus élevé, ce qui représente un bénéfice plus important par rapport au temps investi par le personnel [43]; [15].

Deuxièmement, la fidélisation des clients existants est beaucoup moins coûteuse que le recrutement de nouveaux clients. En conséquence, les politiques de fidélisation améliorent les résultats dans des proportions considérables: « Une augmentation de 5 % du taux de fidélisation de la clientèle peut augmenter de 25 à 100 % la valeur du client moyen » [37]; [44]; [45]. Cela signifie que les clients fidèles ont un impact plus important sur la viabilité financière et sociale de l'entreprise.

3.3 CADRE THÉORIQUE D'ANALYSE

Cette étude porte sur la relation qui conduit la fidélisation des clients à la viabilité des IMF au Bénin. La validation d'une telle relation permettra aux gestionnaires des IMF d'exploiter les résultats de la relation qui lie la fidélisation des clients et la viabilité des IMF. A partir de la littérature, le présent cadre conceptuel a été proposé.

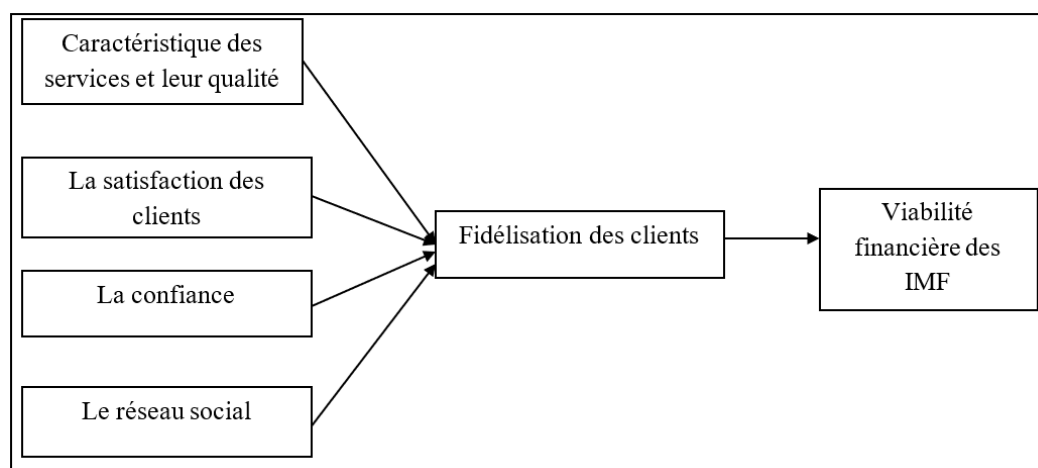


Fig. 1. *Cadre conceptuel de l'étude. Sources: Conception des auteurs 2023. Le cadre conceptuel présenté ci-dessus illustre les variables définies et expliquées dans la revue de la littérature*

3.4 LES OBJECTIFS

L'objectif poursuivi dans ce travail est d'analyser les déterminants de la fidélisation des clients qui influencent la viabilité des (IMF). Plus spécifiquement:

- Appréhender les déterminants de la fidélisation des clients des IMF;
- Examiner les facteurs explicatifs de la viabilité des IMF;
- Etudier la relation qui lie la fidélisation des clients à la viabilité des IMF.

3.5 HYPOTHÈSES DE L'ÉTUDE

Pour atteindre ces objectifs de recherche, les hypothèses ci-après ont été formulées:

Hypothèse 1: La fidélisation des clients dépend aussi bien des facteurs individuels que des facteurs relatifs à la qualité des prestations de service des IMF;

Hypothèse 2: La viabilité des IMF est plus déterminée par les facteurs économiques que par les facteurs sociaux;

Hypothèse 3: La fidélisation des clients explique la viabilité des IMF.

4 MÉTHODOLOGIE DE RECHERCHE

La méthodologie utilisée comprend deux parties. La première présente la démarche de la sélection de l'échantillon à partir de la population mère. La deuxième expose les outils de collecte et d'analyse des données.

4.1 POPULATION MÈRE ET ÉCHANTILLON

La population de cette étude est constituée de l'ensemble des clients des IMF de la ville de Parakou, au nord du Bénin. L'échantillon est constitué des clients ayant effectué leurs opérations de crédit ou de dépôt durant la période comprise entre 2017 et 2023. Il a été constitué par la méthode d'échantillonnage par convenance. Il est composé de 265 clients. Nous avons également collecté les informations relatives aux activités (taux de remboursement, encours des crédits, impayés, créances en souffrance) des IMF opérant dans la ville de Parakou.

4.2 OUTIL DE COLLECTE DES DONNEES ET D'ANALYSE DES DONNEES

Pour collecter les données, nous avons utilisé un questionnaire que nous avons adressé aux clients. Les principales questions portent sur le recours général aux microcrédits, les déterminants de la fidélisation (la qualité des prestations de service, la satisfaction des clients, la confiance et le réseau social) et enfin l'identification des clients. Quant aux données relatives à la viabilité, nous avons utilisé les informations relatives à la viabilité des IMF. Elles portent sur les ratios de rentabilité des actifs (ROA), d'autosuffisance opérationnelle (AO), la productivité des agents de crédit (PAC), les taux d'évolution, le pourcentage de femmes emprunteuses. Les statistiques descriptives et la régression multiple ont été utilisées pour analyser les données collectées. Nous avons recouru aux tests de Khi deux et au coefficient de détermination pour apprécier la corrélation entre fidélisation et viabilité des IMF.

5 ANALYSE DES DONNEES ET DISCUSSION DES RESULTATS

5.1 ANALYSE DES DONNÉES

La fidélisation des clients est expliquée en grande partie par des variables individuelles (satisfaction des clients, la confiance qui existe entre l'institution et ses clients et le réseau social) que celles liées à la qualité des prestations de service (montant du crédit, coûts de service, délai d'obtention du crédit, qualité de l'accueil, cadre physique de l'institution, les conseils et formations que l'institution offre). Alors il faudra en premier lieu que les clients soient satisfaits des paramètres individuels. Cependant les résultats de nos enquêtes montrent en moyenne que 78% des enquêtés sont satisfaits. Alors la satisfaction des clients n'est pas la seule condition pour garantir la fidélisation des clients, faudra-t-il qu'il y ait la confiance qui détermine le degré de crédibilité et de fiabilité entre l'entreprise et ses clients. Il ressort en moyenne que 69% des enquêtés sont en accord avec la confiance contre 31% des enquêtés qui sont en désaccord avec la confiance. Cela s'explique par les effets négatifs du système de Ponsy dont beaucoup de citoyens béninois ont été victimes (Cas de ICC services). Ainsi les clients satisfaits, ont plus confiance à l'entreprise et ils informent d'autres personnes.

Les réseaux sociaux sont une variable déterminante dans le processus de fidélisation des clients car il développe une communication de bouche à oreille favorable et permet d'améliorer la gestion de la relation client. Les résultats montrent encore que 42% des enquêtés ont entendu parler des IMF par les réseaux d'amis, 47% par les réseaux des parents et 11% par les réseaux religieux. Aussi 41% des enquêtés sont devenus clients des IMF par l'intermédiaire des amis soient, 49% par l'intermédiaire des parents, 10% par les réseaux religieux. Auparavant, la qualité des prestations de service joue aussi un rôle dans la détermination de la satisfaction des clients voir dans leur fidélisation. Nos enquêtes montrent en moyenne que 77% des enquêtés sont satisfaits de la qualité des prestations de service. De même, les coûts des services ont été jugés élevé par 30% des enquêtés. Cependant 61% de ces enquêtés ont jugé le montant de crédit insuffisant. Dans le même temps 15% des enquêtés trouvent le délai d'obtention du crédit long et 85% des enquêtés le trouvent court donc acceptable.

La viabilité d'une IMF est due à plusieurs facteurs comme les facteurs économiques qui la déterminent plus que les facteurs sociaux. L'idéal serait que l'entreprise couvre ses différentes charges et dégage une marge pour financer sa croissance.

Tableau 1. Récapitulatif des modèles^h

Modèle	R	R-deux	R-deux ajusté	Erreur standard de l'estimation	Changement dans les statistiques					Durbin-Watson
					Variation de R-deux	Variation de F	ddl1	ddl2	Sig. Variation de F	
1	,725 ^a	,526	,524	,397	,526	291,669	1	263	,000	
2	,779 ^b	,607	,604	,362	,081	54,331	1	262	,000	
3	,800 ^c	,640	,636	,347	,033	24,038	1	261	,000	
4	,806 ^d	,650	,645	,343	,010	7,328	1	260	,007	
5	,812 ^e	,660	,654	,339	,010	7,532	1	259	,006	
6	,817 ^f	,667	,659	,336	,007	5,385	1	258	,021	
7	,820 ^g	,673	,664	,334	,005	4,276	1	257	,040	

a. Valeurs prédites : (constantes), Fiabilité sur les opérations.

b. Valeurs prédites : (constantes), Fiabilité sur les opérations, La gamme de produits et services offerte

c. Valeurs prédites : (constantes), Fiabilité sur les opérations, La gamme de produits et services offerte, Votre considération par le représentant de la structure.

d. Valeurs prédites : (constantes), Fiabilité sur les opérations, La gamme de produits et services offerte, Votre considération par le représentant de la structure, L'empathie du personnel de la IMF.

e. Valeurs prédites : (constantes), Fiabilité sur les opérations, La gamme de produits et services offerte, Votre considération par le représentant de la structure, L'empathie du personnel de la IMF., Qualité de prestation de services.

f. Valeurs prédites : (constantes), Fiabilité sur les opérations, La gamme de produits et services offerte, Votre considération par le représentant de la structure, L'empathie du personnel de la IMF., Qualité de prestation de services, Formations offertes vous offre.

g. Valeurs prédites : (constantes), Fiabilité sur les opérations. La gamme de produits et services offerte, Votre considération par le représentant de la structure, L'empathie du personnel de la IMF., Qualité de prestation de services, Formations offertes vous offre, Cadre physique de la IMF.

h. Variable dépendante : Viabilité des IMF

Les ratios de rentabilité des actifs (ROA) étant à 0,9 alors on peut dire que les IMF sont rentables. De même, le ratio d'autosuffisance opérationnelle qui explique que l'entreprise couvre ses coûts d'exploitation par ses produits d'exploitation. Les données montrent également que les ratios d'autosuffisances opérationnelles sont supérieurs à la norme BCEAO. Dans ce même raisonnement, la productivité des agents de crédit respecte la norme de BCEAO qui montre le nombre de clients suivis par chaque agent de crédit. De plus les taux de remboursement de crédit tournent autour de 90%.

Cependant, nos enquêtes montrent que 83% des enquêtées sont des femmes, 86% des enquêtés exercent les AGR et 75% des clients appartiennent aux groupements. Enfin le taux d'évolution des clients croît d'année en année sur la période allant de l'année 2017 à l'année 2023. Les clients sollicitent les prestations des IMF et ont une ancienneté de 2 à 5 ans de recours aux crédits. Cette stabilité justifie la fidélité des clients et par conséquent la croissance des IMF.

5.2 DISCUSSION DES RÉSULTATS

Les différentes analyses effectuées dans la présente étude ont montré dans un premier temps que les facteurs individuels ont plus d'effet sur la fidélisation des clients que les facteurs relatifs à la qualité des prestations du service des IMF. De même, la viabilité des IMF est plus déterminée par les facteurs économiques que ceux sociaux. Et enfin la fidélisation des clients explique la viabilité des IMF. Les facteurs de la qualité des prestations de services ont un effet insignifiant sur la fidélisation des clients. Les facteurs individuels (la satisfaction des clients, la confiance qui existe entre l'institution et ses clients et les réseaux sociaux) ont un impact significatif et positif sur la fidélité des clients. Ces résultats corroborent ceux [46], pour qui un client satisfait est susceptible d'intensifier sa relation avec l'entreprise. De plus, nos résultats soutiennent que les réseaux sociaux et la confiance influencent la fidélité des clients. Ces résultats sont conformes à ceux de [29]; [47]; [42]; [43]. On comprend ainsi la place des réseaux sociaux dans les affaires. Par ailleurs, les facteurs économiques à savoir les ressources nécessaires pour faire face aux différentes charges, les provisions pour créances douteuses, le volume d'activités et la capacité de recouvrement ont plus déterminé la viabilité des IMF que les facteurs sociaux tels que la proximité physique et la proximité culturelle aux clients. Ces résultats sont similaires à ceux de [15]. Par conséquent, les responsables de ces institutions doivent améliorer la qualité du portefeuille de clients, introduire de bons dossiers de crédit, fixer des taux d'intérêt appropriés, améliorer les relations et une bonne considération des clients en faisant une communication transparente et efficace tout en veillant à la diversification et l'adaptation des services aux besoins des clients. Nos résultats montrent que la fidélisation des clients a une influence positive sur la viabilité des IMF. Les clients fidèles renouvellent leurs crédits, sont moins coûteux à examiner et à traiter, et présentent des montants de crédit plus élevés, ce qui représente un bénéfice plus important par rapport au temps investi par le personnel. Ils ont également un montant de crédit plus élevé, ce qui représente un bénéfice plus important par rapport au temps investi par le personnel. Ces résultats sont conformes à ceux de [15]. La référence [45] a montré que la fidélisation des clients est essentielle à la pérennité des IMF. Nos résultats montrent que la fidélisation des clients influence la viabilité des IMF. Les clients fidèles renouvellent leurs crédits et

sont moins coûteux à examiner et à traiter. Ils sont également d'un montant de crédit plus élevé, ce qui représente un bénéfice plus important par rapport au temps investi par le personnel. Ces résultats sont conformes à ceux de [45] qui ont montré que la fidélisation des clients est essentielle pour la pérennité des IMF. Par ailleurs; nos résultats révèlent également que les clients fidèles remboursent leurs crédits précédents à l'échéance prévue. Cela réduit le risque de crédit et le suivi de leurs dossiers prend moins de temps. Ces résultats sont similaires à ceux de [45]; [15].

6 CONCLUSION

L'objectif de cet article est d'analyser le rôle de la fidélisation des clients dans la viabilité des IMF au Bénin. La méthodologie utilisée est un sondage réalisé auprès de 265 clients ayant effectué des opérations de crédit ou de dépôt dans ces institutions. L'analyse des données montre que la fidélisation des clients dépend aussi davantage de facteurs individuels (satisfaction des clients, confiance entre l'institution et ses clients, réseau social) que de facteurs relatifs à la qualité des prestations des IMF (montant du crédit, coûts de service, délai d'obtention du crédit, qualité de l'accueil, cadre physique de l'institution, conseils et formations proposés par l'institution). De même, la viabilité des IMF est davantage déterminée par les facteurs économiques (ressources nécessaires pour faire face aux différentes charges, provisions pour créances douteuses, volume d'activités et capacité de recouvrement) que par les facteurs sociaux (proximité physique et culturelle de l'institution avec ses clients). Par ailleurs, la fidélisation des clients explique la viabilité des IMF. Notre recherche s'est limitée aux IMF de la ville de Parakou, au nord du Bénin. Ainsi, d'autres travaux peuvent l'étendre à d'autres régions et même à d'autres pays d'Afrique.

REFERENCES

- [1] Labie, M. (2004). Microfinance : Un état des lieux. *Mondes en développement*, Vol. 126, p. 9-23. <https://doi.org/10.3917/med.126.0009>.
- [2] Ibok, Ibok, N., Etuk, & George, S. (2014). Socio-Economic and Demographic Determinants of Green Consumption. *International Journal of Managerial Studies and Research*, 2 (9), p.47-56.
- [3] Maïga, A., Traore, S. D., Bamba, A., Ballo, I., & Moulaye, A. S. (2023). Analyse des déterminants des conditions de vie des ménages ruraux du mali. *International Journal of Strategic Management and Economic Studies (IJSMES)*, 2 (3), p. <https://doi.org/10.5281/zenodo.8077917>.
- [4] Blondeau, N. (2006). *La microfinance : un outil de développement durable ?* <https://www.semanticscholar.org/paper/La-microfinance-%3A-Un-outil-de-%C3%A9veloppement-durable-BlondeauBlondeau/b15c0109e8436a670e0d613a8cd1ef4eea0e817e>.
- [5] PNUD Le Rapport mondial sur le développement humain 2005.
- [6] BCEAO Rapport annuel 2020.
- [7] Wulf, C. (2003). Le rituel : Formation sociale de l'individu et de la communauté. *Spirale - Revue de recherches en éducation*, 31 (1), 65-74. <https://doi.org/10.3406/spira.2003.1410>.
- [8] Ladhari, R. (2005). La satisfaction du consommateur, ses déterminants et ses conséquences. *Revue de l'Université de Moncton*, 36 (2), 171 - 201. <https://doi.org/10.7202/014503ar>.
- [9] Ndwana, L. (2020). Les déterminants de la communication du bouche-à-oreille par les consommateurs des entreprises de transfert électronique d'argent au Cameroun. *Revue Internationale des Sciences de Gestion*, 3 (3). <https://revue-isg.com/index.php/home/article/view/330>.
- [10] Azeroual, R., & Qmichchou, M. (2022). Le bouche-à-oreille électronique (EWOM) dans les médias sociaux et son impact sur l'intention d'achat. *Revue Management & Innovation*, 6 (2), 122-148. <https://doi.org/10.3917/rmi.206.0122>.
- [11] Constant, P. (2023, décembre 22). Comment stimuler le bouche à oreille positif : Les astuces et stratégies. *easiware*. <https://www.easiware.com/blog/stimuler-bouche-a-oreille/>.
- [12] Tuli, K. R., & Bharadwaj, S. G. (2009). *Customer Satisfaction and Stock Returns Risk* (SSRN Scholarly Paper No. 1342764). <https://papers.ssrn.com/abstract=1342764>.
- [13] Borah, A., Bahadir, S. C., Colicev, A., & Tellis, G. J. (2022). It pays to pay attention: How firm's and competitor's marketing levers affect investor attention and firm value. *International Journal of Research in Marketing*, 39 (1), 227-246. <https://doi.org/10.1016/j.ijresmar.2021.09.009>.
- [14] Détrié P. La communication interne au service du management— Librairie Eyrolles. (s. d.). Consulté 30 août 2024, à l'adresse <https://www.eyrolles.com/Entreprise/Livre/la-communication-interne-au-service-du-management-9782878803662/>.
- [15] Fane, A., Samassekou, S., & Kamissoko, B. (2022). Analyse de la Gestion de la Relation Client (GRC) au sein des Institutions de Micro Finance (IMF) au Mali : Cas de Nyèsigiso de la commune VI. *Revue Internationale du Chercheur*, 3 (2), p. <https://www.revuechercheur.com/index.php/home/article/view/385>.
- [16] Kotler, P., & Armstrong, G. (1998). *Principles of Marketing*. Pearson Education.
- [17] Boyer, A., & Nefzi, A. (2008a). La relation entre la perception de la qualité et la fidélité. *La Revue des Sciences de Gestion*, 234 (6), 37-48. <https://doi.org/10.3917/rsg.234.0037>.

- [18] Guibert, N. (1999). La confiance en marketing : Fondements et applications. *Recherche et Applications en Marketing (French Edition)*, 14 (1), 1-19. <https://doi.org/10.1177/076737019901400101>.
- [19] Mocquet, B. (2020). La confiance à l'ère numérique. *Communication. Information médias théories pratiques*, vol. 37/1, 37/1. <https://doi.org/10.4000/communication.11856>.
- [20] Jaffro, L., (2018, mai 4). Digital trust Archives. <https://philo.jaffro.net/tag/digital-trust/>.
- [21] Moorman, C., Deshpandé, R., & Zaltman, G. (1993). Factors affecting trust in market research relationships. *Journal of Marketing*, 57 (1), 81-101. <https://doi.org/10.2307/1252059>.
- [22] Anderson, E., & Weitz, B. (1989). Determinants of Continuity in Conventional Industrial Channel Dyads. *Marketing Science*, 8 (4), 310-323.
- [23] Abdelmoula, N., Ricard, L., & Préfontaine, L. (2014). Apport des capacités dynamiques et du marketing relationnel à l'obtention d'un avantage concurrentiel. *Revue Française du Marketing*, 247, 27-47.
- [24] Mayrhofer, U et Roeder, C (2011) Les facteurs de réussite du marketing relationnel dans le secteur de l'assurance Une analyse des relations partenariales d'Allianz *Décisions Marketing* N°63 p. 61-72.
- [25] Abdelmoula, N., Ricard, L., & Préfontaine, L. (2014). Apport des capacités dynamiques et du marketing relationnel à l'obtention d'un avantage concurrentiel. *Revue Française du Marketing*, 247, 27-47.
- [26] Barnes, J.A. (1954) Class and Committees in a Norwegian Island Parish. *Human Relations*, Vol.7 p.39-58. <http://dx.doi.org/10.1177/001872675400700102>.
- [27] Iheanacho, N. N. (2016). Religio-Cultural Foundation and Resources of Human Relations in Africa. *Sociology Mind*, 06 (02), 65-74. <https://doi.org/10.4236/sm.2016.62005>.
- [28] Michaud, C. (2012). Le portfolio, quel lien entre les écrits réflexifs et les compétences ? Mesure et évaluation en éducation, 35 (2), 9-38. <https://doi.org/10.7202/1024717ar>.
- [29] Carignan, N. (2012). Interactions et interculturalité : Variété des corpus et des approches. Berne, Suisse : Peter Lang éditeur. *Revue des sciences de l'éducation*, 38 (3), 653-654. <https://doi.org/10.7202/1022718ar>.
- [30] Dagbelou, Vinablo. K. D. Adekambi, S., & Yabi, J. (2020). Producers supplying strategic network, value creation and exporting SME growth. *Journal of Development and Agricultural Economics*, 12, 134-142. <https://doi.org/10.5897/JDAE2019.1129>.
- [31] Cézanne, C., & Guillon, O. (2013). Manifestations, déterminants et conséquences de la fidélité des salariés : Une grille de lecture critique. *Recherches en Sciences de Gestion*, 97 (4), 127-143. <https://doi.org/10.3917/resg.097.0127>.
- [32] Guillon, O. (2009). La fidélité du consommateur de biens culturels : Une analyse empirique des comportements d'assiduité et d'adhésion au Parc de La Villette. *Revue d'économie politique*, 119 (2), 301-321. <https://doi.org/10.3917/redp.192.0301>.
- [33] Trinqucoste, J.-F. (1996). Fidéliser le consommateur : Un objectif marketing prioritaire. *Décisions Marketing*, 7, 15. <https://doi.org/10.7193/DM.007.15.21>.
- [34] Dick, A. S., & Basu, K. (1994). Customer Loyalty: Toward an Integrated Conceptual Framework. *Journal of the Academy of Marketing Science*, 22 (2), 99-113. <https://doi.org/10.1177/0092070394222001>.
- [35] Ennew, C T and Binks, M (1996) 'The Impact of Service Quality and Service Characteristics on Customer Retention: Small Businesses and their Banks in the UK', *British Journal of Management* vol 7 (3) p. 219-230.
- [36] Boyer, A., & Nefzi, A. (2008b). La relation entre la perception de la qualité et la fidélité. *La Revue des Sciences de Gestion*, 234 (6), 37-48. <https://doi.org/10.3917/rsg.234.0037>.
- [37] Jacoby, J., & Kyner, D. B. (1973). Brand Loyalty vs. Repeat Purchasing Behavior. *Journal of Marketing Research*, 10 (1), 1. <https://doi.org/10.2307/3149402>.
- [38] Abdelkader, I. B. (2022). Chapitre II. Performance sociale et financière des IMF. *L'esprit économique*, 71-94.
- [39] Acclassato, D. H. (2006). Taux d'intérêt effectif, viabilité financière et réduction de la pauvreté par les institutions de microfinance au Bénin. <https://shs.hal.science/halshs-00079019>.
- [40] Parasuraman, A. P., Zeithaml, V., & Berry, L. (1988). SERVQUAL A Multiple-item Scale for Measuring Consumer Perceptions of Service Quality. *Journal of Retailing*, 64, 12-40.
- [41] Weissman, E (1992) Environmentally conscious manufacturing: A technology for the nineties Environmental Quality Management—Wiley Online Library. Consulté 2 septembre 2024, à l'adresse <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1002/tqem.3310010408>.
- [42] Ndubisi, N. (2007). Relationship marketing and customer loyalty. *Marketing Intelligence & Planning*, 25. <https://doi.org/10.1108/02634500710722425>.
- [43] Sherazade, G. (2007). Comment développer une relation bancaire fondée sur la confiance ? *Décisions Marketing*, 46, 91-103. <https://doi.org/10.7193/DM.046.91.103>.
- [44] Mocquet, B. (2020). La confiance à l'ère numérique. *Communication. Information médias théories pratiques*, vol. 37/1, Article 37/1. <https://doi.org/10.4000/communication.11856>.
- [45] Sheldon, T., & Waterfield, C. (1998). Business Planning and Financial Modeling for Microfinance Institutions: A Handbook. Pact Publications.
- [46] Vanhamme, J. (2002). La satisfaction des consommateurs spécifique a une transaction : définition, antécédents, mesures et modes. *Recherche et Applications en Marketing*, 17, 55-85. <https://doi.org/10.1177/076737010201700204>.
- [47] Toufaily E. 2011 La fidélisation des clients à un courtier en valeurs mobilières en ligne: quels rôles pour les caractéristiques du site web et le marketing relationnel ? Thèse Montréal (Quebec, Canada) Université de Montréal, Doctorat en administration.

Morphological variations of leaves and fruits of *Sclerocarya birrea* in two climatic zones of Niger

Idi Ounani Haoua, Boubacar Laouge Zakari, Dan Dano Na Inna Abdoul-Aziz, Sanda Liman Andraous, and Dan Guimbo Iro

Département de Génie Rural, Eaux et Forêts, Faculté d'Agronomie, Université Abdou Moumouni, BP, 10960, Niamey, Niger

Copyright © 2026 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: Variations in environmental factors induce morphological variations in the organs of plant species. This study was conducted to determine the morphological variations of leaves and fruits of *Sclerocarya birrea* along an aridity gradient North-South (Gaya - Dogondoucthi) to enable the selection of interesting ideotypes for the domestication of the species. For the methodology, thirty (30) individuals per site were chosen. The measurements were based on thirty (30) fruits and fifteen (15) leaves per individual. For fruits, the morphological descriptors chosen were length, width and weight and for leaves, the length of the leaf, length of the petiole, number of leaflets, length and width of the leaflet were considered. The obtained data were related and the averages were compared. The results showed significant differences between the zones for the weight of the fruit and the size of the leaflets. Fruit weights ranged from 16.03g to 14.75g, respectively, for the Sahelian and Sahelo-Sudanian zones. Leaflet lengths ranged from 2.48cm to 2.19cm, and leaf widths ranged from 1.37cm to 1.28cm, respectively, for the Sahelo-Sudanian and Sahelian zones. Significant and positive correlations were also observed between fruit and leaf parameters. Therefore, the existence of a water deficit adaptation strategy for *Sclerocarya birrea*, following the climatic gradient was noted. These results, although preliminary, confirm the possibility of using morphological traits to select interesting ideotypes for domestication of the species.

KEYWORDS: *Sclerocarya birrea*, climatic gradient, adaptation, ideotypes, domestication.

1 INTRODUCTION

In Sub-Saharan Africa, rainfall deficit combined with various pressures on forest ecosystems cause considerable damage to natural resources, leading to the progressive loss of certain plant species [1]. Faced with this situation, many species are threatened, hence the need to adopt conservation strategies for agroforestry species of major socio-economic interest [2]. Among these strategies, the domestication of local fruit trees proves to be a convincing solution [3]. The domestication of a species requires the identification of good seed producers, knowledge of morphological characteristics and the development of propagation techniques [4]. In West Africa, several studies have focused on the morphological variability and domestication of local species, including those of [5] on *Parkia biglobosa*, [6] on *Tamarindus indica*, [7] on *Detarium microcarpum*, [8] and [9] on *Adansonia digitata*, [10] on *Senegalia senegal* and [11] on *Sclerocarya birrea*. However, very few scientific studies have given importance to the evaluation of the morphological diversity of the species (*Sclerocarya birrea*). The only existing reference on the morphological description of *Sclerocarya birrea* is the work of [11] who characterized the morphological variation of a sample in Burkina. The African plum, *Sclerocarya birrea* (A. Rich.) Hochst., is an Anacardiaceae widespread in the Sahel-Sudan region from Senegal to Ethiopia and Eritrea, and south to Namibia, Botswana, Zimbabwe, Mozambique, South Africa, Swaziland and Uganda, where it has significant traditional interest [12]. It has three subspecies [13]. *Sclerocarya birrea* subsp *birrea* is common in West Africa, *Sclerocarya birrea* subsp *multifolia* (Engl.) kokwaro is distributed mainly in Tanzania and *Sclerocarya birrea* subsp *caffra* (Sond.) kokwaro is abundant in Southern Africa (ref). In Niger, the species is found in the southern part of the country. It is widely used by rural populations. Its economic, dietary, nutritional, health, social, cosmetic and pharmacological importance has been documented [14], [15], [16]. However, the sustainable use and management of trees or shrubs requires an analysis of the variability of their plant material on a morphological level in order to differentiate individuals [7]. This variability analysis makes it possible to target interesting morphotypes to produce and to know those which

are linked to environmental factors [17]. Therefore, the present study proposes to study the variation of some morphological characters of the organs of *Sclerocarya birrea* in two (2) climatic zones of Niger.

2 MATERIALS AND METHODS

2.1 STUDY AREA AND SITE SELECTION

This study was conducted in two climatic zones of Niger, the Sahelian zone and the Sudano-Sahelian zone. One transect per climatic zone was chosen based on species dominance. This was the Dogondoutchi-Dankassari transect for the Sahelian zone and the Gaya-Tanda transect for the Sahelo-Sudanian zone (Figure 1). These transects share agrosystems occupied by *Sclerocarya birrea* formations and exploited by populations for various goods and services.

The Sahelo-Sudanian zone is located in the north of the country, characterized by an average annual rainfall of between 600 and 800 mm [18]. The climate is Sahelo-Sudanian with an average temperature of 29°C. The soils are predominantly tropical ferruginous. The ecosystems present are characteristic of transition zones. The vegetation consists of shrub or wooded savannahs with a fairly varied coverage rate.

As for the Sahelian zone, it is located in the center of the country, with an average annual rainfall of between 350 and 600 mm [18]. The climate is Sahelian with an average temperature of around 30 °C. The soils are mainly sandy and the vegetation is characterized by the presence of open savannahs.

The socio-economic activities of the local populations of the two areas are dominated by agriculture, livestock breeding, crafts and trade.

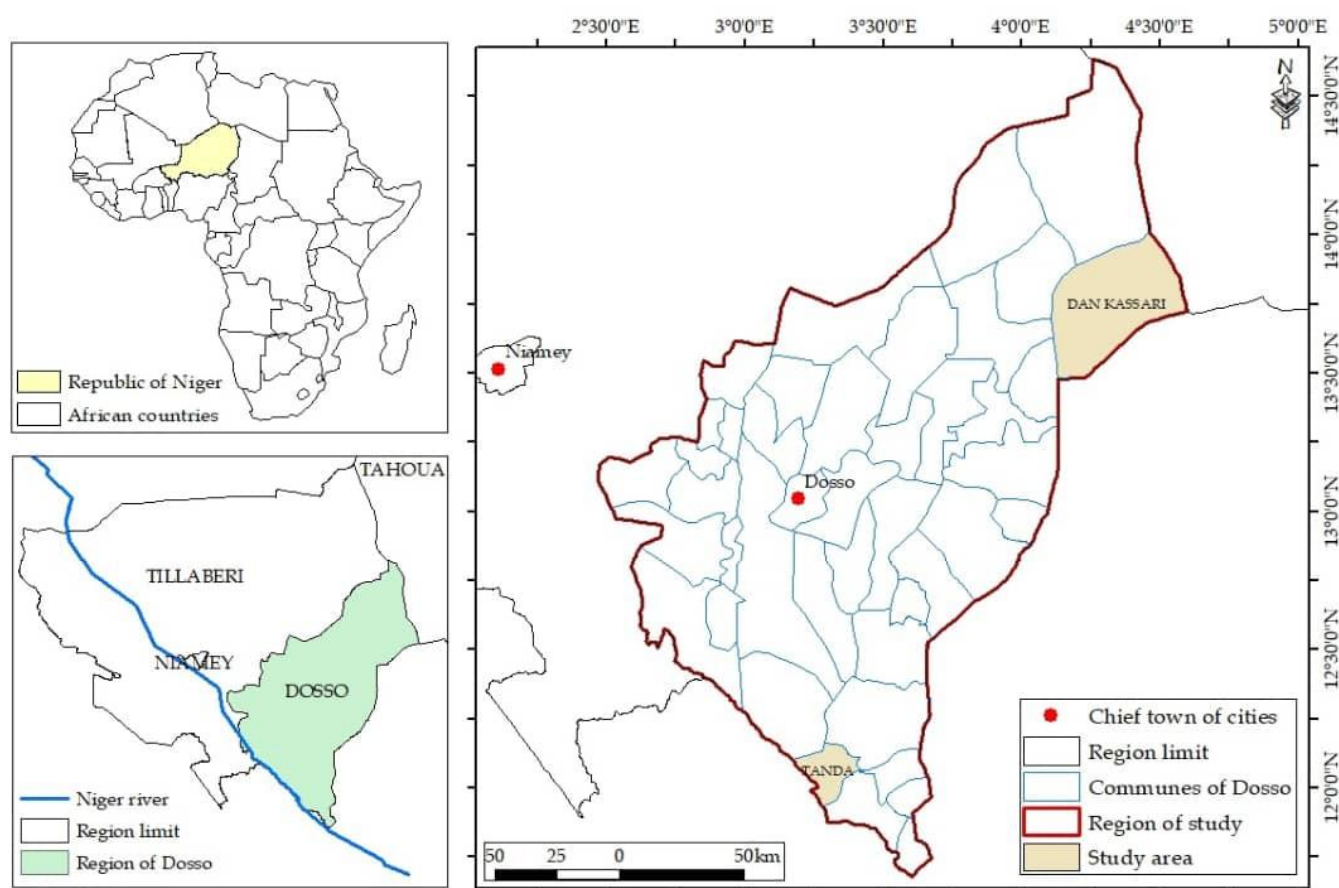


Fig. 1. Geographical location of the municipalities of Tanda and Dan Kassari

2.2 METHOD

2.2.1 SAMPLING

In this study, all *Sclerocarya birrea* individuals from each climatic zone were considered a population. For the morphological description of the fruits and leaves, a set of descriptors was chosen based on the descriptors proposed in the work of [19]. Thirty (30) individuals were selected per zone, for a total of sixty (60) individuals for both zones. The individuals selected were at least 20 meters apart for each population studied in order to avoid collecting material from individuals who are physically and genetically close. This prevented the selection of genetically similar individuals due to suckering.

Inter-population variability was assessed using the scale used by [20]:

CV = 0-10%: small variation

CV = 10-15%: medium variation

CV = 15-44%: fairly large variation

(CV > 44%): large variation

2.2.2 DATA COLLECTION

2.2.2.1 MORPHOLOGICAL DESCRIPTORS OF THE FRUITS

Fruit collection was carried out in May and June 2023. This period corresponds to the time when the fruits reached maturity in the Sahel-Sudanian and Sahelian zones, respectively. Collection was carried out by shaking branches, climbing the tree, or picking up mature fruits that had fallen under the tree. Thirty (30) fruits were collected from each individual. On each fruit, the dimensions of the two axes were measured using a caliper. The first axis is considered from the point of attachment of the fruit to the peduncle to its tip, and the second axis is taken perpendicular to the first. The weight of the fruits was weighed individually using a 2000 g electric scale. Figures 2 shows the collection and measurement of the axes and weight of the fruits, respectively.



Fig. 2. Collecting by climbing the tree (A) and picking the fruit under the tree (B) Measurement of axes (C) and weight of fruits (D)

2.2.2.2 MORPHOLOGICAL DESCRIPTORS OF LEAVES

The survey was carried out in September 2023 corresponding to the period when the species no longer produces new leaves and the leaves have reached their maximum development. On each individual, the collection for descriptive measurements involved 15 fully developed and unparasitized leaves, i.e. a total of nine hundred (900) leaves on all sixty (60) individuals in the two areas. They were collected and stored in a herbarium and the measurements were carried out in the laboratory. Based on the work of [21], five (5) parameters were considered for the characterization of the leaves. These are: leaf length (Lf), petiole length (Lp), length (Lfo) and width (lfo) of the leaflets and the number of leaflets per leaf obtained from a simple count. The different measurements on the leaves were carried out with a ruler graduated in cm and are illustrated in Figure 3.

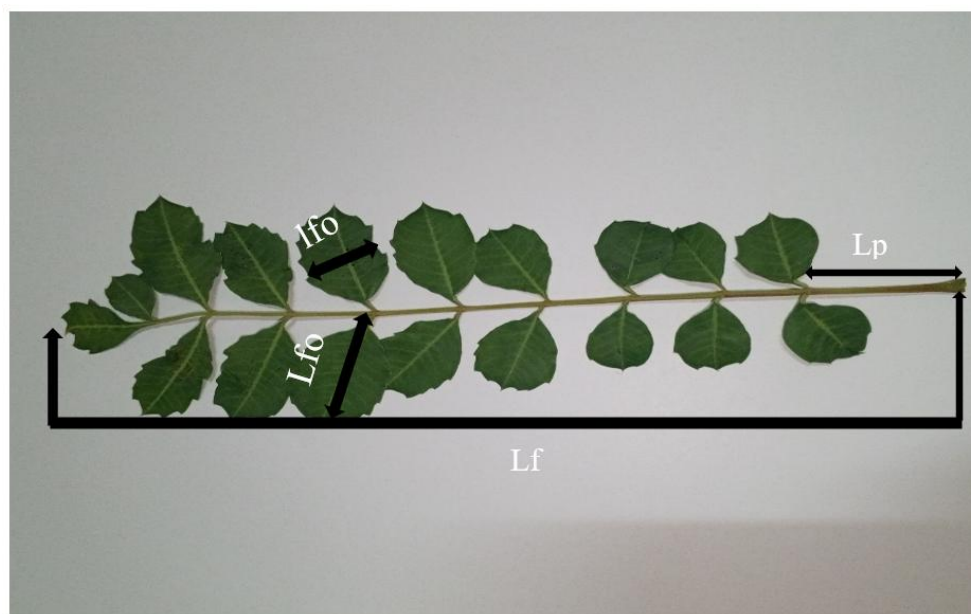


Fig. 3. Measurements taken on the leaves

2.2.2.3 MORPHOLOGICAL DATA ANALYSIS

From the measurements taken, the mean and standard deviation of the shape parameters were calculated according to climatic zones. The same was true for the ratio between fruit length and width and leaflet length and width. These data were subjected to an analysis of variance (ANOVA) to compare the means of the morphological characteristics. The ANOVA test at the 5% threshold was performed using R software by downloading the agricolae package.

The shape of leaflets and fruits was determined (Figure 4) according to the classification used by Clopton (2004).

Series	L/W ratio	Morph A		B		C		D		E		F	
		12:1 (12.0)		6:1 (6.0)	3:1 (3.0)	2:1 (2.0)	3:2 (1.5)	6:5 (1.2)	1:1 (1.0)	5:6 (0.83)		2:3 (0.667)	1:2 (0.5)
7	Ovoid			74	75	76	77	78	79	80		81	82
8	Obovoid			85	86	87	88	89	90	91		92	93
9	Deltoid	96		97	98	99	100	101	102	103		104	105
10	Obdeltoid	109		110	111	112	113	114	115	116		117	118
11	Trullate	122		123	124	125	126	127	128	129		130	131

Fig. 4. Extract from the table of uniform nomenclature of plane shapes with vertical symmetry without re-entrant margins (Clopton, 2004)

3 RESULTS

3.1 MORPHOLOGICAL CHARACTERIZATION OF SCLEROCARYA BIRREA FRUITS

The analysis of the results showed that there were significant differences between the morphological descriptors of the fruits of the two (2) zones with the exception of the shape coefficient (figure 5). For all parameters, the largest values were observed in the Sahelian zone, such as 2.79cm; 2.62cm and 1.08cm respectively for the length (length_Fr), the diameter (width_Fr) and the weight (weight) of the fruit. Regarding the shape coefficient (length_Fr/weight_Fr), no significant difference was observed ($p=0.94$).

The coefficient of variation remained generally low for all parameters except for weight, for which it varied from medium to quite high depending on the zones. Indeed, the coefficient of variation varied from 5 to 10 for the length, the diameter of the fruit and the shape coefficient across all zones. For the weight of the fruit, it is medium (15%) in the Sahel-Sudanian zone and quite high (18%) in the Sahel zone.

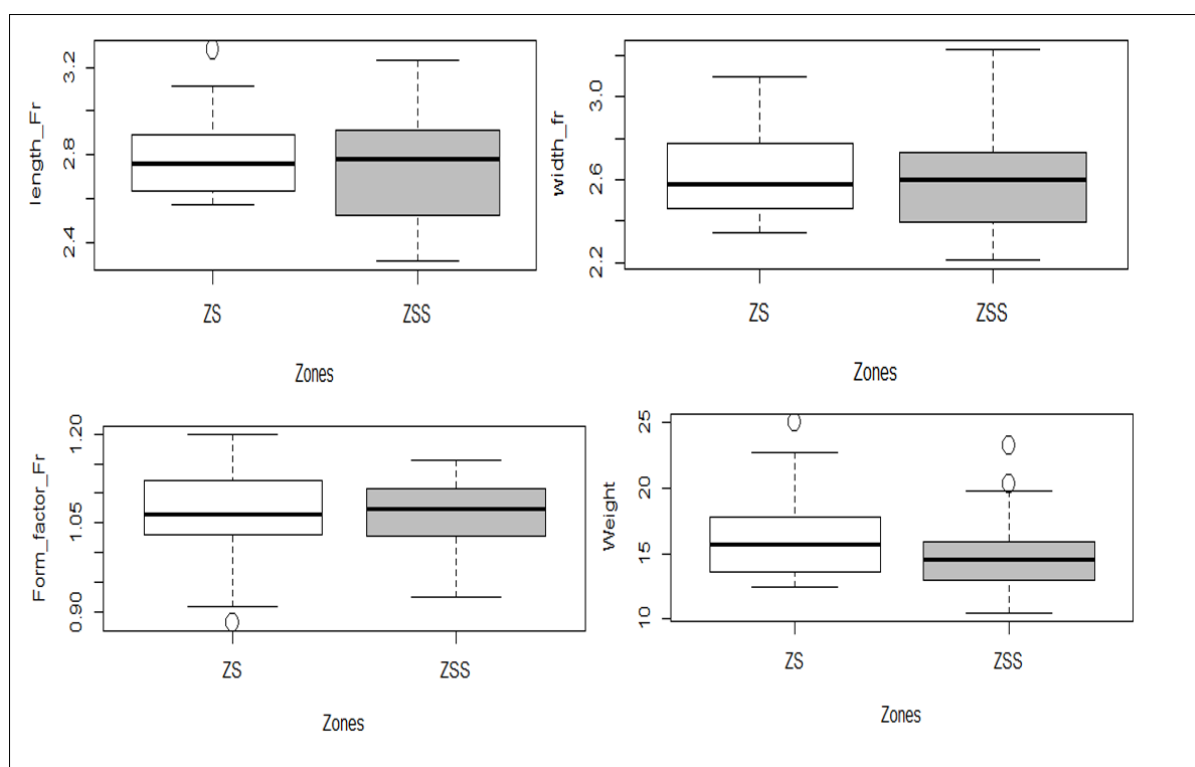


Fig. 5. Comparison of morphological characteristics of fruits according to climatic zones

Length_Fr: fruit length; **width_Fr:** fruit diameter; **Form_factor_Fr:** fruit length/fruit diameter; **weight:** fruit weight; a, b: means followed by the same letter on the same line are not significantly different (Duncan method).

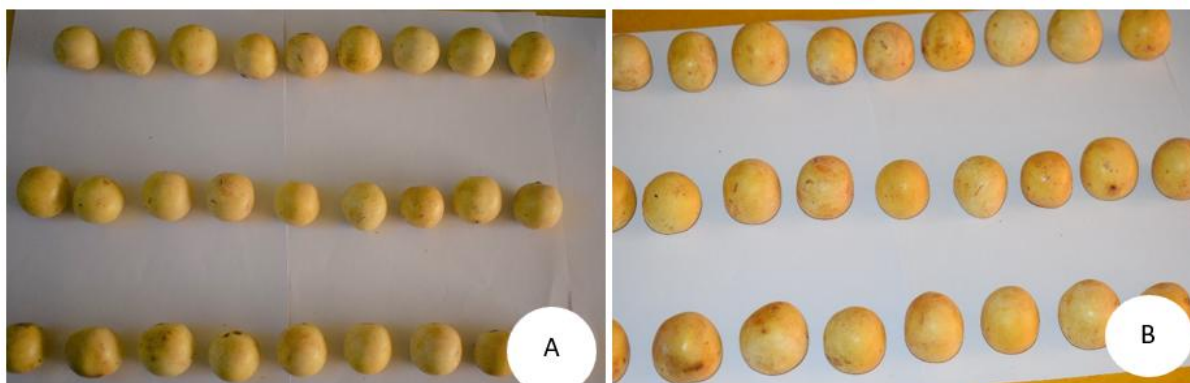


Fig. 6. Variation in the size and shape of fruits in the Sahel-Sudanian zone (A) and the Sahelian zone (B)

3.2 LEAF MORPHOLOGICAL CHARACTERISTICS

The comparison of the average leaf morphological characteristics across climatic zones presented in Table 2 shows that there was no significant difference ($P > 0.05$) for leaf characteristics, such as leaf length, petiole length, leaflet number, and leaflet shape coefficient. However, a highly significant difference ($P = 0.00$) was observed for leaflet characteristics, particularly leaflet length and width. Thus, the largest leaflets are observed in the Sahel-Sudanian zone.

The coefficient of variation remained generally low to medium for all traits, with the exception of leaflet number in both zones and petiole length in the Sahelian zone, for which the coefficient of variation was quite high.

Table 1. Comparison of leaf morphological traits by climatic zone

Characters	Sahelo-soudanian zone	Coefficient of variation (%)	Zone sahelian	Coefficient de variation (%)	P-Value
Length F	15,18 (1,81) ^a	11,92	15,96 (1,92) ^a	12,03	0,07
Nber fo	14,8 (2,76) ^a	18,64	16,06 (2,6) ^a	16,18	0,09
Length P	3,18 (0,31) ^a	9,74	3,14 (0,49) ^a	15,6	0,77
Length fo	2,48 (0,24) ^a	9,67	2,19 (0,29) ^b	13,24	0,00
Width fo	1,37 (0,11) ^a	8,02	1,28 (0,14) ^b	10,93	0,00
Cf_fo	1,82 (0,21) ^a	11,53	1,71 (0,22) ^a	12,86	0,06

Long F: leaf length; Nbre fo: number of leaflets; Long P: petiole length; Long fo: leaflet length; larg fo: leaflet width; Cf_fo: leaflet length/leaflet width; a, b: means followed by the same letter on the same line are not significantly different (Duncan method).

The appearance of leaflet edges varies depending on the age of the branches. Older branches have leaflets with entire (smooth) edges, while young plants and offshoots have toothed to serrated edges.



Fig. 7. Variation of leaflet edges depending on branch age

3.3 CORRELATIONS BETWEEN PARAMETERS

The correlation matrices between the studied traits (Tables 2 and 3) show that there were numerous and highly significant correlations between fruit and leaf traits.

Sahel-Sudanian Zone

Some important correlations among fruit and leaf traits are as follows:

- Fruit length (length_Fr) and fruit width (width_Fr), with $r = 0.8$
- Fruit length (length_Fr) and fruit weight (weight_Fr), with $r = 0.83$
- Fruit width (width_Fr) and fruit weight (weight_Fr), with $r = 0.87$
- Number of leaflets (Nbre fo) and leaf length (Long F), with $r = 0.58$
- Number of leaflets (Nbre fo) and leaflet width (larg fo), with $r = -0.44$
- Leaf length (Long F) and petiole length (Long P), with $r = 0.52$

No significant correlation was found between fruit and leaf traits.

Table 2. Correlation matrix between fruit and leaf parameters in the Sahel-Sudanese zone

	length_Fr (cm)	width_Fr (cm)	weight_Fr (g)	Nber fo	length F (cm)	length P (cm)	length fo (cm)
width_Fr (cm)	0,8* (000)						
weight_Fr (g)	0,83** (000)	0,87** (000)					
Nber fo	0,21 (0,26)	0,4 (0,02)	0,27 (0,14)				
length F (cm)	0,05 (0,78)	0,16 (0,39)	0,14 (0,44)	0,58** (0,001)			
length P (cm)	-0,31 (0,8)	-0,12 (0,51)	-0,23 (0,21)	0,21 (0,25)	0,52** (0,003)		
length fo (cm)	0,03 (0,87)	0,03 (0,86)	0,09 (0,63)	-0,17 (0,36)	0,29 (0,11)	0,21 (0,24)	
width fo (cm)	-0,14 (0,43)	-0,11 (0,55)	-0,12 (0,52)	-0,44* (0,01)	-0,28 (0,12)	-0,13 (0,46)	0,29 (0,11)

length_Fr: length of the fruit; width_Fr: width of the fruit; weight_Fr: weight of the fruits; Long F: length of the leaf; Nber fo: number of leaflets; Length P: length of the petiole; Length fo: length of the leaflets; width fo: width of the leaflets

SAHELIAN ZONE

In the Sahelian zone, the following significant correlations were noted:

- Fruit length (length_Fr) and fruit diameter (width_Fr), with $r = 0.46$
- Fruit length (length_Fr) and fruit weight (weight_Fr), with $r = 0.64$
- Fruit width (width_Fr) and fruit weight (weight_Fr), with $r = 0.6$
- Number of leaflets (Nber fo) and leaf length (Length F), with $r = 0.95$
- Leaf length (Length F) and petiole length (Length P), with $r = 0.49$
- Petiole length (Length P) and Number of leaflets (Nber fo), with $r = 0.58$
- Leaf length (Length F) and Leaflet width (Length fo), with $r = -0.39$

No significant correlation was established between the traits fruits and those of leaves.

Table 3. correlation matrix between fruit and leaf parameters in the Sahelian zone

	length_Fr (cm)	width_Fr (cm)	weight_Fr (g)	Nber fo	length F (cm)	length P (cm)	length fo (cm)
width_Fr (cm)	0,46** (0,009)						
weight_Fr (g)	0,64** (0,000)	0,60** (0,000)					
Nber fo	0,25 (0,17)	0,02 (0,89)	0,12 (0,49)				
length F (cm)	0,27 (0,14)	0,11 (0,53)	0,18 (0,32)	0,95** (0,000)			
length P (cm)	0,20 (0,28)	-0,09 (0,63)	-0,01 (0,93)	0,58** (0,001)	0,49** (0,006)		
length fo (cm)	-0,08 (0,64)	-0,29 (0,11)	-0,21 (0,24)	-0,35 (0,05)	0,05 (0,78)	0,32 (0,07)	
width fo (cm)	0,13 (0,47)	-0,05 (0,77)	-0,08 (0,64)	0,09 (0,63)	-0,39* (0,02)	0,25 (0,17)	0,32 (0,07)

length_Fr: length of the fruit; width_Fr: width of the fruit; weight_Fr: weight of the fruits; Length F: length of the leaf; Nber fo: number of leaflets; Length P: length of the petiole; Length fo: length of the leaflets; width fo: width of the leaflets

4 DISCUSSION

The results of this study revealed varying fruit sizes of *Sclerocarya birrea* in the two (2) study areas, but no significant difference was observed in fruit shape (P -value > 0.05). Indeed, fruit size varies along the rainfall gradient (P -value < 0.001). Thus, *Sclerocarya birrea* populations from the Sahelian zone have larger fruits compared to those from the Sahelo-Sudanian zone. Although the Sahelian zone receives less rainfall than the Sahelo-Sudanian zone, fruits from this zone have the largest values (length, diameter, and weight). This is due, on the one hand, to the pruning of *Sclerocarya birrea* plants, which is widely practiced in the Sahelian zone, and, on the other hand, to the physiology of the species, which differs in these two zones. Indeed, in the Sahel-Sudanian zone, trees enter leafing very early, which means that part of the nutrients are used for fruiting and the other part for leafing. This prevents the fruits from fully benefiting from the energy available for their growth. These results are similar to those obtained by [22] who mentioned a significant variation in fruit weight in *Sclerocarya birrea*. They are also similar to those of [23] who found larger fruits in the dry zone. These results are different from those observed by [24] on *Balanites aegyptiaca* which reveals that individuals from the Sahel-Sudanian zone produce larger fruits than other less

watered bioclimatic zones. According to this author, trees in the most watered zone produce more of the largest fruits linked to significant photosynthetic activities due to water availability.

The low coefficient of variation values observed for fruit descriptors ($CV < 12\%$) across the entire study area, with the exception of weight, indicate low variability among *Sclerocarya birrea* trees for these traits. However, for weight, the average coefficient of variation values ($12 < CV < 25\%$) obtained across the two areas explain a fairly significant variation in this parameter among individuals of the species. This variation is explained more by the genotype of individuals than by environmental conditions and, to a lesser extent, by microvariations in soil characteristics [25] and anthropogenic effects such as pruning. Indeed, within the same area, it is common to find trees with fruits of different sizes.

The ratio between the length and width of *Sclerocarya birrea* fruits, according to Clopton's (2004) classification, is between the 6: 5 and 5: 6 levels, which gives a broadly ovoid to obovoid shape of the fruit described in the literature.

Regarding the leaves, no significant difference was observed between the two zones regarding the total length of the leaf, the length of the petiole and the number of leaflets. On the other hand, a significant difference was obtained in the length and width of the leaflets. Indeed, the leaflets of the Sahelo-Sudanian zone are longer and wider than those of the Sahelian zone. Thus, they have leaves with small leaflets in the Sahelian zone and leaves with large leaflets in the Sahelo-Sudanian zone. The variation in the size of the leaflets observed between the zones is explained by environmental conditions, particularly rainfall. Moreover, the north-south gradient due to latitude, along which temperature, sunshine and edaphic conditions are subject to variations [26] induces a decrease in rainfall which is more significant in the Sahelo-Sudanian zone. In response to water deficit, plants, to limit water losses due to the transpiration process, make a morphological adjustment and invest less or no resources in leaf growth. This morphological adjustment is often manifested by a reduction in leaf surface area and biomass productivity [27]. The values of the parameters considered at the level of leaf morphology across all areas show that they constitute a criterion for differentiating individuals of the species. There is therefore for *Sclerocarya birrea* a capacity for readjustment of organs (size of leaflets) for adaptation to water deficit. The same morphological variations were observed by [28] who revealed that leaf dimensions constitute a criterion for differentiation in *Jatropha curcas* Linn. in Benin. These results are contrary to those found by [29] in *Sclerocarya birrea* and [21], for individuals of *Balanites aegyptiaca* in Chad who reported that variations in leaflet length and width were not significantly different.

The lack of a significant effect on leaf length does not necessarily imply the absence of an adaptation mechanism to water deficit. This could be explained by very low morphological variation or a certain resistance to water deficit.

The coefficient of variation values obtained for leaf morphological descriptors are low in the Sahelo-Sudanian zone, with the exception of leaflet number. However, these values are average in the Sahelian zone. This demonstrates that variations at the leaf level are greater in the Sahelian zone than in the Sahelo-Sudanian zone for the parameters considered. These variations are explained by the highly varied soil conditions at the collection sites in the Sahelian zone.

The very strong correlations observed between fruit traits and leaf traits indicate that it is possible to identify several traits that can contribute to the formation of a fruit or leaf "ideotype" by combining a number of desirable characteristics.

The lack of significant correlation between fruit and leaf parameters indicates that it is impossible to predict fruit size from leaf characteristics and vice versa. This shows that correlations between the different traits of *Sclerocarya birrea* were not well established. These findings confirmed the results of [22] which reported that it is difficult to establish clear links between the different morphological traits. For leaflet shape, the ratio between leaflet length and width is 2: 1 and 3: 2, giving a shape that varies from oblong to elliptical.

5 CONCLUSION

This study analyzed the morphology of *Sclerocarya birrea* fruits and leaves along a north-south climatic gradient. The results showed that the highest values were observed in the Sahelian zone for fruits and in the Sahelo-Sudanian zone for leaves. For other traits, namely fruit shape and leaf length, no significant differences were observed along this gradient. The values of the measured parameters show variations along the gradient, which could therefore be an expression of the species's adaptation mechanisms within the various environments it colonizes. It could therefore be said that *Sclerocarya birrea* adapts the morphology of its fruits and leaves according to its environment, which could allow it to colonize environments with different climatic characteristics. This work will allow the selection of interesting morphotypes that meet the needs of farming communities and the market. It will also contribute to improving knowledge on the morphological descriptors of *Sclerocarya birrea* and serve as a basis for domestication programs.

ACKNOWLEDGMENTS

At the end of this study, our thanks go to all those who have contributed directly or indirectly to its completion.

REFERENCES

- [1] Thiombiano D.N.E, Dibong S.D., Lamien N. and Boussim I.J. 2010. Etat des peuplements des espèces ligneuses de soudure des communes rurales de Pobé-Mangao et de Nobéré (Burkina Faso). *Journal of Animal and Plant Sciences*, 9 (1): 1104-1116.
- [2] Belem B., Boussim I.J., Bellefontaine R. and Guinko S. 2008. Stimulation du drageonnage de *Bombax costatum* par blessure des racines au Burkina Faso. *Bois For. Trop.*, 295 (1) 71 – 79.
- [3] Ræbild A., Larsen A.S., Jensen S., Ouedraogo M., Groote S.D., Damme P.V., Bayala J., Diallo B.O., Sanou H., Kalinganire A. and Kjaer E.D. 2011. Advances in domestication of indigenous fruit trees in the West African Sahel. *New Forests*, 41: 297-315. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11056-010-9237-5>.
- [4] Mapongmetsem P.M., Nkongmenek A.B., Romgoumi G., Dongock N.D. and Dongmo B. 2011. Impact des systèmes d'utilisation des terres sur la conservation de *Vitellaria paradoxa* Gaertn. F. (Sapotaceae) dans la région des savanes soudano-guinéennes. *International Journal of Environmental Studies*, 68 (6): 851-872. DOI: <https://doi.org/10.1080/00207233.2011.641238>.
- [5] Koura K., Mbaidé Y. and Ganglo J.C., 2013. Caractéristiques phénotypique et structurale de la population de *Parkia biglobosa* (Jacq.) R. Br. du Nord-Bénin. *Int. J. Biol. Chem. Sci.*, 7 (6): 2409-2425. DOI: <http://dx.doi.org/10.4314/ijbcs.v7i6.19>.
- [6] Diallo B.O., Joly H.I., Hossaert-Mc Key M., McKey D. and Chevallier M.H., 2010. Variation des caractères biométriques de neuf provenances de *Tamarindus indica* L. (Caesalpinioideae). *Fruits*, 65 (2): 153-167. <https://doi.org/10.1051/fruits/2010010>.
- [7] Kouyaté A.M. and Van Damme P., 2002. Caractères morphologiques de *Detarium microcarpum* Guill. et Perr. au sud du Mali. *Fruits*, 57 (4): 231-238. DOI: <http://dx.doi.org/10.1051/fruits:2002020>.
- [8] Assogbadjo A.E., 2006. Importance socio-économique et étude de la variabilité écologique, morphologique, génétique et biochimique du baobab (*Adansonia digitata* L.) au Bénin. Thèse de doctorat. Université de Ghent, Belgique, 213p.
- [9] Kouyaté A. M., Decaluwé E., Guindo F., Diawara H., Diarra I., N'Diaye I., and Van Damme P., 2011. Variabilité morphologique du baobab (*Adansonia digitata* L.) au Mali. *Fruits*, 66 (4): 247-255. DOI: <http://dx.doi.org/10.1051/fruits/2011032>.
- [10] Assoumane A.A., 2011. Déterminants de la variation génotypique et phénotypique d'*Acacia senegal* (L.) Willd. dans son aire de distribution en Afrique soudano-sahélienne. Thèse de doctorat, Université Abdou Moumouni de Niamey, 119 p.
- [11] Bationo/Kando P., Zongo J.D., Nanema R.K. and Traore E. R., 2008. Etude de la variation de quelques caractères morphologiques d'un échantillon de *Sclerocarya birrea* au Burkina Faso. *International Journal of Biological and Chemical Sciences*, 2 (4): 549-562.
- [12] Hall J.B., O'Brien E.M. and Sinclair F.L., 2002. *Sclerocarya birrea*: a monograph. School of Agricultural and Forest Sciences Publication, vol 19, University of Wales, Bangor, 157p.
- [13] Kokwaro J.O. 1986. Anacardiaceae. In *Flora of Tropical East Africa*, Polhill RM, Balkema AA (eds). Rotterdam, The Netherlands; 42-45.
- [14] Gouwakinnou G. N., Lykke A. M., Assogbadjo A. E. et Sinsin B., 2011. Local knowledge, pattern and diversity of use of *Sclerocarya birrea*. *J. ethnobiol. Ethnomed.*, 7 (1): 1-9.
- [15] Shackleton C. M., Botha J. and Emanuel P. L., 2003. Productivity and abundance of *Sclerocarya birrea* subsp. *caffra* in and around rural settlements and protected areas of the Bushbuckridge lowveld, South Africa. *Forests, Trees and Livelihoods*, 13 (3): 217-232.
- [16] Abdourhamane H., Dan Guimbo I., Morou B., Taffa S.M. and Mahamane A. 2014. Potential germination and initial growth of *Sclerocarya birrea* (A.Rich.) Hochst, in Niger. *Journal of Applied Biosciences*, 76: 6433-6443. DOI: <http://dx.doi.org/10.4314/jab.v76i1.13>.
- [17] Zhang D. 2002. Marqueurs moléculaires. Outils de choix pour le génotypage des plantes. In (eds.): Les apports de la biologie moléculaire en arboriculture fruitière. 12e colloque sur les recherches fruitières. 30-31 Mai 2002. Bordeaux. 3 p.
- [18] Boukary H., Roumba A., Adam T., Barage M. and Saadou M. 2012. Interactions entre la variabilité des écotypes de l'oignon (*Allium cepa* L.) et les facteurs agro-climatiques au Niger. *Tropicultura*, 30 (4): 209-215.
- [19] Kouyaté, A.M. (2005). Aspects ethnobotaniques et étude de la variabilité morphologique, biochimique et phénologique de *Detarium macrocarpum* Guill. & Perr. Au Mali. Thèse présentée pour l'obtention du grade de Doctorat (PhD) en Biosciences Ingénieurs, section Agronomie. Université de Ghent, Belgique, 207p.

- [20] Ouédraogo, A.S. (1995). *Parkia biglobosa* (Leguminosae) en Afrique de l'Ouest: Biosystématique et Amélioration. Thèse de doctorat de l'Université Agronomique de Wageningen, Institute for Forestry and Nature Research, IBN-DLO, Wageningen, Netherlands, 205 p.
- [21] Abdoulaye B., Béchir A.B. and Mapongmetsem P.M., 2016. Variabilité morphologique de *Balanites aegyptiaca* (L.) Del. dans la région du Ouaddaï au Tchad. *Int. J. Biol. Chem. Sci.* 10 (4): 1733-1746.
- [22] Leakey R., Pate K. and Lombard C., 2005. Domestication potential of Marula (*Sclerocarya birrea* subsp. *caffra*) in South Africa and Namibia: 2. Phenotypic variation in nut and kernel traits. *Agroforestry systems*, 64 (1): 37-49.
- [23] Gouwakinnoun G. and Sinsin B. 2010. Phenotypic variation of *Sclerocarya birrea* var. *birrea* fruits and component traits in agroforestry systems in Northern Benin. *Scripta Botanica Belgica.*, 46: 197.
- [24] Abdou H.M.K., 2022. Aspects ethnobotaniques, variabilité morphologique et écologie de *Balanites aegyptiaca* (L.) Del. au Niger. Thèse de doctorat, Université de Diffa. 201 p.
- [25] Jongschaap, R. E. E., Corre W. J., Bindraban R. S. and Brandenburg W. H., 2007. Claims and facts on *Jatropha curcas* L. Global *Jatropha curcas* evaluation, breeding and propagation. Report 158, PRI, WUR, The Netherlands.
- [26] Li B., J.-I. Suzuki, and T. Hara. 1998. Latitudinal variation in plant size and relative growth rate in *Arabidopsis thaliana*. *Oecologia* 115: 293-301.
- [27] Shao H.-B., L.-Y. Chu, C.A. Jaleel, and C.-X. Zhao. 2008. Water-deficit stress-induced anatomical changes in higher plants. *Comptes rendus biologies* 331: 215-225.
- [28] Charlemagne J.G., Kisito G., Cesaire P.G., Achille E.A. and Romain L.G.K., 2015. Variabilité morphologiques et conservation des morphotypes de *Jatropha curcas* Linn. (Euphorbiaceae) au Bénin. *Journal of Agriculture and Environment for International Development* 109 (1): 55 – 69.
- [29] Béchir A.B., Brahim A. and Mapongmetsem P.M., 2022. Morphological variability of *Sclerocarya birrea* (A. Rich.) Hochst. subsp. *Birrea* (Anacardiaceae family) in the Ouaddaï Province, Chad. *International Journal of Frontline Research in Science and Technology*, 01 (01): 019–030. DOI: <https://doi.org/10.56355/ijfrst.2022.1.1.0005>.

Intégration de sources de données hétérogènes dans un entrepôt de données dans un environnement minier

[heterogeneous data sources Integration in the data warehouse in mining environment]

Edouard Ngoy MUSHAME¹, John Tshomba KALUMBU², Sage Ngoie MBAYO³, and Luc Lumanji MBUNGA⁴

¹Section sciences de base, Institut Supérieur des Techniques Appliquées de Kolwezi, ISTA - Kolwezi, RD Congo

²Département de phytotechnie, Faculté des sciences agronomiques de l'Université de Lubumbashi, Lubumbashi, RD Congo

³Philosophiae Doctor, IS, Université de l'État libre, South Africa

⁴Section sciences de base, Institut Supérieur des Techniques Appliquées de Kolwezi, ISTA - Kolwezi, RD Congo

Copyright © 2026 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: Easily accessible and useful data provides businesses and customers with a solid foundation to make real-time decisions or revise them as necessary. Besides your personnel and your products, data is one of your company's most valuable assets. As new information and communications technologies, digital transformation and smart technologies continue to reshape the industrial and mining landscape, data is essential to remaining competitive. For business leaders, it is imperative to fully understand data management tools and their impact on the industry. Organizations today have a multitude of information from most data sources: IoT, mining software, ERP, partners, websites, applications, cloud, customer feedback in the field, etc. These heterogeneous sources of varied formats are very often stored in independent silos. This heterogeneity combined with impressive volumes of data makes decision-making increasingly difficult. The objective of data integration is therefore to bring together all this data from different sources in order to allow decision-makers to have an overview.

KEYWORDS: data sources, databases, business intelligence, information systems, mining software.

RESUME: Des données facilement accessibles et utiles représentent, pour les entreprises ainsi que les clients, une base solide à partir de laquelle ils peuvent prendre des décisions en temps réel ou les réviser, le cas échéant. Outre votre personnel et vos produits, les données sont l'un des biens les plus précieux de votre entreprise. Alors que les nouvelles technologies de l'information et de la communication, la transformation numérique et les technologies intelligentes continuent de remodeler le paysage industriel et minier, les données sont essentielles pour demeurer compétitif. Pour les chefs d'entreprise, il est impératif de bien comprendre les outils de gestion de données et leur impact sur l'industrie. Les organisations disposent aujourd'hui d'une multitude d'informations provenant de nombreuses sources de données: IoT, Logiciels miniers, ERP, partenaires, sites internet, applications, cloud, retours clients sur le terrain, etc. Ces sources hétérogènes et de formats variés sont très souvent stockées dans des silos autonomes. Cette hétérogénéité combinée avec des volumes de données impressionnants rend la prise de décision de plus en plus difficile. L'objectif de l'intégration de données est donc de rassembler toutes ces données provenant de différentes sources afin de permettre aux décideurs d'avoir une vision d'ensemble.

MOTS-CLEFS: sources des données, bases de données, informatique décisionnelle, systèmes d'information, logiciels miniers.

1 INTRODUCTION

Les entreprises collectent des données à partir de sources disparates dans une variété de formats. Pour donner un sens à ces données et en extraire de la valeur, les entreprises utilisent différents outils d'intégration de données qui rassemblent les données en un seul endroit pour les transformer et les charger dans un référentiel de données centralisé comme un entrepôt de données ou un Data Mart, cette pratique d'organiser et présenter les données n'épargne pas les industries minières en général et en particulier celles de la République Démocratique du Congo. Tirant parti de différentes technologies, telles que ETL, l'intégration d'API, la virtualisation des données, l'EDI et autres, l'intégration des données permet aux entreprises d'accéder, de déplacer, de manipuler et de synchroniser plus facilement les données collectées à l'intérieur et à l'extérieur de l'entreprise. Cependant, la valeur obtenue grâce au processus dépend de la bonne sélection d'un outil et des méthodes d'intégration de données qui offre la combinaison optimale de performances, de facilité d'utilisation et d'évolutivité.

L'intégration de données est un processus qui consiste à combiner des données provenant de sources hétérogènes et à les présenter dans un format unifié. Ceci comprend:

- Consolider les données d'une grande variété de systèmes sources avec des formats disparates, tels que des systèmes de fichiers, des API, des bases de données, etc.
- Nettoyage des données en supprimant les doublons, les erreurs, etc.
- Catégorisation des données en fonction des règles métier.
- Le transformer dans le format requis afin qu'il puisse être utilisé pour le reporting ou l'analyse.

L'intégration des données est utilisée dans divers processus de gestion des données tels que la migration de données, l'intégration d'applications, la gestion des données de base, etc. Cependant, maintenant, le processus d'intégration des données n'est pas seulement limité aux utilisateurs informatiques. En raison de la disponibilité d'outils d'intégration de données faciles à utiliser, de plus en plus d'utilisateurs métier prennent la tête de l'optimisation des processus métier et stimuler l'agilité commerciale [1]. Suite à tout ce qui précède, les objectifs de cette recherche se place dans la théorie et la thématique de d'abord comprendre les bonnes pratiques de l'intégration des données dans les environnements miniers et comment développer et mettre en place une solution d'intégration de données, nous n'allons pas exclure le fait que les entreprises minières font partie de larges champs dans lesquels une diversité des sources de données est au rendez-vous.

2 ETAT DE L'ART SUR L'INTEGRATION DES DONNEES

L'intégration des données est un ensemble de pratiques, d'outils et de procédures architecturales qui permettent aux entreprises d'utiliser, de combiner et de tirer parti de tous les types de données. En plus de consolider les données provenant de systèmes disparates, le processus garantit que les données sont nettoyées et exemptes d'erreurs afin d'optimiser leur utilité pour l'entreprise [2], [3].

Les données intégrées sont particulièrement utiles pour les entreprises ayant un environnement diversifié et distribué, avec un éventail de sources de données et de ressources générant des informations. Dans ce cas, les données sont souvent cloisonnées et déconnectées des autres données métier, ce qui prive l'entreprise d'une vue unifiée de ses activités [3].

L'intégration des données permet à l'entreprise d'atteindre son plein potentiel. Les décisions importantes reposent sur des informations précises et les nouvelles technologies qui dépendent des données nettoyées peuvent être mises en œuvre et optimisées, ce qui aide l'entreprise à innover et à prospérer.

2.1 BREF HISTORIQUE DE L'INTEGRATION DE DONNEES

La combinaison des différentes sources de données pose un problème depuis que les systèmes de gestion ont commencé à collecter des données. Ce n'est qu'au début des années 1980 que les informaticiens ont commencé à concevoir des systèmes prenant en charge l'interopérabilité des bases de données hétérogènes ou différentes. L'un des premiers systèmes d'intégration des données a été développé par l'Université du Minnesota en 1991: son objectif était d'assurer l'interopérabilité des milliers de bases de données sur la population. Le système utilisait une approche d'entrepôt de données permettant d'extraire, de transformer et de charger des données de sources disparates dans un schéma de visualisation pour les rendre compatibles.

Dans les années qui ont suivi, différents défis sont apparus, notamment en ce qui concerne la qualité, la gouvernance, la modélisation et, surtout, l'isolation ou le cloisonnement des données.

Les données intégrées sont devenues l'impératif des entreprises au début des années 2010, avec l'avènement de l'Internet des Objets (IoT). Soudain, un large éventail de terminaux, d'applications et de plateformes généraient d'énormes volumes de données, submergeant les entreprises. Le Big Data a fait son apparition et les entreprises ont dû trouver un moyen d'exploiter le potentiel de toutes ces informations. Aujourd'hui, les sociétés de toutes tailles et de tous secteurs utilisent l'intégration pour extraire de la valeur des données stockées dans toutes les applications et plateformes de l'entreprise [3].

2.2 TYPES D'INTÉGRATION DE DONNEES [4]

L'intégration des données peut être réalisée de plusieurs façons. Communément appelées méthodes, techniques, approches ou types d'intégration de données, il existe 5 façons différentes d'intégrer vos données.

- Intégration de données par lots

Dans ce type d'intégration de données, les données passent par le processus ETL par lots à des moments programmés (hebdomadaires ou mensuels). Elles sont *extraites* de sources disparates, *transformées* en une vue cohérente et normalisée, puis *chargées* dans un nouveau magasin de données, tel qu'un entrepôt de données ou plusieurs marts de données. Cette intégration est surtout utile pour l'analyse des données et la veille stratégique, car un outil de veille stratégique ou une équipe d'analystes peut simplement observer les données stockées dans l'entrepôt.

- Intégration des données en temps réel

Dans ce type d'intégration de données, les données entrantes ou en continu sont intégrées aux enregistrements existants en quasi temps réel par le biais de pipelines de données configurés. Les entreprises utilisent des pipelines de données pour automatiser le mouvement et la transformation des données, et les acheminer vers la destination ciblée. Les processus d'intégration des données entrantes (en tant que nouvel enregistrement ou mise à jour/application des informations existantes) sont intégrés dans le pipeline de données.

- Consolidation des données

Dans ce type d'intégration de données, une copie de tous les ensembles de données sources est créée dans un environnement ou une application de transit, les enregistrements de données sont ensuite consolidés pour représenter une vue unique, puis finalement déplacés vers une source de destination. Bien que ce type soit similaire à l'ETL, il présente quelques différences essentielles telles que:

- La consolidation des données se concentre davantage sur des concepts tels que le nettoyage et la normalisation des données et la résolution des entités, tandis que l'ETL se concentre sur la transformation des données.
 - Alors que l'ETL est une meilleure option pour le big data, la consolidation des données est un type plus approprié pour relier les enregistrements et identifier de manière unique les principaux actifs de données, tels que le client, le produit et l'emplacement.
 - Les entrepôts de données aident principalement à l'analyse des données et à la BI, tandis que la consolidation des données est également utile pour améliorer les opérations commerciales, comme l'utilisation du dossier consolidé d'un client pour le contacter ou créer des factures, etc.
- La virtualisation des données

Comme son nom l'indique, ce type d'intégration de données ne crée pas réellement une copie des données ou ne les déplace pas vers une nouvelle base de données avec un modèle de données amélioré. Il introduit plutôt une couche virtuelle qui se connecte à toutes les sources de données et offre un accès uniforme comme une application frontale.

Comme elle ne dispose pas de son propre modèle de données, la couche virtuelle a pour but d'accepter les demandes entrantes, de créer des résultats en interrogeant les informations requises dans les bases de données connectées et de présenter une vue unifiée. La virtualisation des données réduit le coût de l'espace de stockage et la complexité de l'intégration, puisque les données semblent intégrées mais résident séparément dans les systèmes sources.

- Fédération de données

La fédération de données est similaire à la virtualisation des données et est souvent considérée comme son sous-type. Encore une fois, dans la fédération de données, les données ne sont pas copiées ou déplacées vers une nouvelle base de données, mais un nouveau modèle de données est conçu qui représente une vue intégrée des systèmes sources.

Il fournit une interface frontale d'interrogation et, lorsque des données sont demandées, il les extrait des sources connectées et les transforme en modèle de données amélioré avant de présenter les résultats. La fédération de données est utile lorsque les modèles de données sous-jacents des systèmes sources sont trop différents et doivent être mis en correspondance avec un modèle plus récent afin d'utiliser les informations plus efficacement.

2.3 CAS D'UTILISATION RELATIFS À L'INTÉGRATION DES DONNEES

Lorsque des données sont générées, elles peuvent être intégrées et utilisées pour obtenir des insights en temps réel qui profitent à l'entreprise. Une entreprise établie dans plusieurs régions peut obtenir une vue consolidée sur l'ensemble de ses opérations pour comprendre ce qui fonctionne et ce qui ne fonctionne pas. Une vue unique de l'entreprise facilite la compréhension des causes et des effets, ce qui permet d'effectuer des rectifications en temps réel et de réduire les risques.

Grâce à l'intégration des données, les entreprises peuvent:

- Optimiser l'analytique: accéder aux données des systèmes opérationnels, les mettre en attente ou les extraire (entreposage de données), puis les transformer et les livrer à l'entreprise sous la forme d'une analytique fiable.
- Favoriser la cohérence entre les applications opérationnelles: assurer la cohérence de la base de données entre les applications (intra-entreprise et interentreprises), de manière bidirectionnelle et unidirectionnelle.
- Partager des données en dehors de l'entreprise: fournir des données fiables aux parties externes comme les clients, les fournisseurs et les partenaires.
- Orchestrer les services de données: déployer toutes les fonctionnalités d'intégration des données d'exécution en tant que services de données pour garantir rapidité et précision.
- Assurer la migration et la consolidation des données: répondre aux besoins de mouvement et de transformation dans le cadre de la migration et de la consolidation des données, par exemple, lors du remplacement d'applications héritées ou de la migration vers de nouveaux environnements [5], [6].

3 INTEGRATION D'APPLICATIONS VS INTEGRATION DE DONNEES

Intégration d'applications est un autre concept fréquemment utilisé dans les organisations ainsi. Il est important de faire la différence entre l'intégration d'applications et l'intégration de données, d'autant plus que les deux se complètent souvent pour réaliser des opérations transparentes [7].

Alors que l'intégration d'applications vise à permettre aux applications logicielles de fonctionner ensemble en partageant des données, l'intégration de données se concentre sur la consolidation et l'harmonisation des données provenant de sources disparates à des fins d'analyse et de prise de décision. Encore une fois, nous avons un tableau ci-dessous pour résumer l'intégration d'applications par rapport à l'intégration de données:

Tableau 1. Comparatif entre intégration d'applications et de données

Élément de comparaison	Intégration d'applications	Intégration des données
Définition	Connecter et coordonner les applications logicielles et les systèmes pour partage de données et l'automatisation des processus.	Combiner des données provenant de diverses sources dans une vue unifiée et précise pour l'analyse et la prise de décision.
Domaine	Permettre aux applications de fonctionner ensemble de manière transparente.	Consolidation des données et l'harmonisation à partir de sources multiples, en se concentrant sur le mouvement et la transformation des données.
Objectif commercial	Améliorer l'efficacité des processus métier, automatiser les flux de travail et améliorer l'expérience utilisateur grâce à des interactions transparentes avec les applications.	Fournir une vue globale des données dans toute l'organisation, prenant en charge la prise de décision, le reporting et l'analyse basés sur les données
Flux de données	Gérer les flux de données et de processus entre les applications, garantissant une communication et une collaboration en temps réel.	Implique des processus d'extraction, de transformation et de chargement de données, entre autres.
Cas d'usage	Intégrer le SAP aux logiciels de contrôle d'usine (PI System ou SCADA), connecter le SharePoint de l'entreprise au système de messagerie Outlook, etc.	Création d'entrepôts de données centralisés, consolidation des données clients, fusion des données pour le reporting financier, etc.
Outils et technologies	Middleware, API, files d'attente de messages, ESB, plates-formes d'intégration et passerelles API.	intégration des données et Outils ETL, entrepôts de données, lacs de données et Systèmes de gestion de bases de données.

4 PROCESSUS INTEGRATION DE DONNEES EN ENTREPRISE

Le processus d'intégration des données est la méthode par laquelle une organisation combine des données provenant de plusieurs plateformes et ensembles de données différents pour créer une architecture numérique cohérente et globale. Dans ce processus, les étapes de l'intégration des données ne sont pas aussi importantes que le résultat. Certaines organisations choisissent d'intégrer tous les ensembles de données de l'entreprise en un seul. D'autres choisissent de n'intégrer qu'un ensemble de données particulier et important. Quel que soit le choix, ce processus correspond aux étapes définies et aux résultats proposés pour cette combinaison d'ensembles de données.

Le processus d'intégration des données a un impact direct sur des domaines industriels tels que les logiciels de sécurité, les applications commerciales et l'utilisation des données collectées. Cela facilite le suivi des processus à l'échelle de l'entreprise, les

transformations numériques globales et une meilleure connaissance de la manière d'utiliser les données collectées sur une période donnée.

4.1 DIAGRAMME DE FLUX DE TRAVAIL

Le processus d'intégration des données de votre entreprise doit être flexible pour soutenir la croissance continue de l'entreprise. Il existe de nombreuses possibilités de plans d'intégration de données. Ce processus doit néanmoins suivre un ensemble d'étapes bien spécifiques comme présentés sur le diagramme ci-dessous:

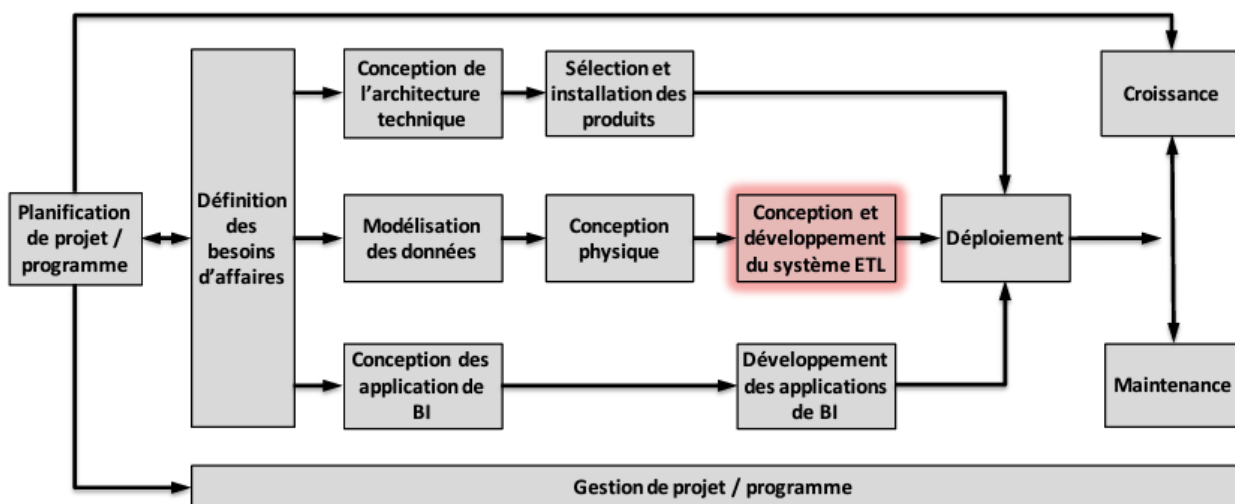


Fig. 1. Diagramme de Flux du travail dans l'intégration des données

4.2 APPROCHES INTÉGRATION DE DONNÉES

La technologie d'intégration de données a évolué à un rythme rapide au cours de la dernière décennie. Initialement, Extract, Transform, Load (ETL) était la seule technologie d'intégration de données disponible pour le traitement par lots. Cependant, à mesure que les entreprises continuaient d'ajouter davantage de sources à leur écosystème de données, le besoin de technologies d'intégration de données en temps réel s'est fait sentir [5].

ETL: Cette approche (Extract, Transform and Load), permet justement:

- Intégration et livraison des données en lot ainsi que
- Transformations appliquées sur les données

Enterprise Information Integration:

- Fédération des données provenant de plusieurs sources
- Accès en temps réel aux données
- Données structurées ou semi – structurées

Enterprise Application Integration:

- Processus d'intégrations de données d'applications
- Basé sur les échanges sur un bus commun.

Dans nos recherches nous allons nous appuyer sur les intégrations par l'approche des ETL, nous allons également démontrer ces approches en utilisant les outils de Business Intelligence de Microsoft SQL Server, en occurrence SSIS et SSRS et pour le reporting nous allons ajouter l'usage de Power BI.

5 PRÉSENTATION DE SQL SERVER INTEGRATION SERVICES: SSIS

Avant de présenter SSIS, nous allons revenir sur les notions de bases de données ainsi que le système de gestion de bases de données.

5.1 NOTIONS DE BASES DE DONNÉES

Une base de données est un ensemble d'informations qui est organisé de manière à être facilement accessible, géré et mis à jour. Elle est utilisée par les organisations comme méthode de stockage, de gestion et de récupération de l'informations [6].

Les données sont organisées en lignes, colonnes et tableaux et sont indexées pour faciliter la recherche d'informations. Les données sont mises à jour, complétées ou encore supprimées au fur et à mesure que de nouvelles informations sont ajoutées. Elles contiennent généralement des agrégations d'enregistrements ou de fichiers de données, tels que les transactions de vente, les catalogues et inventaires de produits et les profils de clients. Généralement, l'administrateur de la base de données régule les accès des utilisateurs afin de contrôler leurs actions et d'analyser les usages. Pour garantir la cohérence des données et l'intégralité des transactions, toutes les transactions réalisées sur une base de données doivent répondre aux exigences de la conformité ACID:

- Le principe d'Atomicité garantit la bonne exécution de la transaction. Les transactions de base de données, comme les atomes, peuvent être décomposées en plus petites parties. Si une partie d'une transaction échoue, toute la transaction sera annulée.
- La propriété de Cohérence signifie que seules les données qui suivent des règles prédéfinies peuvent être écrites dans la base de données.
- L'isolement fait référence à la capacité de traiter simultanément plusieurs transactions de manière indépendante.
- La durabilité requiert de rendre les défaillances invisibles pour l'utilisateur final. Les données sont sauvegardées une fois la transaction terminée, même en cas de panne de courant ou de défaillance du système [7].

5.2 NOTIONS DE SYSTEME DE GESTION DE BASE DE DONNEES (SGBD)

Une base de données et un système de gestion de base de données, abrégé en SGBD, forment un système de base de données (ce dernier terme est toutefois souvent appelé simplement « base de données »). De manière générale, un SGBD est un **logiciel** qui définit le **modèle d'un système de base de données** et constitue ainsi une composante indispensable à la création, à la gestion et à l'utilisation d'une base de données. L'utilisateur peut uniquement ajouter et lire l'ensemble de données désiré après avoir installé et paramétré le système de gestion de base de données correspondant. Des interfaces spécifiques à l'application et un langage de base de données adapté permettent les **accès en écriture et en lecture** ainsi que les **fonctionnalités d'administration** générales. Le langage de ce type le plus connu est SQL (Structured Query Language).

Le système de gestion de base de données est le composant le plus important d'un système de base de données. Sans SGBD, il serait impossible d'administrer, commander ou contrôler la base de données. Par ailleurs, le logiciel gère tous les accès à la base de données en lecture et en écriture. Pour décrire les fonctions et les exigences des opérations d'un système de gestion de base de données, on utilise fréquemment l'acronyme ACID pour atomicity, consistency, isolation et durability (atomicité, cohérence, isolation et durabilité). Chacun des termes composant l'acronyme ACID couvre les principales exigences applicables à un SGBD:

- L'atomicité est la propriété « tout ou rien » du SGBD qui implique que la transaction complète ne peut être exécutée correctement que si les interrogations sont valides et arrivent dans le bon ordre.
- La cohérence implique que la base de données reste stable même en cas de transaction réussie ce qui nécessite une vérification constante de toutes les transactions.
- L'isolation est l'exigence imposant que les transactions soient indépendantes les unes des autres ce qui est souvent garanti par des fonctionnalités de blocage.
- La durabilité signifie que l'ensemble des données du SGBD doivent être enregistrées durablement, même après la réalisation d'une transaction avec succès. Cela s'applique tout particulièrement en cas d'erreur système ou de panne du SGBD. Cette durabilité est notamment assurée par des journaux de transaction qui documentent l'ensemble des processus dans le SGBD [8], [9], [10], [11].

5.3 SQL SERVER INTEGRATION SERVICES

SQL Server Integration Services (SSIS) est un ETL (Extract Transform Load). Il permet de se connecter à n'importe quelle source de données (Excel, fichier plat csv, XML, base de données, etc.). SSIS offre la possibilité de collecter des données, de les transformer en données exploitables par les outils d'analyse. Ce sont ces données exploitables qui vont alimenter une ou plusieurs bases de données dédiées (bases de données relationnelles ou multidimensionnelles).

SQL Server Integration Service est la version améliorée de Data Transformation Service (DTS), présent dans les versions de SQL Server antérieures à 2005. SQL Server Integration Services est une plateforme qui permet de créer des solutions de transformation et d'intégration de données au niveau de l'entreprise. Grâce à SQL Server Integration Services, vous pouvez résoudre des problèmes d'intégration ou d'échange de données complexes en copiant ou en téléchargeant des fichiers, en envoyant des messages électroniques en réponse à des événements, en mettant à jour des entrepôts de données, en nettoyant, en vérifiant l'intégrité / la qualité des données et, enfin, en explorant des données et en gérant des données et des objets SQL Server.

Les packages peuvent fonctionner en mode autonome ou de concert avec d'autres packages en fonction des réalités des batches de chargement ou d'échange de données à mettre en œuvre. Avec SQL Server Integration Services, il est possible d'extraire et de transformer des données à partir d'un large éventail de sources, comme par exemple, des fichiers de données XML, des fichiers plats et des sources de données relationnelles, puis les charger dans une ou plusieurs destinations [9], [12].

5.4 FONCTIONNALITÉS PRINCIPALES DE SSIS [13], [14], [15]

- Sources et destinations de données multiples:
Connexion OLE DB donc toutes bases de données, Excel, Fichier plat (CSV), XML, etc.
- Transformations de données:
Agrégation, Filtre, Colonne dérivée, Conversions, etc.
- Flux de contrôles:
Tâche d'exécution de packages SSIS, Tâche d'insertion en bloc (BULK INSERT), Tâche d'exécution de requêtes SQL, Tâche de script (VB, C#), etc.
- Taches de maintenance:
Gestion des événements, Reconstruction d'index, Envoi de mails, Nettoyage d'historiques, etc.

6 DATA TRANSFORMATION ENTRE DEUX SOURCES DE DONNEES DIFFERENTES

Nous allons démontrer cette expérience sur l'intégration de données en utilisant la synchronisation avec un composant *Merge Join Transformation* entre les données issues d'une source Excel et une table SQL Server, pour l'exemple.

Le modus operandi de notre exemple d'implémentation sera effectué avec l'outil de développement Visual Studio ou dans un autre cas échéant vous pouvez utiliser Business Intelligence Development Studio (BIDS) dont l'interface graphique est sensiblement la même. Nous allons dans ces exemples nous insérer sur les opérations SQL d'insertions et de mises à jour de données, notons qu'une opération d'insertions et de mises-à-jour est appelée UPSERT (ou UPDATE-INSERT).

6.1 PRÉSENTATION DES BESOINS

Admettons que l'on dispose d'une source de données Excel (Employee-Database.xlsx) et que l'on souhaite pouvoir intégrer les contenus de cette base de données avec une table Employee stockée au sein d'une base de données SQL Server Employee_Database_staging.

Voici le contenu du fichier Excel:

ID	Firstname	Lastname	Age
10235	Jean	Kasongo	32
10235	Idriss	Mujinga	28
10235	Sakadie	Ilunga	52
10235	Serge	Mwamba	36
10235	Yacinte	Longwangwa	38
10235	Edouard	Mushame	27
10235	Matembo	Toto	38
10235	Syntiche	Monga	23
10235	Ruth	Kanam	19
10235	Arianne	Mujinga	29
10235	Sandra	Kangolombo	25
10235	Stephane	Malamba	29
10235	Pax	Kaulu	31
10235	Idriss	Banza	32
10235	Russelle	Yolamu	30
10235	Christelle	Kasongo	22
10235	Jacques	Kyabula	38
10235	Fifi	Masuka	45
10235	Freddy	Kakonde	

Fig. 2. Les informations stockées au sein d'une feuille Excel appelée EEs

La table Employee de la base de données SQL Server, quant à elle, possède une structure assez simple:

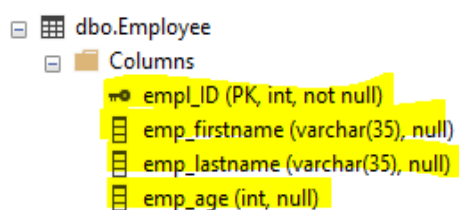


Fig. 3. On suppose qu'elle est vierge de tout enregistrement

6.2 CHOIX DE LA METHODE DE SYNCHRONISATION

La stratégie de synchronisation choisie sera celle incrémentielle. Il est, bien sûr, possible d'adopter une solution plus « brute » qui consiste à tronquer la table de destination avant d'y insérer le contenu de la source de données (Excel, dans notre cas). Cette solution possède principalement 2 limites qui peuvent être problématiques dans le monde réel:

- La troncature n'est pas supportée sur une table concernée par une contrainte d'intégrité référentielle de type FK (foreign key, ou clé étrangère).
- Si l'on est amené à travailler avec une dizaine de millions d'enregistrements, le fait de fréquemment insérer tous les enregistrements « from scratch » peut avoir un impact non-négligeable au niveau des performances. Sans parler de problèmes liés aux blocages (toute opération d'insertion ou de mise-à-jour étant transactionnellement bloquante).

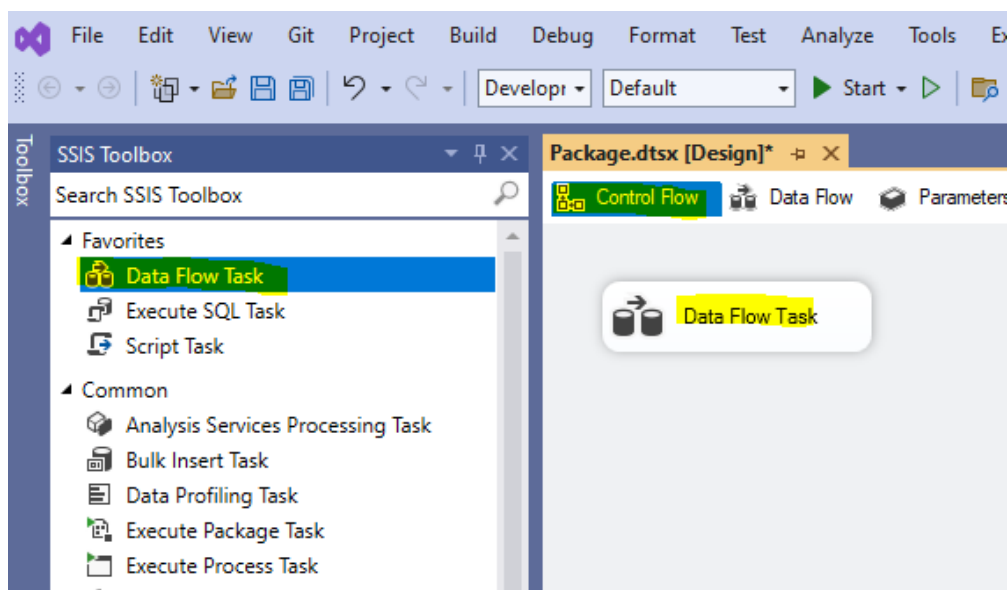
Quant aux méthodes de transformation, il en existe diverses méthodes de traiter les données à synchroniser, avec notamment l'utilisation de 2 types de composants de *data flows* SSIS:

- Merge Join Transformation, qui permet de réaliser une réunion (LEFT, FULL ou INNER) de deux jeux de données préalablement triés afin d'y générer le résultat de leur fusion.
- Lookup Transformation, qui permet d'effectuer des opérations de recherche via l'équijointure de colonnes d'entrée à des colonnes d'un jeu de données de référence.

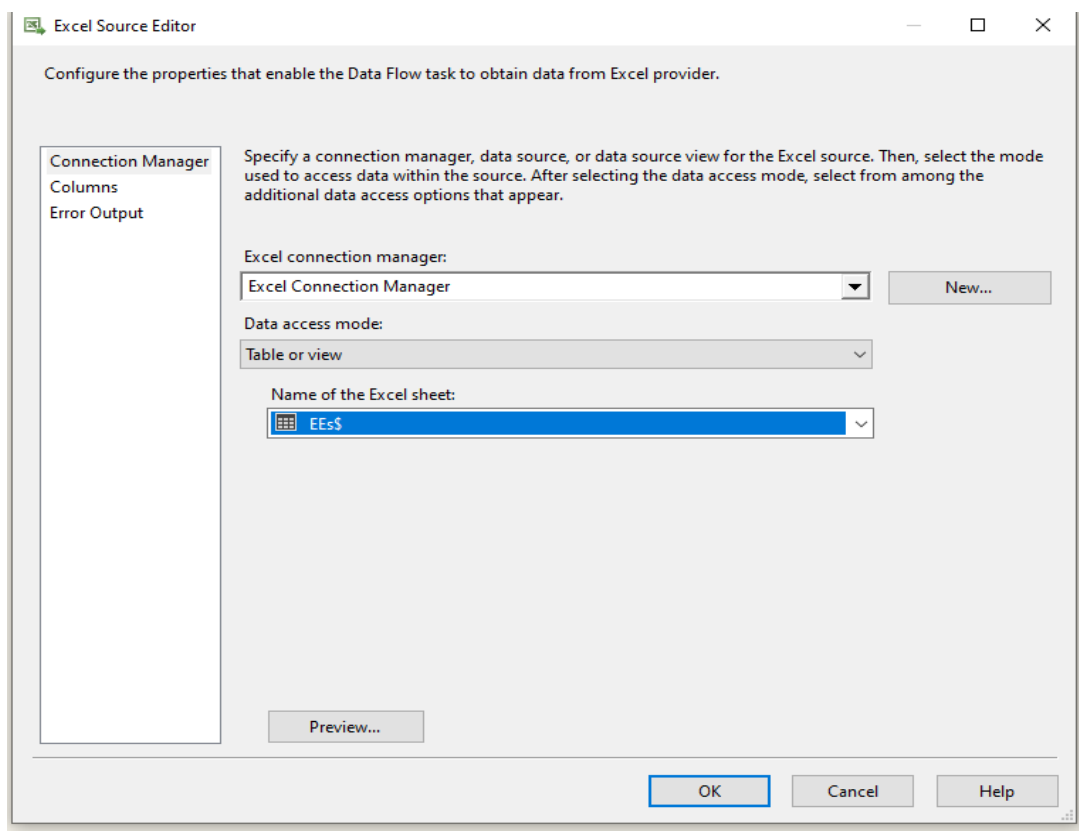
Pour illustrer ces pratiques, nous allons opter d'utiliser la méthode *Merge Join Transformation*.

6.3 PROCÉDURES PAS À PAS

- Au sein de l'onglet Control Flow:
- Faites glisser un composant Data Flow Task:

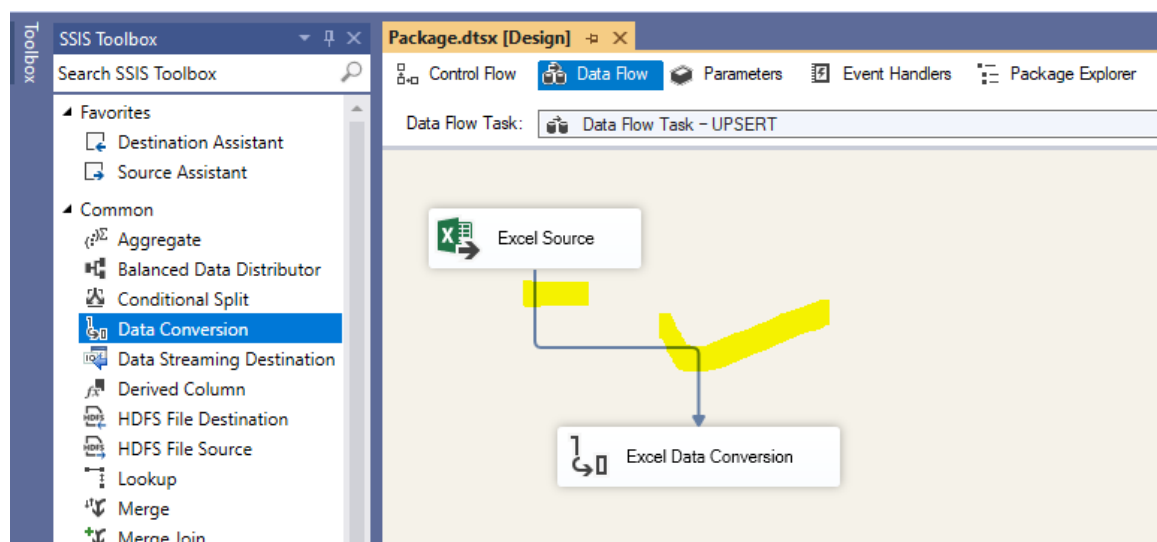


- Après avoir renommé le composant en Data Flow Task – UPSERT (en cliquant dessus, ou en effectuant un clic-droit>Rename), on va double-cliquer sur ledit composant pour accéder à la définition de ses flux de données (onglet Data Flow).
- Au sein du Data Flow de Data Flow Task – UPSERT:
 - Faites glisser (ou double-cliquez sur) le composant Excel Source, situé dans la SSIS Toolbox, dans la zone de design:
 - Renommez le composant Excel Source en Excel Source – Employees:
- Au sein des propriétés du composant Excel Source – Employees (accessible via clic-droit>Edit... ou double-clic), spécifiez le nouveau gestionnaire de connexion Excel:
 - Choisissez la feuille du fichier Excel à utiliser (EEs, dans notre cas):

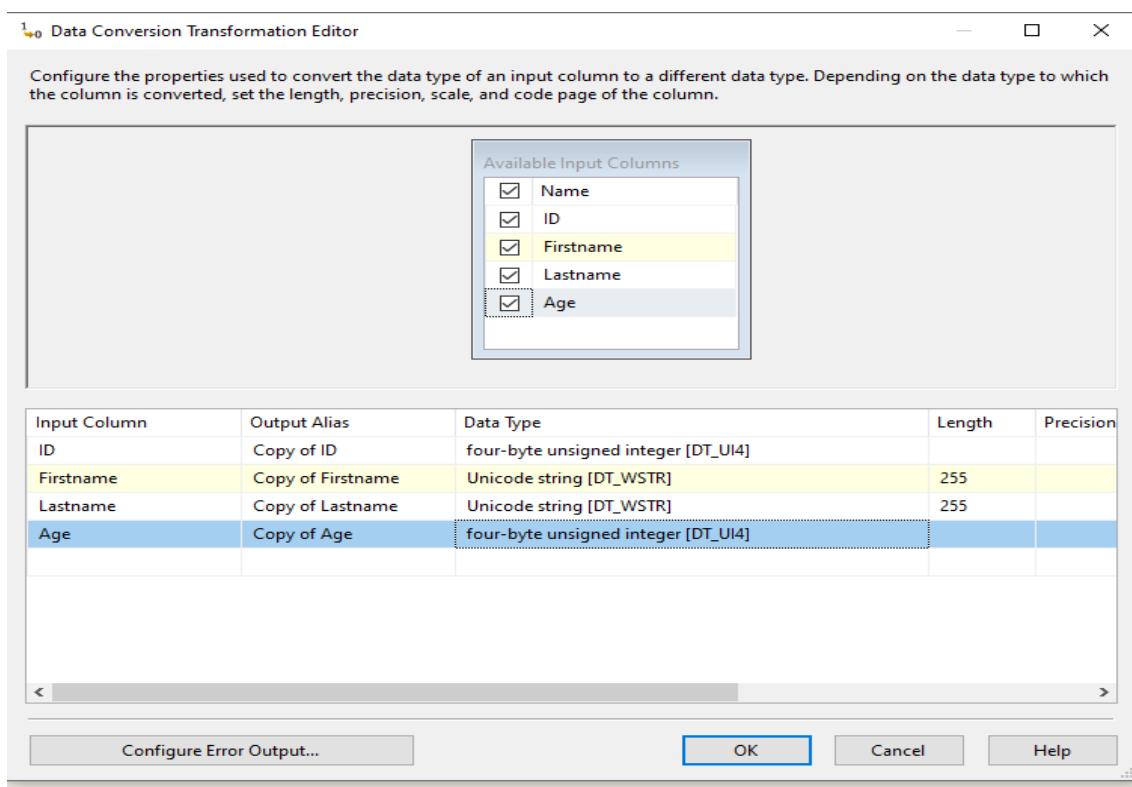


Par la suite nous allons valider les modifications effectuées pour le composant *Excel Source* en pressant sur *OK*.

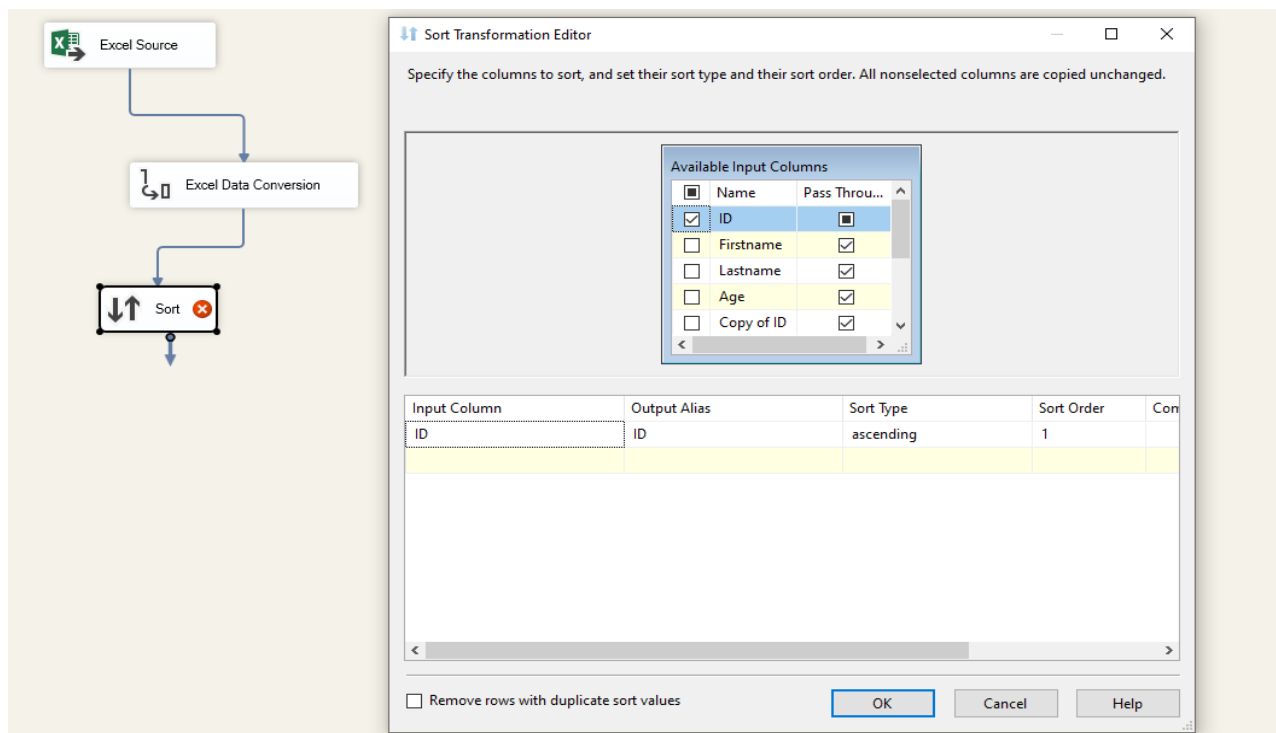
- Toujours au sein de la zone de design *Data Flow* de *Data Flow Task – UPSERT*, faites glisser (ou double-cliquez sur) un composant *Data Conversion*
- Renommez le composant *Data Conversion* en *Excel Data Conversion*
- Placez une contrainte de précédence de succès allant de *Excel Source – Employees* vers *Excel Data Conversion*:



- Au sein des propriétés du composant *Excel Data Conversion*, spécifiez les types de données de chaque colonne, en tenant compte de celles de la future destination (i.e., la table *Employee* de *SQL Server*):



- Par la suite nous allons Faire glisser (ou double-cliquez sur) un composant *Sort*:
- Placez une contrainte de précédence de succès allant d'Excel Data Conversion vers Sort:
- Dans les propriétés de Sort, sélectionnez Excel Data Conversion.ID afin que le tri soit effectué en fonction de la colonne d'IDs convertie, et assurez-vous que les autres colonnes converties soient les seules traversées (section Pass Through):

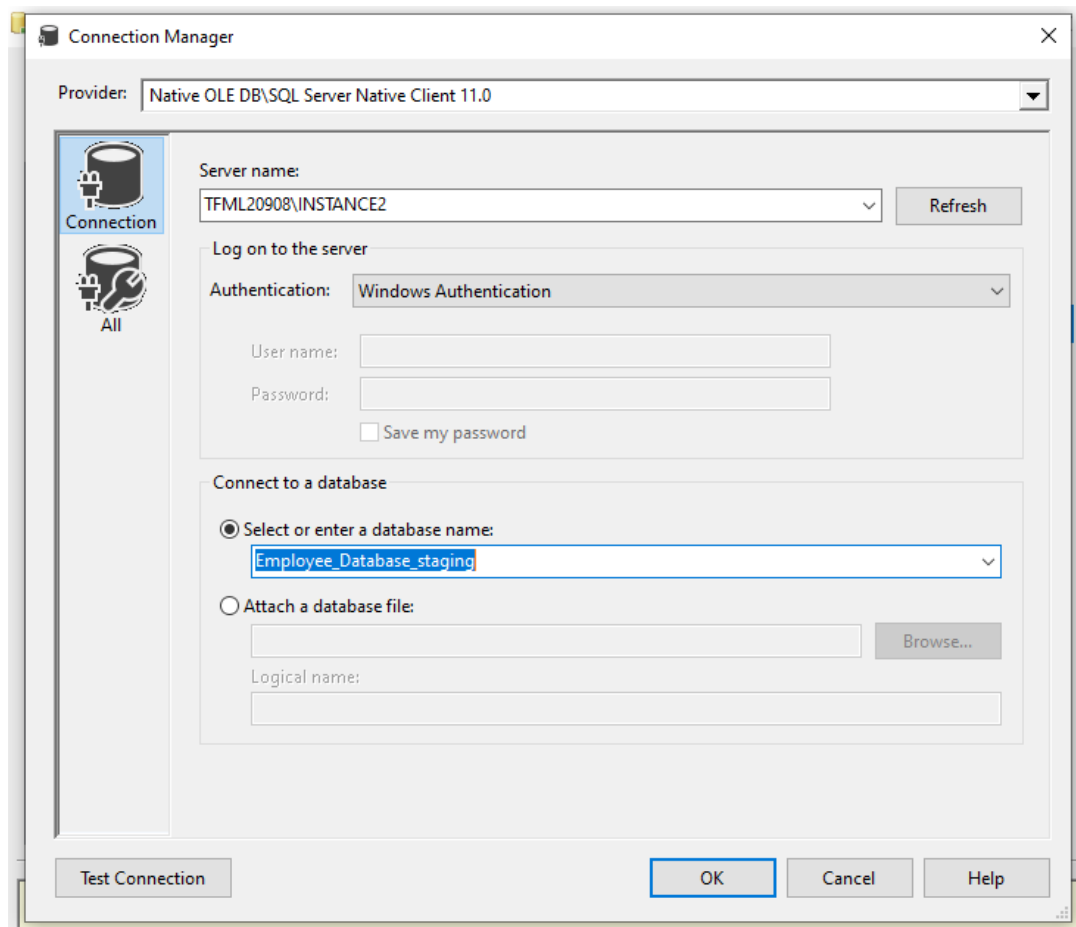


- Suivez les mêmes étapes allant de l'implémentation d'Excel Source à Sort, mais en remplaçant Excel Source par OLE DB Source qui pointera vers la base de destination: MaBase:

Avec:

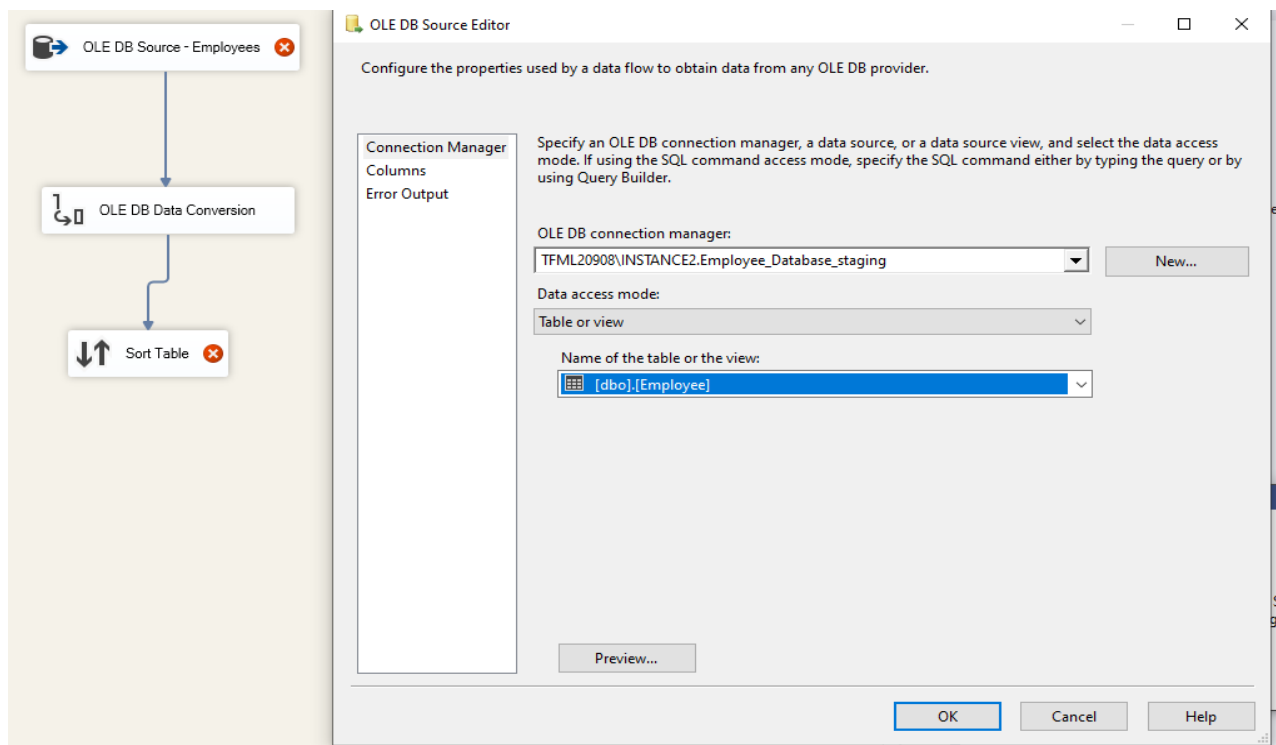
- Configuration d'OLE DB Source (renommé en OLE DB Source – Employés) comme suit:
- Onglet Connection Manager:

Si aucun gestionnaire de connexion pointant vers [Employee_Database_staging] n'a été préalablement configuré, alors cliquez sur le bouton NEW afin de créer un nouveau gestionnaire de connexion puis, dans la section Connection, spécifiez les informations de connexion de la table [Employee] de la base de données [Employee_Database_staging] située sur une INSTANCE2 SQL Server située sur la machine appelée *TFML20908*. Pour ce faire, cliquez sur NEW afin d'afficher, par la suite, la boîte modale suivante où vous pourrez remplir vos informations:

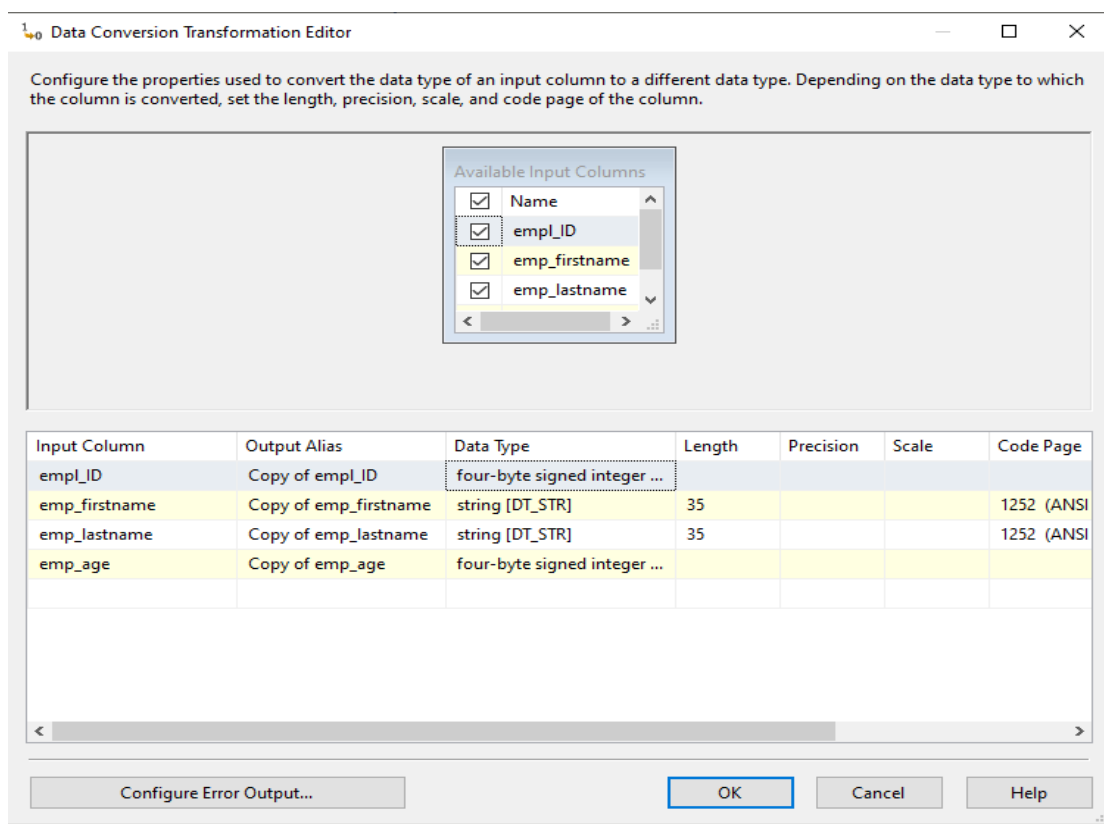


Vous pouvez cependant utiliser un compte Windows (en le supposant idéalement dédié aux tâches SSIS).

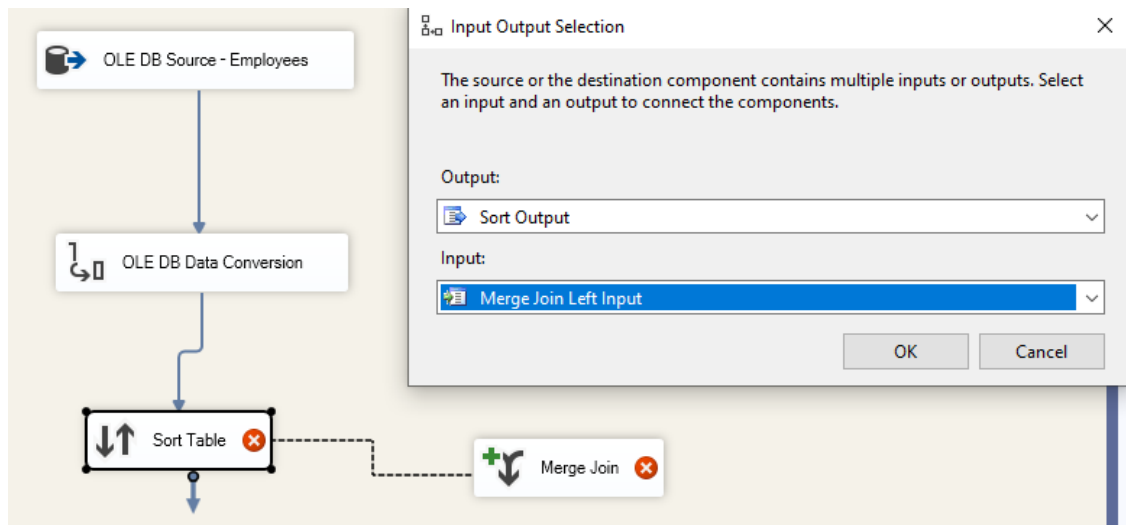
Validez et sélectionnez la table Employee:



- Configuration du Data Conversion (renommé en OLE DB Data Conversion):

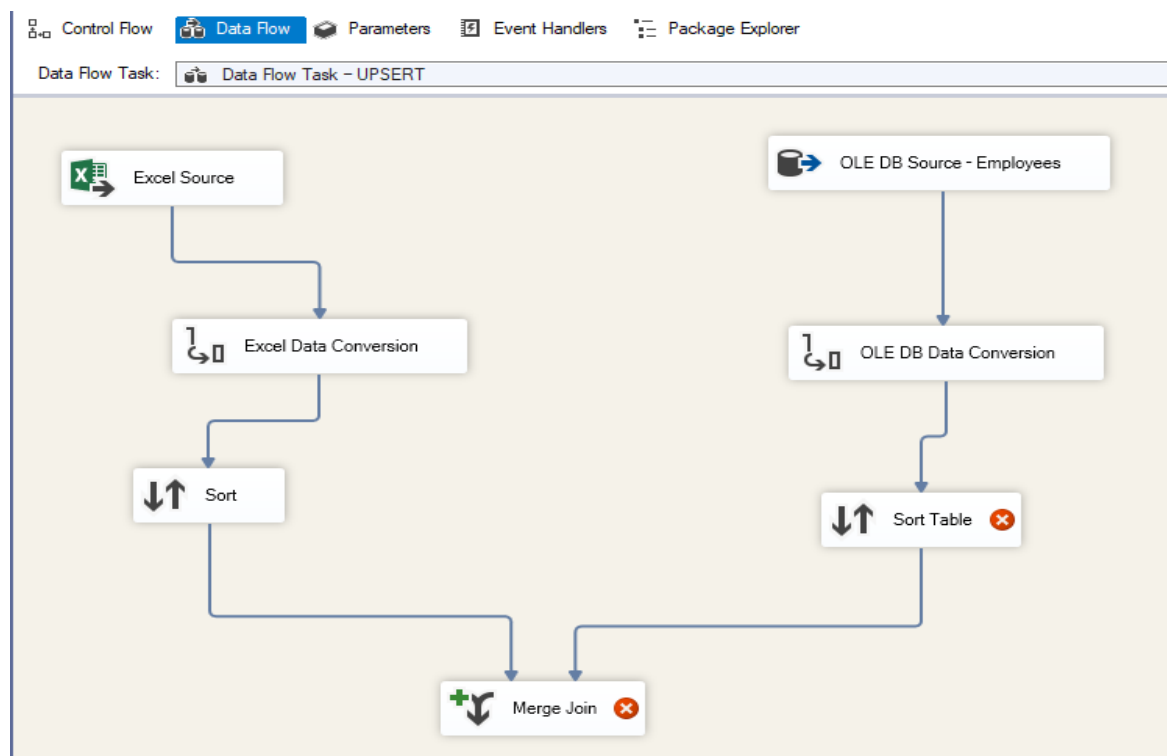


- Configuration du Sort (renommé en Sort Table) de la même façon que pour la version Excel.
- Faites glisser un composant Merge Join dans le canevas:
- Placez une contrainte de précedence de succès allant de *Sort* vers *Merge Join* avec *Left Join* comme type de jointure:

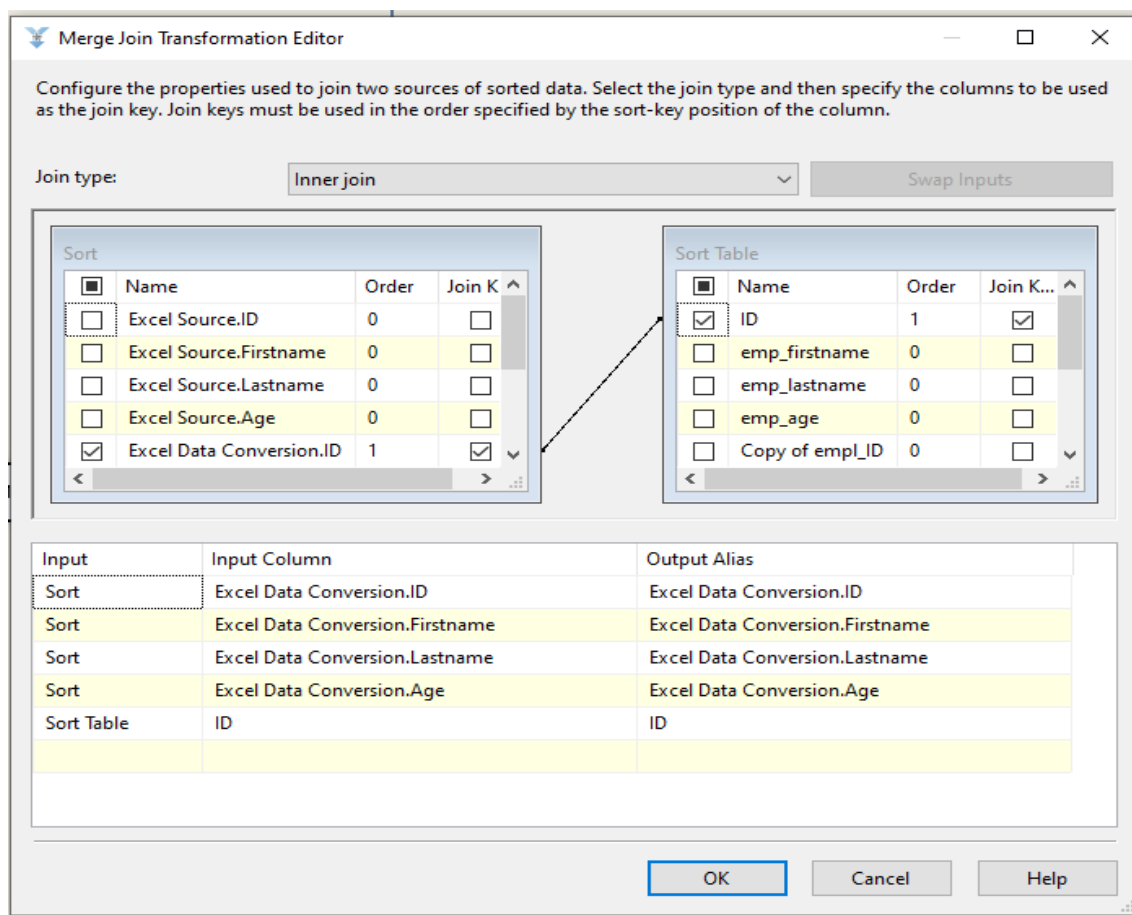


L'utilisation d'une jointure de type Left Join permet de ne sélectionner que les lignes de données de la source de données qui ne sont pas présents dans la table de destination.

Placez également une contrainte de précedence allant de Sort Table vers Merge Join:



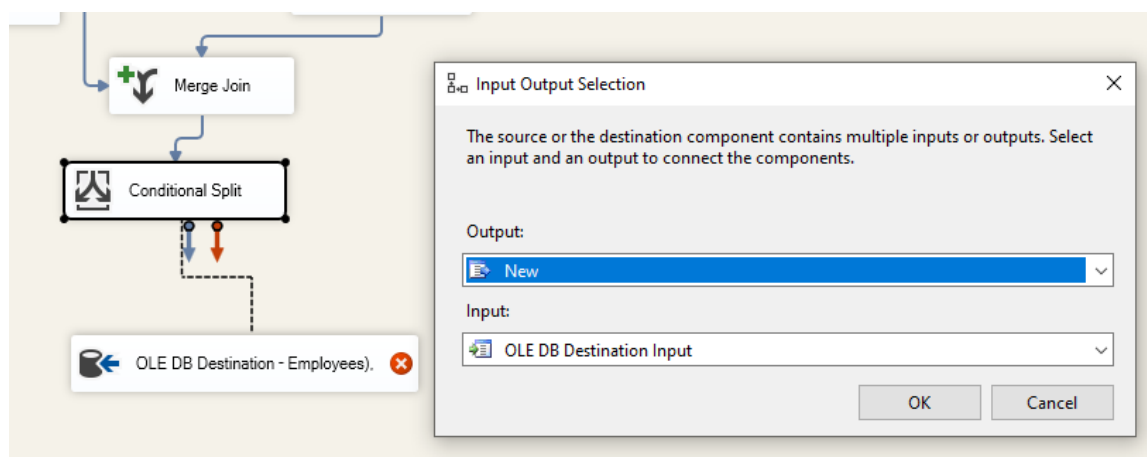
- Configurez le Merge Join comme suit:



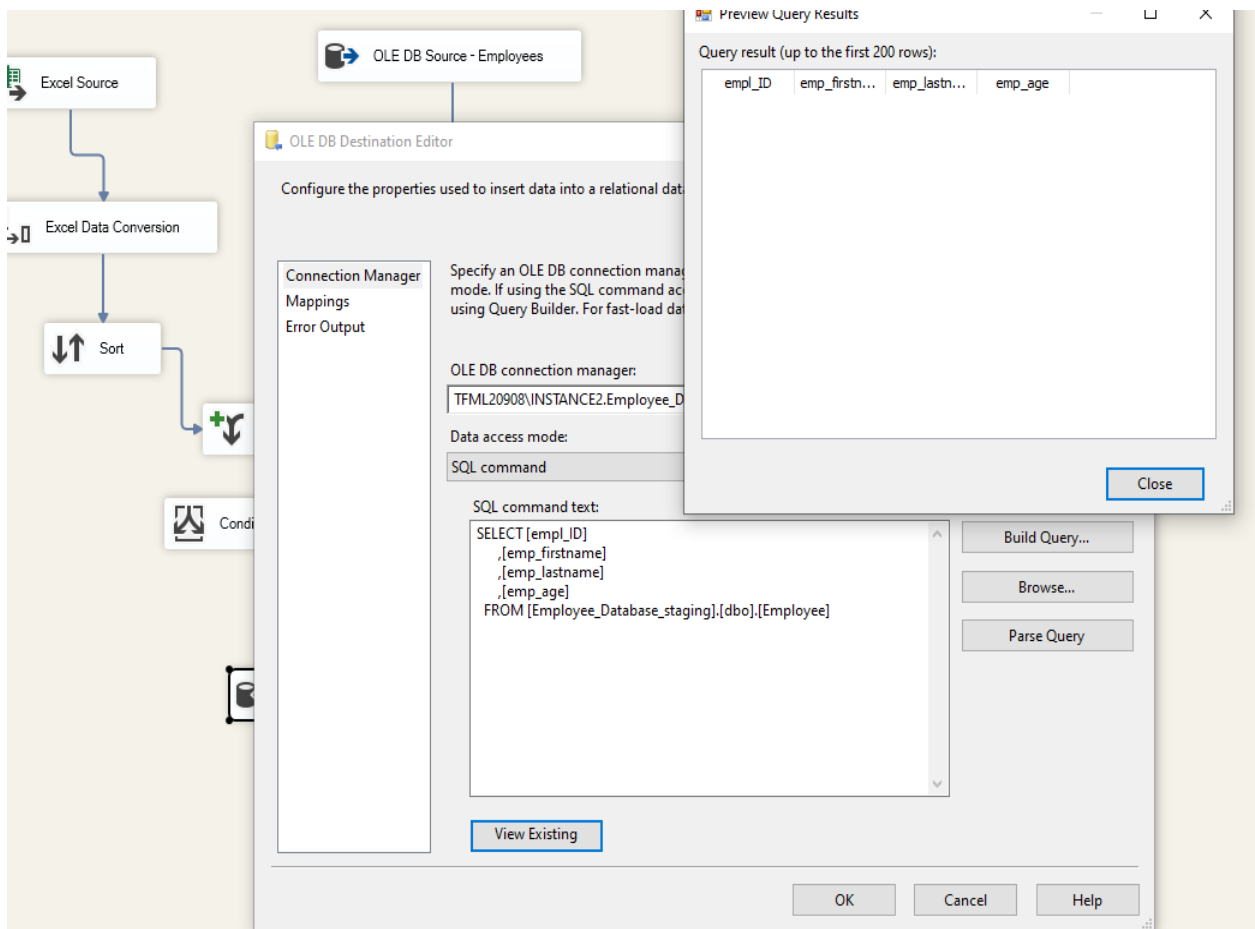
- Faites glisser un composant Conditional Split et placez une contrainte de précédence allant de Merge Join vers ledit composant.
La sortie par défaut a été renommée en *Existing* (au lieu de *Conditional Split Default Output*) pour des raisons de lisibilité.
Le *Merge Join* avec option « *Left Join* » récupère tout le contenu de l'Excel – que les données soient présentes ou non dans la table *Employees* – puis remplace, dans le jeu de résultats, les lignes Excel absentes dans ladite table par des valeurs nulles (*NULL*).
Le but du *Conditional Split* est donc, ici, de récupérer les lignes de données de l'Excel qui sont en *NULLs* dans la table *Employees*, puis de « splitter » le nouveau jeu de résultats en 2 parties: l'une pour les insertions (*New*) et l'autre pour les mises-à-jour (*Existing*).

6.4 INSERTION DES DONNEES

- Faites glisser un composant OLE DB Destination (renommé en OLE DB Destination – Employees), puis placez une contrainte de précédence entre Conditional Split et ledit composant, avec *New* comme option de sortie:

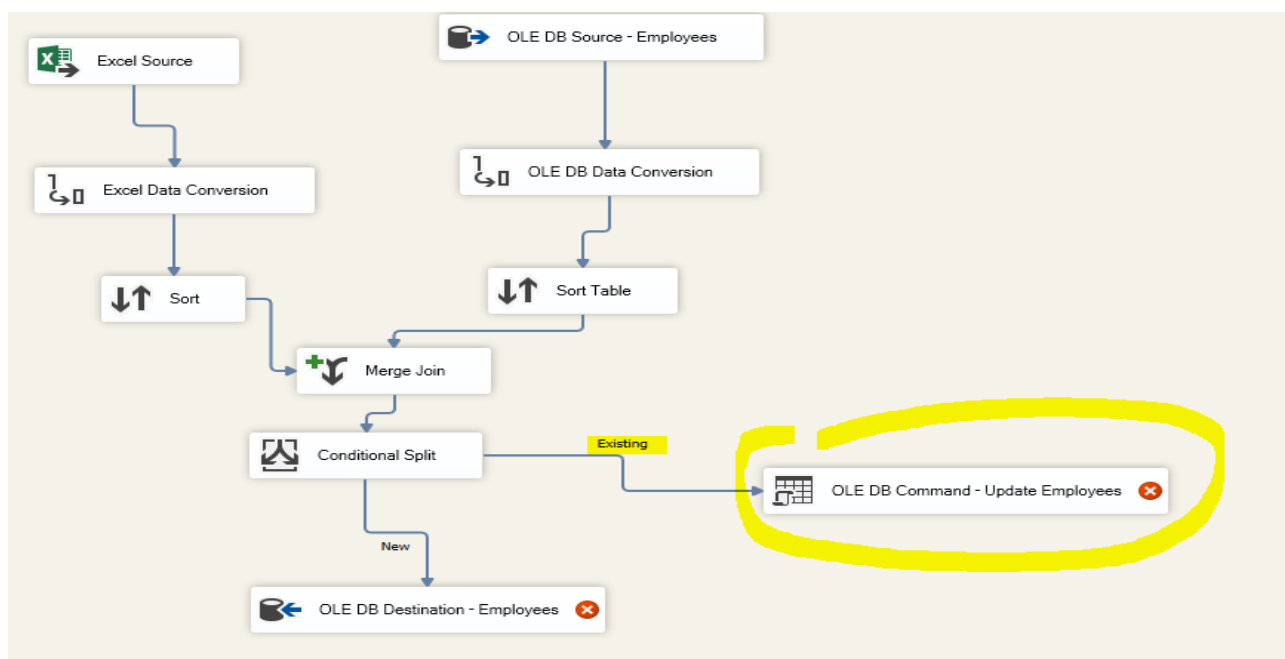


- Configurez OLE DB Destination – Employees comme suit:
- Optez pour le même gestionnaire de connexion qu’OLE DB Source – Employees, puis spécifiez la table à utiliser: Employee. Dans Data Access Mode selection SQL Command pour spécifier les colonnes à joindre de la table Employee:

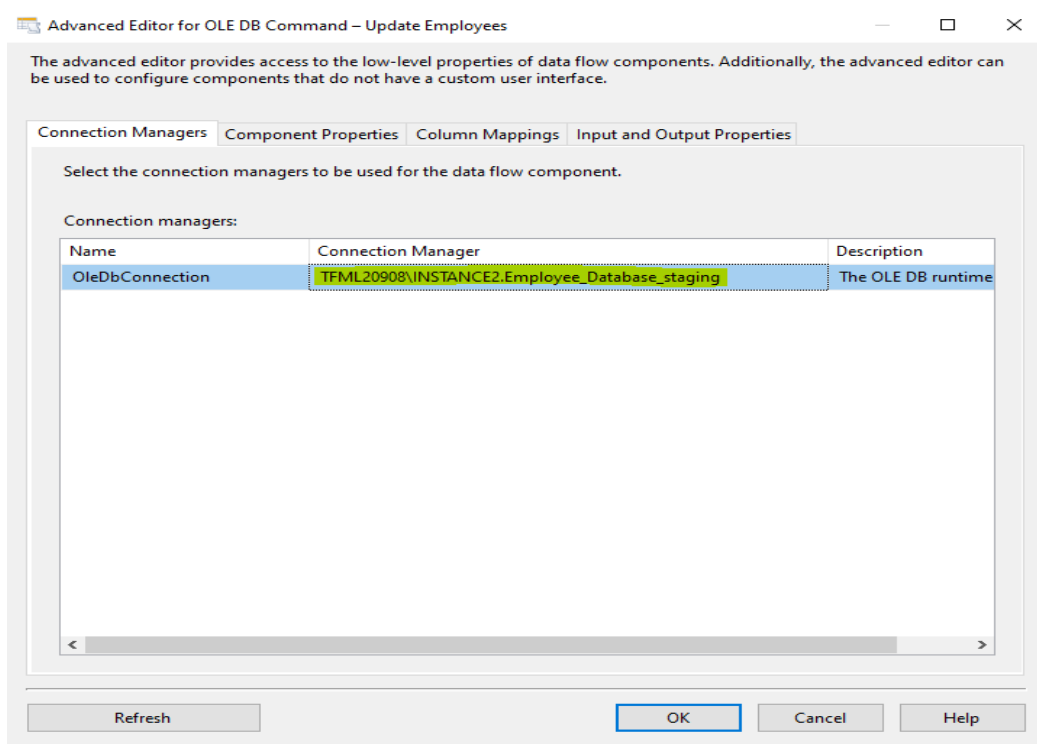


6.5 MISE-À-JOUR DE DONNEES

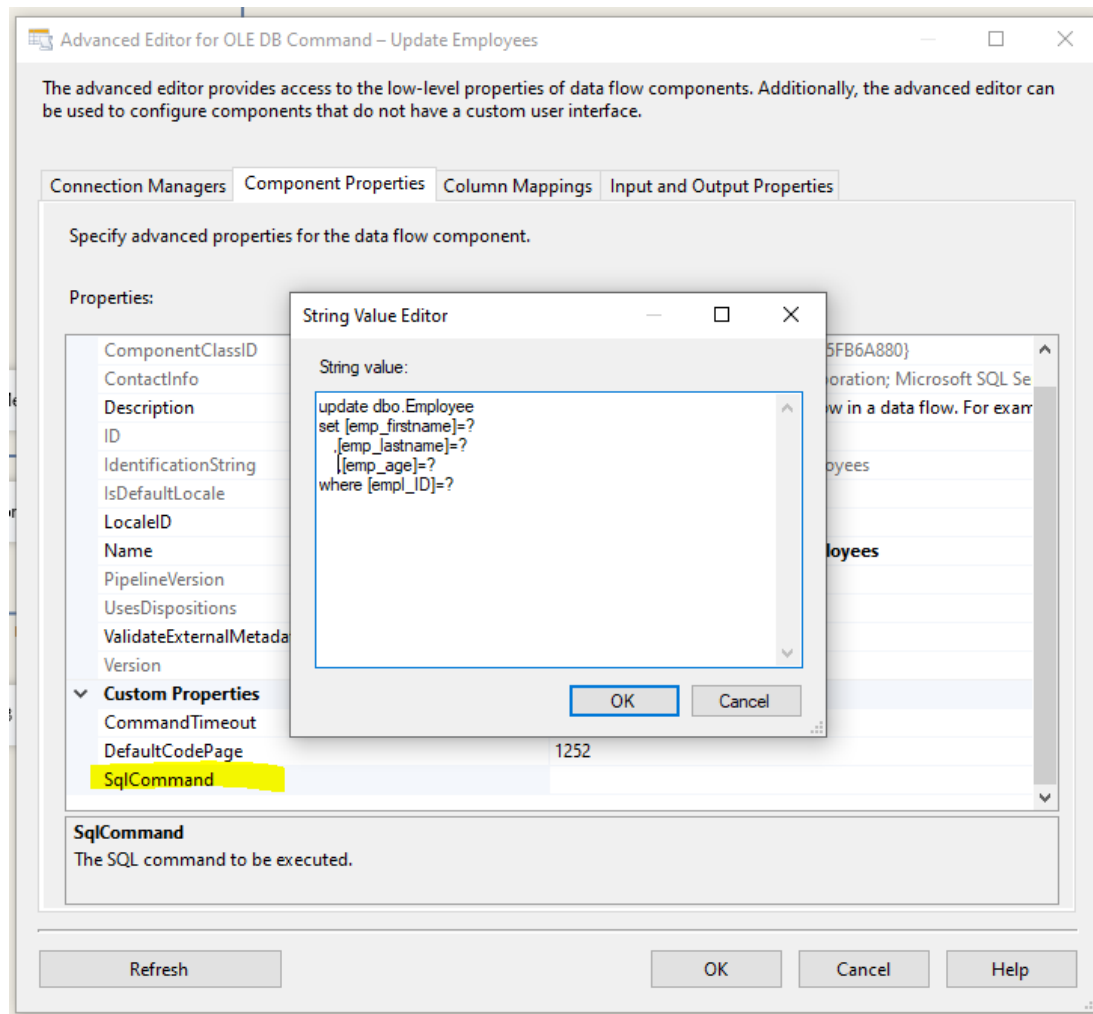
- Toujours au sein du canevas de Data Flow de Data Flow Task – UPSERT, faites glisser (ou double-cliquez sur) un composant OLE DB Command (renommé en OLE DB Command – Update Employees):
- Placez une contrainte de précédence de succès allant de Conditional Split vers OLE DB Command – Update Employés. L’option de sortie Existing est à choisir:



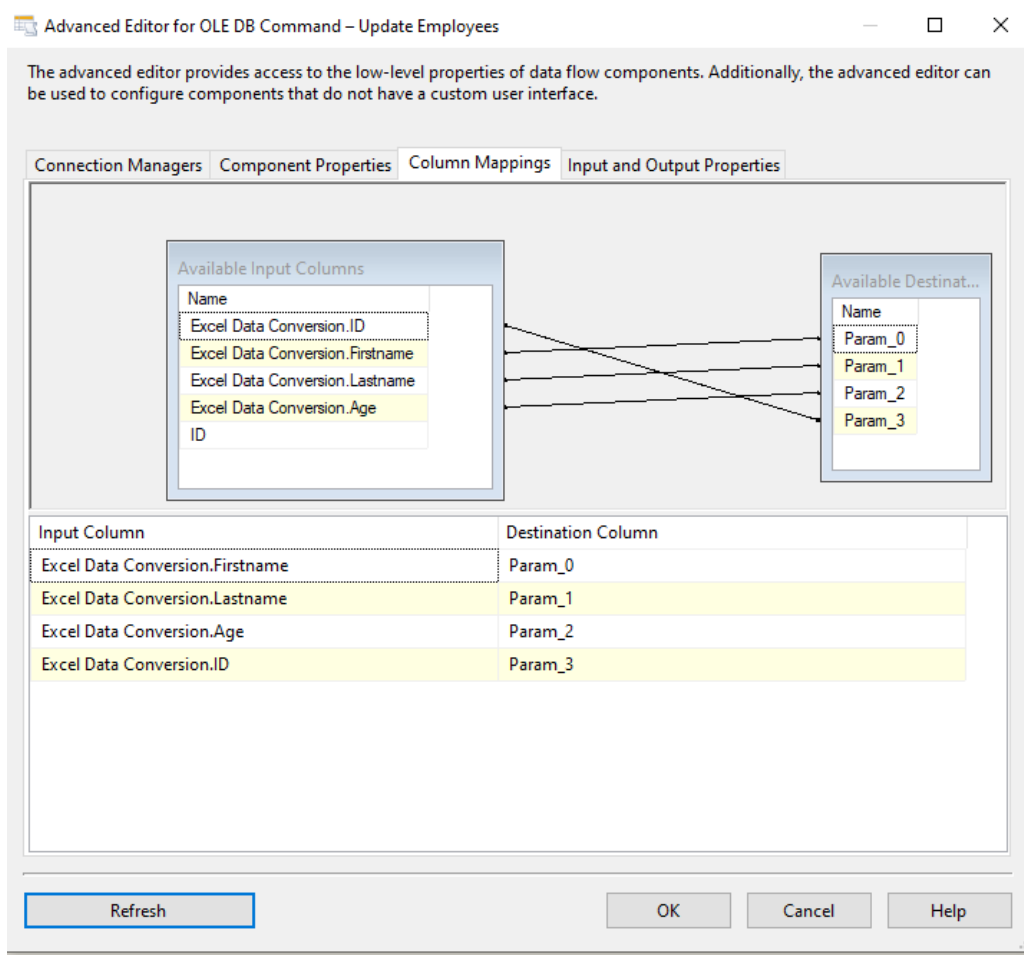
- Au sein des propriétés du composant OLE DB Command – Employees...
- Dans la section Connection Manager, spécifiez le gestionnaire de connexion déjà créé lors de l'implémentation du traitement des insertions pour accéder à la table Employee de la base [Employee_Database_staging] de l'instance SQL Server située sur la machine TFML20908:



- Dans la section Component Properties, spécifiez le code SQL paramétré de mise-à-jour de la table Employee dans la zone dédiée à SqlCommand:



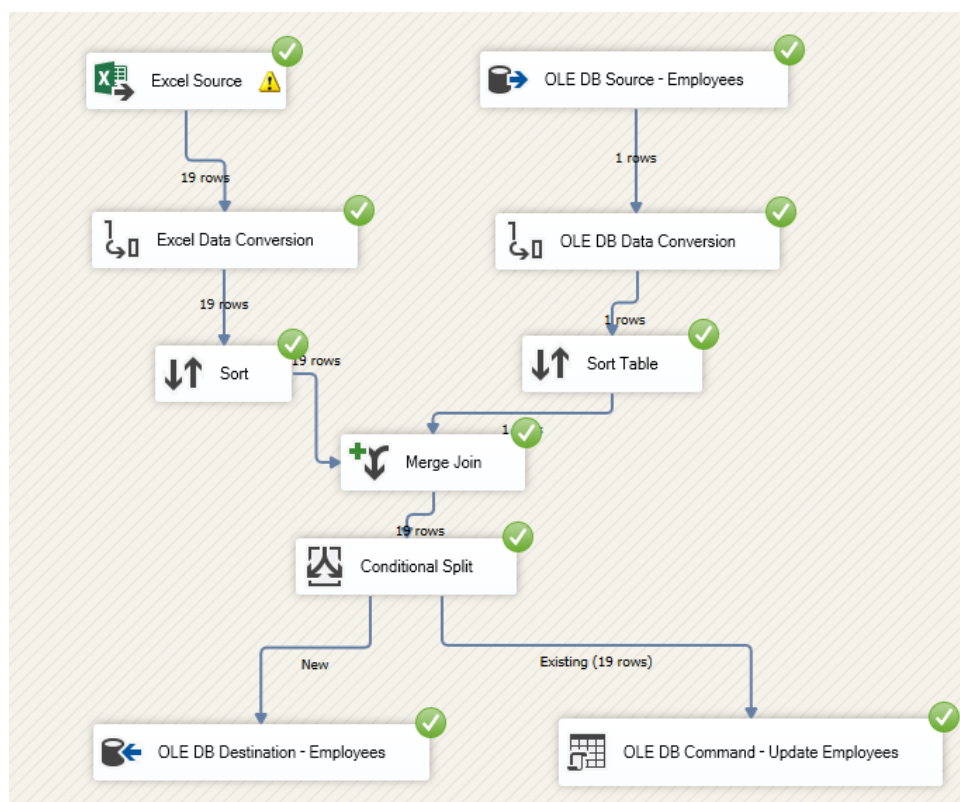
- Dans la section Column Mappings, faites les correspondances entre chaque colonne convertie du fichier Excel et chaque paramètre, sachant que:
 - Param_0 correspond au premier « ? » de notre code SQL spécifié précédemment. Et donc, au paramètre de emp_firstname.
 - Param_1, à celui d'emp_lastname.
 - Param_2, à celui d'emp_age.
 - Param_3, à celui d'empl_ID.



6.6 TESTS DE NOTRE PACKAGE

Dans l'onglet Control Flow ou Data Flow Task – UPSERT, pressez sur F5 pour exécuter les flux de travaux.

Si tout va bien, le résultat sera le suivant:



7 CONCLUSION

L'intégration des données hétérogènes en entreprises, figure aujourd'hui parmi les principaux enjeux des entreprises. Nous l'avons décrit plus haut que la plupart des entreprises de nos jours, traitent et utilisent les données issues de différentes sources de données, il est parfois bien compliqué de parvenir à « tout faire marcher » ensemble afin de choisir des décisions dans l'idéale de cas.

Cette difficulté à réunir des éléments très hétérogènes et ne partageant bien souvent que très peu de standards, met en évidence des problématiques de type technologique, économique et organisationnel auxquelles les entreprises doivent faire face. Le volume de données de plus en plus important ainsi que les exigences en matière de confidentialité de prise de décisions, d'accès facile à ces données et de sécurité transforment un peu plus la question de l'intégration des données en un véritable défi et une solution importante pour les entreprises.

Dans cet article, nous avons paraphrasés de cette hypothèse et avons chuté par présenter une étude cas bien illustrée pour une intégration de données issues d'une source de données EXCEL vers un système de gestion de base données sous Microsoft SQL Server, avec les outils de Business Intelligence, nous notons qu'avec une telle solution pour une entreprise, nous pouvons faciliter les accès aux données au moments opportun et faciliter également la prise de décisions.

REFERENCES

- [1] Hani Zitout, «Talend Open Studio - Le guide complet pour l'intégration de données» Editions ENI, pp. 180–325, 2023.
- [2] Anonymous, what is enterprise integration. [Online] Available: <https://www.sap.com/canada-fr/products/technology-platform/what-is-enterprise-integration/data-integration.html> (October 16, 2023).
- [3] Jill Dyché and Evan Levy, Customer Data Integration: Reaching a single version of the truth, 2nd Ed. Wiley India Pvt. Limited, 2006.
- [4] Alice LaPlante, building a unified data Infrastructure: Access, Gaven and Share all data with greater consistency and control, O'Reilly Report.
- [5] Sheth A., Kashyap V. So Far (Schematically) yet So Near (Semantically), In Proceedings of IFIP DS-5 Conference Semantics of Interoperable Databases Systems, (Nov. 16-20. Lorne, Australia), 1992, pp. 272-301.
- [6] Tom Yu, EII, ETL, EAI: Why, What and How, 2005.
- [7] Christian SOUTOU et Frederic Brouard, Modélisation des bases de données: UML et les méthodes entité-association, Eyrolles Edition, 2017.
- [8] Urban S.D. A Semantic Framework for Heterogeneous Database Environments In Proceedings of RIDE-IMS'91 Interoperability in Multidatabase Systems (April 7-9, Kyoto, Japan), 1991, pp. 156-163.

- [9] Dupont Y. Resolving Fragmentation Conflicts in Schema Integration. In Entity-Relationship Approach - ER'94, P. Loucopoulos Ed., LNCS 881, Springer-Verlag, 1994, pp. 513-532.
- [10] Lawrence Miller – CISSP, *Oracle Autonomous Database*, Editions DUMMIES 3eme Edition Spéciale.
- [11] Anonymous, Explication du système de gestion de bases données.
[Online] Available: <https://www.ionos.fr/digitalguide/hebergement/aspects-techniques/systeme-de-gestion-de-base-de-donnees-sgbd/> (October 17, 2023).
- [12] Microsoft, Microsoft SSIS. [Online] Available: <https://www.next-decision.fr/editeurs-bi/etl/microsoft-ssis> (October 17, 2023).
- [13] Andersson M. Extracting an Entity Relationship Schema from a Relational Database Through Reverse Engineering. In Entity-Relationship Approach - ER'94, P. Loucopoulos Ed., LNCS 881, Springer-Verlag, 1994, pp. 403-419.
- [14] Lakshmanan L.V.S., Sadri F., Subramanian I.N. On the Logical Foundation of Schema Integration and Evolution in Heterogeneous Database Systems. In Deductive and Object-Oriented Databases, Ceri S., Tanaka K., Tsur S. (Eds.), LNCS 760, Springer-Verlag, 1993, pp. 81-100.
- [15] Saltor F., Castellanos M.G., Garcia-Solaco M. Overcoming Schematic Discrepancies in Interoperable Databases, In Proceedings of IFIP DS-5 Conference Semantics of Interoperable Databases Systems, (Nov. 16-20. Lorne, Australia), 1992, pp. 184-198.
- [16] Sheth, A., & Larson, J. A. (1990). Federated Database Systems for Managing Distributed, Heterogeneous, and Autonomous Databases. *ACM Computing Surveys*, 22 (3), 183–236.
- [17] Wiederhold, G. (1992). Mediators in the Architecture of Future Information Systems. *IEEE Computer*, 25 (3), 38–49.
- [18] Özsu, M. T., & Valduriez, P. (2011). *Principles of Distributed Database Systems* (3rd ed.). Springer.
ISBN: 978-1441988331.
- [19] Papazoglou, M. P., & Georgakopoulos, D. (2003). Service-Oriented Computing. *Communications of the ACM*, 46 (10), 25–28.
- [20] Hohpe, G., & Woolf, B. (2003). Enterprise Integration Patterns: Designing, Building, and Deploying Messaging Solutions. Addison-Wesley.
- [21] Singh, M. P., & Huhns, M. N. (2005). Service-Oriented Computing: Semantics, Processes, Agents. Wiley.
ISBN: 978-0470091482.
- [22] Michalski, R. S., Carbonell, J. G., & Mitchell, T. M. (1983). *Machine Learning: An Artificial Intelligence Approach*. Springer.
ISBN: 978-3540093381.
- [23] Sadeghi, A. R., Wachsmann, C., & Waidner, M. (2015). Security and Privacy Challenges in Industrial Internet of Things. *Proceedings of the 52nd Annual Design Automation Conference* (pp. 1–6). ACM.
DOI: 10.1145/2744769.2747942.
- [24] Garlan, D., & Shaw, M. (1993). An Introduction to Software Architecture. *Advances in Software Engineering and Knowledge Engineering*, 2, 1–39.
DOI: 10.1142/9789812798039_0001.
- [25] Kimball, R., & Ross, M. (2013). The Data Warehouse Toolkit: The Definitive Guide to Dimensional Modeling (3rd ed.). Wiley.
ISBN: 978-1118530801.

Synthèse des principaux travaux de recherche sur la teigne des choux (*Plutella xylostella* L.) en Afrique de l'Ouest

[Synthesis of Major Research on the Diamondback Moth (*Plutella xylostella* L.) in West Africa]

Bargui A. Ramatou¹, Halilou Mamane Sani², and Moumouni Dan Mairo Adamou¹

¹Faculté des Sciences Agronomiques (FSA), Université de Djibo Hamani de Tahoua, Tahoua, Niger

²Laboratoire de Gestion des Bioagresseurs, Université Abdou Moumouni de Niamey, Niamey, Niger

Copyright © 2026 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 diamondback moth, *Plutella xylostella* L., is a significant lepidopteran pest of brassicas, posing a major threat to vegetable production in West Africa. This highly prolific, mobile, and adaptive species can cause up to 100% yield loss, particularly in intensive production systems lacking crop rotation. Larval feeding damages leaf tissue, reducing the marketability of crops and jeopardizing food security. Economically, control costs and financial losses are substantial, with global estimates exceeding \$4 billion. In West Africa, producers heavily rely on chemical insecticides, leading to increased resistance, environmental pollution, and health risks. Despite research efforts, managing *P. xylostella* remains challenging due to the rapid development of resistance and the limited availability of viable alternatives. Various control strategies have been studied, including Chemical control, Biological control, Cultural practices and Integrated Pest Management (IPM). New avenues for research include biotechnology (RNAi, RIDL), varietal selection, digital forecasting tools, and participatory research involving producers. The review concludes that only an integrated agroecological approach combining scientific innovation, local knowledge, and institutional support will enable sustainable control of *P. xylostella* in West Africa while preserving human health, the environment, and the profitability of the vegetable sector.

KEYWORDS: *Plutella xylostella*, yield losses, insecticide resistance, integrated pest management, West Africa.

RESUME: La teigne des choux (*Plutella xylostella* L.), lépidoptère ravageur des Brassicacées, représente une menace majeure pour la production maraîchère en Afrique de l'Ouest. Cette espèce, hautement prolifique, mobile et adaptative, engendre des pertes de rendement pouvant atteindre 100 %, en particulier dans les systèmes de production intensifs dépourvus de rotation culturale. Les dégâts sont causés par les larves qui détruisent les tissus foliaires, réduisant la qualité marchande des récoltes et compromettant la sécurité alimentaire. Sur le plan économique, les coûts de lutte et les pertes financières sont considérables, estimés à plus de 4 milliards de dollars à l'échelle mondiale. En Afrique de l'Ouest, les producteurs recourent massivement aux insecticides chimiques, entraînant des résistances accrues, une pollution environnementale et des risques sanitaires. Malgré les efforts de recherche, la gestion de *P. xylostella* reste problématique, notamment en raison de l'émergence rapide de résistances et de la faiblesse des alternatives accessibles. Diverses stratégies de lutte sont étudiées : lutte chimique, biologique, culturales et intégrée (IPM). De nouvelles perspectives incluent la biotechnologie (RNAi, RIDL), la sélection variétale, la prévision par outils numériques et l'implication des producteurs via la recherche participative. La revue conclut que seule une approche agroécologique intégrée, combinant les innovations scientifiques, les savoirs locaux et les appuis institutionnels, permettra de contrôler durablement *P. xylostella* en Afrique de l'Ouest tout en préservant la santé humaine, l'environnement et la rentabilité des filières maraîchères.

MOTS-CLEFS: *Plutella xylostella*, pertes de rendement, résistance aux insecticides, lutte intégrée, Afrique de l'Ouest.

1 INTRODUCTION

Les Brassicacées, anciennement désignées sous le nom de Crucifères, constituent une famille botanique d'une importance capitale dans les systèmes agricoles et alimentaires à travers le monde [1]. Cette famille comprend des espèces emblématiques telles que le chou (*Brassica oleracea* var. *capitata*), le chou-fleur (*Brassica oleracea* var. *botrytis*), le brocoli (*Brassica oleracea* var. *italica*), et le navet (*Brassica rapa*), cultivées aussi bien pour l'autoconsommation que pour la commercialisation locale, régionale et internationale [2]. Riches en micronutriments essentiels, notamment les vitamines A, C et K, ainsi qu'en fibres alimentaires et en antioxydants, les Brassicacées jouent un rôle déterminant dans l'amélioration de la sécurité alimentaire et nutritionnelle, en particulier dans les pays en développement où les régimes alimentaires restent souvent carencés [3], [4].

Au-delà de leur valeur nutritionnelle, ces cultures constituent également une source de revenus non négligeable pour des millions de petits producteurs agricoles, notamment en Afrique de l'Ouest [5], [6]. Elles s'insèrent dans des systèmes de production maraîchère intensifs, parfois en zones périurbaines, où elles sont cultivées en cycles courts et vendues sur les marchés locaux et régionaux [7], [8]. Cependant, leur rentabilité et leur durabilité sont compromises par de nombreuses contraintes, dont les contraintes biotiques représentent une menace constante [9]. Parmi les ravageurs les plus préoccupants figure la teigne des choux (*Plutella xylostella* L.), un insecte lépidoptère appartenant à la famille des Plutellidae [10].

Originaire, selon plusieurs sources, des régions méditerranéennes ou d'Afrique australe, *P. xylostella* a démontré une remarquable capacité d'adaptation et de dispersion à l'échelle mondiale [11]. Cette aptitude est facilitée par son cycle biologique rapide, pouvant être complété en deux à trois semaines dans des conditions favorables et par la globalisation des échanges commerciaux, notamment ceux portant sur les légumes-feuilles frais. Ainsi, la teigne des choux est désormais présente sur tous les continents où les crucifères sont cultivés, faisant de ce ravageur l'un des plus cosmopolites de l'agriculture moderne [12], [13].

Les dégâts causés par *Plutella xylostella* sont principalement le fait de ses larves, qui se nourrissent des tissus foliaires des Brassicacées. Ces attaques affectent particulièrement les jeunes plants en pépinière et en début de cycle cultural, compromettant leur croissance et réduisant drastiquement les rendements [14], [15]. Les feuilles trouées ou déformées perdent leur valeur marchande, ce qui entraîne des pertes économiques directes pour les producteurs. Dans les cas les plus graves, les infestations peuvent aboutir à la destruction quasi totale des parcelles, avec des pertes estimées entre 80 et 100 % si aucune mesure de protection n'est prise [16], [17]. En Afrique de l'Ouest, ces pertes sont d'autant plus préoccupantes que les cultures de choux et autres crucifères sont souvent intégrées dans des exploitations de petite taille, vulnérables aux aléas biotiques et économiques.

À l'échelle mondiale, les coûts directs et indirects liés à la gestion de ce ravageur sont colossaux. Zalucki et al. (2012) estiment les pertes économiques annuelles attribuables à *P. xylostella* à plus de 4 milliards de dollars américains. Ces pertes comprennent non seulement la destruction des récoltes, mais aussi les dépenses consacrées aux traitements phytosanitaires, la baisse de qualité des produits, les pertes de marchés, ainsi que les externalités environnementales associées à l'usage intensif de pesticides. En effet, la gestion chimique reste aujourd'hui la principale méthode de lutte utilisée par les agriculteurs, notamment dans les pays du Sud, où les moyens d'accès à des alternatives plus durables restent limités [19].

Or, un des aspects les plus préoccupants dans la lutte contre *P. xylostella* est sa capacité exceptionnelle à développer des résistances à une large gamme d'insecticides. Cette résistance concerne aussi bien les produits chimiques de synthèse que les biopesticides, à l'instar de *Bacillus thuringiensis*, pourtant considéré comme une solution biologique de référence. Selon Sayyed et al. (2008), des cas de résistance à au moins une trentaine de substances actives ont été rapportés dans plus de 90 pays. Cette dynamique de résistance rapide remet en question l'efficacité des approches de lutte conventionnelles et appelle à une redéfinition des stratégies de gestion intégrée des ravageurs.

En Afrique de l'Ouest, la situation est particulièrement préoccupante du fait de la combinaison de plusieurs facteurs: la faiblesse des systèmes de surveillance entomologique, le recours fréquent à des insecticides de mauvaise qualité ou mal utilisés, la méconnaissance des seuils d'intervention économique par les producteurs, et l'absence de programmes structurés de gestion durable [11]. Par ailleurs, la recherche scientifique sur la teigne des choux dans cette région reste encore insuffisamment développée, bien que des avancées aient été notées dans certains pays comme le Sénégal, le Burkina Faso, le Mali ou encore le Niger [21], [22], [23], [24].

Dans ce contexte, une revue bibliographique des principaux travaux menés sur *Plutella xylostella* en Afrique de l'Ouest s'avère essentielle. Elle permettra d'une part de centraliser les connaissances actuelles sur ce ravageur dans la région, et d'autre part d'identifier les lacunes à combler pour améliorer les stratégies de lutte. En mettant en lumière les résultats scientifiques disponibles, cette revue vise à informer les décideurs, les techniciens agricoles, les chercheurs et les producteurs

sur les enjeux liés à la gestion de la teigne des choux, ainsi qu'à promouvoir l'adoption de pratiques agroécologiques plus résilientes et durables.

Cette revue s'organisera autour de plusieurs axes thématiques. Le premier portera sur la biologie et l'écologie de *P. xylostella*, en insistant sur ses caractéristiques morphologiques, son cycle de vie, ses préférences alimentaires et ses dynamiques de population dans les contextes agroclimatiques ouest-africains. Le deuxième axe analysera les impacts économiques et agronomiques du ravageur, en se basant sur les études de terrain disponibles. Enfin, un troisième axe s'intéressera aux stratégies de lutte employées dans la région, notamment les approches chimiques, biologiques et culturelles, en évaluant leur efficacité et leurs limites. Enfin, un dernier axe explorera les perspectives de recherche et d'action, en soulignant les besoins en renforcement des capacités, en innovation technologique, en vulgarisation agricole, et en politiques publiques favorables à une gestion intégrée et durable.

En somme, la teigne des choux constitue aujourd'hui un défi majeur pour la production maraîchère en Afrique de l'Ouest. Sa gestion requiert une mobilisation conjointe des connaissances scientifiques, des savoirs paysans, et des politiques agricoles orientées vers la durabilité. Cette revue se propose d'apporter une contribution à cette dynamique, en fournissant un cadre de référence pour mieux comprendre les enjeux, les acquis et les perspectives liés à *Plutella xylostella* dans la région ouest-africaine.

2 BIOLOGIE ET ÉCOLOGIE DE *PLUTELLA XYLOSTELLA*

La compréhension approfondie de la biologie et de l'écologie de *Plutella xylostella* (Lepidoptera: Plutellidae), communément appelée teigne des choux, est indispensable à la mise en œuvre de stratégies de lutte durables et efficaces [12]. Ce ravageur, largement répandu sur les cultures de Brassicacées, s'est adapté à une large diversité de conditions agroécologiques, ce qui en fait une espèce envahissante et particulièrement redoutable [25]. Cette section vise à synthétiser les connaissances disponibles sur le cycle biologique de l'insecte, ses préférences écologiques, sa répartition géographique, ainsi que ses capacités de mobilité et de dispersion, avec une attention particulière au contexte ouest-africain.

2.1 CYCLE DE VIE

Plutella xylostella passe par quatre stades de développement : œuf, larve, nymphe et adulte. Son cycle de vie est extrêmement rapide, ce qui lui confère une forte capacité de prolifération [13]. Dans des conditions optimales, notamment à des températures comprises entre 25 et 30 °C, l'ensemble du cycle peut être complété en seulement 14 à 21. Cette rapidité permet à l'espèce de produire entre 10 et 20 générations par an sous les climats tropicaux, comme c'est le cas en Afrique de l'Ouest. Cela engendre une pression constante sur les cultures, et rend difficile toute interruption naturelle du développement des populations [11], [26], [27].

Les femelles pondent généralement de 100 à 300 œufs durant leur vie, avec des pics de ponte observés à des températures modérées [28]. Les œufs, de forme ovale et de couleur blanchâtre à jaunâtre, sont déposés individuellement ou en petits groupes sur la face inférieure des feuilles de plantes-hôtes. La durée d'incubation varie de 2 à 5 jours selon la température ambiante [29]. En Afrique de l'Ouest, des observations menées au Niger et au Burkina Faso indiquent une prédilection de l'espèce pour les jeunes feuilles tendres du chou et du chou chinois, sur lesquelles les taux de survie larvaire sont élevés [30].

Le stade larvaire, qui représente la phase phytophage la plus destructrice, comprend quatre instars [17]. Les jeunes larves sont mineuses: elles pénètrent l'épiderme foliaire, creusant des galeries caractéristiques. À partir du deuxième ou troisième stade, elles émergent à la surface et consomment activement le limbe foliaire, ne laissant souvent que les nervures principales. Ces perforations sont très caractéristiques et entraînent une réduction significative de la photosynthèse et de la croissance de la plante. La durée du stade larvaire est d'environ 5 à 10 jours, selon les conditions environnementales [17].

Après le quatrième stade larvaire, la nymphose s'effectue généralement sur la plante-hôte, souvent à la face inférieure des feuilles ou dans les débris végétaux environnants. La nymphe est enfermée dans un cocon lâche de soie blanche, semi-transparent, facilement visible à l'œil nu [31], [32]. Ce stade dure entre 3 et 8 jours. Ce court laps de temps contribue à l'efficacité du cycle reproductif de l'espèce.

Le papillon adulte mesure environ 6 à 8 mm de long, avec une envergure de 12 à 15 mm [29]. Les ailes antérieures sont grisâtres, marquées d'une ligne claire en forme de losange lorsque repliées, ce qui constitue un critère de reconnaissance distinctif. L'adulte est principalement nocturne, bien qu'il puisse être actif durant le jour sous certaines conditions [31]. Sa durée de vie varie de 5 à 15 jours, selon l'humidité, la température et l'accès à la nourriture [26].

Cette succession rapide des stades de développement et l'absence de diapause dans les régions tropicales renforcent la pression exercée sur les cultures tout au long de l'année, en particulier dans les systèmes de production maraîchère sans rotation [10].

2.2 FACTEURS ÉCOLOGIQUES ET ADAPTATION

Plutella xylostella est étroitement associée aux plantes de la famille des Brassicaceae, qui contiennent des glucosinolates, composés organiques soufrés jouant un rôle attractif pour la ponte et la survie larvaire [33]. Cette affinité physiologique rend la gestion de la teigne des choux particulièrement complexe dans les systèmes agricoles où les Brassicacées sont cultivées de manière intensive.

Le développement optimal de *P. xylostella* est observé à des températures comprises entre 20 et 30 °C, avec une humidité relative modérée (50-80 %) [33]. Ces conditions sont typiques de nombreuses zones maraîchères d'Afrique de l'Ouest, comme les régions du Centre-Sud du Burkina Faso, les zones périurbaines de Niamey au Niger, ou encore les plaines de Kano au Nigeria. L'insecte est capable de survivre à des fluctuations climatiques modérées, ce qui lui confère une plasticité écologique remarquable. Cette faculté d'adaptation s'exprime également par sa capacité à coloniser de nouveaux milieux dès lors que des plantes-hôtes sont disponibles [34].

L'intensification des cultures, notamment les pratiques de monoculture continue de chou sans rotation ni jachère, favorise la multiplication des populations [35]. L'utilisation répétée et non alternée d'insecticides renforce également la pression de sélection, facilitant l'émergence de résistances et la survie des individus les plus tolérants [36]. De même, la disponibilité permanente de plantes-hôtes dans les jardins urbains et périurbains où les cultures se succèdent sans interruption, contribue à maintenir des populations pérennes tout au long de l'année [37].

2.3 RÉPARTITION GÉOGRAPHIQUE

Plutella xylostella est aujourd'hui présente sur tous les continents, à l'exception de l'Antarctique. Sa dispersion mondiale est largement attribuée à la mondialisation du commerce agricole, notamment à travers l'exportation de crucifères frais, de plants contaminés, ou même de semences porteuses d'œufs ou de larves [18]. L'espèce a été signalée pour la première fois en Europe au XVIII^e siècle, puis s'est répandue en Asie, en Afrique et en Amérique dans les décennies suivantes.

En Afrique de l'Ouest, *P. xylostella* est largement répandue dans les zones de production maraîchère. Des études entomologiques menées au Sénégal, au Mali, au Burkina Faso, au Niger, au Ghana et au Nigeria ont confirmé sa présence constante sur les cultures de chou, de chou chinois et parfois sur des espèces spontanées de Brassicacées comme *Cleome gynandra* ou *Erucastrum arabicum* [24], [38], [39], [40]. Sa répartition est également influencée par l'altitude, la température moyenne annuelle et les régimes pluviométriques. Ainsi, elle est moins abondante dans les zones sahéliennes très arides, mais peut s'y maintenir en saison sèche grâce à l'irrigation [41].

Les régions les plus affectées à l'échelle globale comprennent l'Asie du Sud et du Sud-Est (Chine, Inde, Bangladesh, Vietnam, Indonésie); régions où les crucifères sont cultivées en masse [42], [43]; l'Afrique de l'Est et de l'Ouest (notamment le Sénégal, le Burkina Faso, le Nigeria, le Niger) [25], [44], [44]; l'Amérique latine (Brésil, Pérou); la Méditerranée et l'Europe centrale, l'Océanie (Australie, Nouvelle-Zélande) [12], [39], [45]. Cette ubiquité pose de sérieux défis à la coordination des efforts de recherche et de lutte intégrée à l'échelle régionale et mondiale.

2.4 COMPORTEMENT ET MOBILITÉ

Le comportement de *Plutella xylostella* est caractérisé par une mobilité accrue et une grande capacité de dispersion, ce qui lui permet de coloniser rapidement de nouveaux espaces agricoles [46]. Les adultes, bien que de petite taille, sont capables de voler sur plusieurs kilomètres, notamment grâce aux courants d'air favorables. Des études de modélisation ont montré que l'espèce pouvait parcourir jusqu'à 25 kilomètres en une seule nuit, ce qui facilite son déplacement vers des zones fraîchement cultivées ou récemment irriguées [26], [47].

Toutefois, la dispersion locale est en grande partie assurée par les larves, qui utilisent un comportement particulier dit de « ballooning ». Ce phénomène implique l'émission de fils de soie par les jeunes larves, leur permettant d'être emportées par le vent sur de courtes distances [48]. Ce mode de dispersion est particulièrement fréquent en cas de surpopulation ou lorsque les conditions microclimatiques deviennent défavorables sur la plante-hôte. Ainsi, même des champs relativement éloignés peuvent rapidement être infestés.

Le comportement alimentaire de la teigne est également remarquable: les larves présentent une forte sélectivité vis-à-vis de certaines variétés de Brassicacées, ce qui ouvre des perspectives de sélection variétale pour une résistance partielle ou une moindre attractivité [15]. De plus, l'insecte possède une activité photophobe modérée: les adultes sont principalement actifs la nuit, bien qu'ils puissent se déplacer et se reproduire également en journée, notamment lors de journées nuageuses ou fraîches [49].

En cas de conditions extrêmes (sécheresse prolongée, températures supérieures à 35 °C, absence de nourriture), *P. xylostella* est capable d'adopter un comportement migratoire plus massif, recherchant des habitats plus hospitaliers. Cela a été observé au Sahel lors de grandes sécheresses, où des infestations ont été signalées sur des cultures irriguées situées à plusieurs dizaines de kilomètres de leur point d'origine [50].

3 IMPORTANCE AGRICOLE: DEGATS ET PERTES DE RENDEMENT

3.1 NATURE DES DÉGÂTS

Les dégâts attribués à *Plutella xylostella* (Lepidoptera: Plutellidae), communément appelée teigne des choux, sont causés exclusivement par le stade larvaire de l'insecte. Ces larves, très mobiles et voraces, se nourrissent des parties aériennes des plantes, en particulier les feuilles, provoquant ainsi des dégâts qui compromettent gravement la croissance et la qualité des cultures. Les jeunes larves débutent leur activité en formant de petites mines à l'intérieur du tissu foliaire, entre les épidermes. À ce stade, les symptômes sont souvent discrets, ce qui rend les infestations précoces difficiles à détecter [51].

À mesure que les larves grandissent, elles émergent à la surface des feuilles et consomment directement le parenchyme foliaire. Cela se traduit par des trous irréguliers, souvent en grand nombre, donnant un aspect criblé aux feuilles. Cette défoliation affecte la photosynthèse, ralentit la croissance des plantes et réduit leur vigueur. Sur les jeunes plants en pépinière, ces attaques peuvent entraîner un affaiblissement sévère, voire la mort des plantules.

Sur les cultures plus avancées, les conséquences sont également significatives. Dans le cas du chou pommé (*Brassica oleracea* var. capitata), les larves s'introduisent parfois à l'intérieur des pommes en formation. Cette intrusion, souvent invisible à l'œil nu depuis l'extérieur, rend le légume impropre à la consommation en raison de la présence de résidus de déjections, de trous internes et de larves vivantes. Pour le chou-fleur (*B. oleracea* var. botrytis) et le brocoli (*B. oleracea* var. italica), les larves se réfugient dans les inflorescences compactes, rendant leur élimination difficile même après plusieurs lavages. Ces caractéristiques réduisent considérablement la valeur marchande des produits, les rendant inacceptables aussi bien pour les marchés formels que pour les exportations [52], [53].

Dans les systèmes maraîchers ouest-africains, les dégâts de *P. xylostella* sont amplifiés par des conditions climatiques chaudes favorables à une multiplication rapide du ravageur, ainsi que par des pratiques agricoles qui favorisent la présence continue d'hôtes. La monoculture de crucifères, l'absence de rotation culturale, et l'utilisation inappropriée d'insecticides contribuent à la persistance et à la sévérité des infestations.

3.2 CULTURES AFFECTÉES

Bien que *Plutella xylostella* soit une espèce monophage strictement spécialisée sur la famille des Brassicaceae, elle attaque une large gamme d'espèces cultivées et adventices appartenant à cette famille [54], [55], [56]. Les principales espèces cultivées touchées en Afrique de l'Ouest sont: Chou pommé (*Brassica oleracea* var. capitata): culture dominante dans les zones maraîchères urbaines et périurbaines (Abidjan, Niamey, Bamako, etc.); Chou-fleur (*B. oleracea* var. botrytis): culture à haute valeur commerciale souvent destinée à des marchés spécifiques; Brocoli (*B. oleracea* var. italica): encore peu répandu, mais en croissance dans les zones périurbaines proches des grandes villes; Chou chinois (*Brassica rapa* var. pekinensis): introduit plus récemment dans les systèmes maraîchers urbains et Navet (*Brassica rapa*) et Radis (*Raphanus sativus*): souvent cultivés en rotation avec d'autres espèces maraîchères [25], [57], [58], [59].

En dehors des cultures principales, plusieurs adventices de la famille des Brassicaceae, telles que *Rorippa indica*, *Capsella bursa-pastoris*, ou *Lepidium* spp., peuvent servir d'hôtes alternatifs et de refuges à *P. xylostella*. La présence de ces plantes dans les champs ou à proximité assure la continuité du cycle biologique du ravageur même en l'absence de cultures principales, rendant les stratégies de lutte plus complexes [60], [61], [62].

Cette capacité à se maintenir sur des hôtes secondaires ou spontanés rend les infestations récurrentes et difficiles à éradiquer. Elle souligne également l'importance d'une gestion agroécologique intégrée, incluant le désherbage ciblé et la gestion de la flore adventice autour des parcelles de crucifères [13], [63].

3.3 NIVEAUX DE PERTES AGRICOLES

Les pertes agricoles liées à *Plutella xylostella* varient fortement selon les contextes agroécologiques, les densités de populations larvaires, la période de culture, les variétés cultivées, et surtout, l'intensité et l'efficacité des mesures de lutte mises en œuvre. En l'absence de mesures de gestion appropriées, les pertes de rendement peuvent atteindre des niveaux dramatiques [41], [64].

Dans les régions tropicales, les conditions climatiques chaudes et humides favorisent une multiplication rapide des populations, permettant plusieurs générations par an. Selon Furlong et al. (2013a), les pertes de rendement peuvent s'élever à 80-100 % dans les cas les plus sévères, en particulier lorsqu'aucune protection phytosanitaire n'est appliquée.

En Asie du Sud-Est, région qui partage des caractéristiques climatiques avec l'Afrique de l'Ouest, les dégâts de *P. xylostella* ont conduit à l'abandon de certaines cultures de brassicacées dans des zones entières, en raison de l'échec des méthodes de contrôle traditionnelles [65], [66]. En Afrique subsaharienne, les études rapportent également des niveaux de pertes importants. Au Kenya, [67], [68] ont observé que les infestations fréquentes limitaient les revenus nets des producteurs maraîchers de plus de 50 %. Au nord Nigérian, même conditions que le Niger, des études conduites dans les zones maraîchères montrent que les producteurs peuvent perdre jusqu'à 70 % de leur production de choux en saison sèche, période particulièrement favorable à *P. xylostella* [69].

Dans plusieurs pays, les agriculteurs tentent de compenser ces pertes par un usage massif d'insecticides. Cette pratique, bien qu'elle puisse offrir une réduction temporaire des populations, engendre un coût économique élevé et contribue au développement de résistances, aggravant à long terme le problème.

3.4 IMPACT SUR LA QUALITE DES RECOLTES

Outre les pertes en quantité, *Plutella xylostella* a un impact direct et souvent sous-estimé sur la qualité commerciale des produits récoltés. Dans les systèmes agricoles orientés vers les marchés urbains ou l'exportation, les exigences de qualité sont très strictes. Les feuilles ou inflorescences perforées, les taches de déjection, et surtout la présence de larves vivantes ou mortes dans le produit constituent autant de défauts rédhitoires [70].

Ces altérations visuelles et hygiéniques compromettent l'écoulement des récoltes sur les marchés formels, en particulier dans les circuits de distribution modernes (supermarchés, marchés urbains haut de gamme, export). Dans les cultures certifiées "bio", la présence d'insectes ou de résidus de leurs activités est également un facteur d'exclusion des produits [71]. En Afrique de l'Ouest, de nombreux maraîchers engagés dans des filières contractuelles (systèmes de paniers, marchés verts, coopératives bio) rapportent des pertes économiques importantes dues aux rejets de lots infestés [58].

À cela s'ajoutent les pertes invisibles liées à la perception du risque par les consommateurs. La suspicion sur l'hygiène ou la salubrité des produits contaminés par des insectes peut entraîner une baisse de la demande sur l'ensemble de la filière, affectant non seulement les producteurs, mais aussi les commerçants, transporteurs, et détaillants [72].

Enfin, les infestations de *P. xylostella* compromettent les efforts de promotion d'une agriculture durable et respectueuse de l'environnement. Face à la pression exercée par *P. xylostella* comme certains ravageurs des cultures maraîchères, de nombreux producteurs abandonnent les pratiques agroécologiques (usage de filets, extraits botaniques, rotation culturale) pour revenir à des traitements chimiques, souvent inappropriés et mal maîtrisés [73]. Cela entraîne une dégradation des écosystèmes, une contamination des sols et des eaux, ainsi qu'une exposition accrue des utilisateurs aux pesticides.

4 IMPORTANCE ÉCONOMIQUE: COUTS DE LUTTE ET PERTES FINANCIERES

4.1 POIDS ÉCONOMIQUE MONDIAL DE PLUTELLA XYLOSTELLA

La teigne des choux (*Plutella xylostella* L.) représente un fléau économique majeur pour l'agriculture mondiale. Ce ravageur des Brassicacées est largement reconnu pour les dégâts massifs qu'il cause aux cultures, aussi bien en termes de pertes de rendement que de coûts associés à sa lutte. Selon Zalucki et al. (2012), les pertes économiques annuelles attribuables à *P. xylostella* s'élèveraient à plus de 4 à 5 milliards de dollars US. Ce chiffre englobe à la fois les pertes directes, liées à la réduction de la productivité agricole, et les pertes indirectes, incluant les coûts de lutte, les rejets de récoltes pour mauvaise qualité ou présence de résidus, et les perturbations du marché.

Cette charge économique est encore plus marquée dans les pays tropicaux et subtropicaux où les crucifères sont produites de manière intensive pour l'approvisionnement urbain. En Asie du Sud-Est, par exemple, les cultures de choux occupent une

place stratégique dans les systèmes de production maraîchère. Dans cette région, jusqu'à 90 % du budget phytosanitaire des petits exploitants est consacré à la lutte contre ce seul ravageur [52]. Cette situation, en plus d'être économiquement insoutenable, contribue à fragiliser davantage les économies rurales déjà vulnérables.

En Afrique de l'Ouest, bien que les données chiffrées soient encore limitées, les observations de terrain et les rapports techniques convergent pour attester d'un fardeau économique considérable. Le chou est une culture à forte valeur ajoutée, notamment en zones urbaines et périurbaines où la demande pour les légumes frais est en forte croissance. La présence de *P. xylostella*, en provoquant des pertes pouvant atteindre 80 à 100 % en cas de forte infestation [26], affecte la rentabilité de milliers de producteurs et fragilise la chaîne de valeur maraîchère.

4.2 DÉPENDANCE AUX PESTICIDES CHIMIQUES

Face à l'agressivité de *P. xylostella*, la réponse la plus répandue chez les producteurs reste le recours massif aux insecticides chimiques. Dans plusieurs pays, en particulier en Asie et en Afrique, les traitements peuvent atteindre 20 à 30 pulvérisations par cycle de culture, parfois avec des doses élevées et sans respecter les délais de sécurité ou de réentrée [26]. Cette stratégie de lutte, bien que souvent inefficace à long terme, engendre plusieurs conséquences économiques et environnementales majeures.

D'une part, l'usage intensif de pesticides contribue à l'augmentation du coût de production, qui peut représenter jusqu'à 50 % du coût total de la culture du chou dans certains cas. Les petits producteurs, n'ayant pas accès au crédit ou à des intrants subventionnés, s'endettent pour acheter ces produits phytosanitaires. En Afrique de l'Ouest, de nombreuses exploitations familiales en zones périurbaines consacrent une part disproportionnée de leurs revenus à l'achat de pesticides, au détriment d'autres investissements essentiels tels que la fertilisation ou l'amélioration des systèmes d'irrigation.

D'autre part, cette dépendance chronique aux pesticides contribue à la pollution des sols, des nappes phréatiques et de l'air, affectant la santé des écosystèmes et celle des populations riveraines. Le coût économique de cette pollution est rarement intégré dans les bilans agricoles, bien qu'il soit significatif en termes de santé publique et de durabilité des terres agricoles.

En outre, le recours non encadré aux produits chimiques favorise l'émergence rapide de populations résistantes de *P. xylostella*, réduisant l'efficacité des molécules disponibles et forçant les producteurs à recourir à des produits toujours plus chers ou plus toxiques [52]. Ce cercle vicieux entraîne une escalade technologique et économique qui échappe souvent aux capacités des exploitants locaux.

4.3 RESISTANCES ET ÉCHEC ÉCONOMIQUE DES STRATEGIES CLASSIQUES

La gestion chimique de *Plutella xylostella* est également remise en question par la capacité unique de cette espèce à développer une résistance aux insecticides. Dès les années 1990, des cas de résistance à *Bacillus thuringiensis* (Bt) – un biopesticide pourtant jugé peu toxique et compatible avec l'agriculture biologique – ont été rapportés, faisant de *P. xylostella* la première espèce de lépidoptère à développer une telle résistance [74]. Depuis, plus de 90 substances actives ont vu leur efficacité réduite par des mécanismes de résistance développés par ce ravageur [20], [26]. Les conséquences économiques de ces résistances telles que l'abandon des cultures, la chute de la rentabilité et le rejet des produits sur les marchés.

De plus, la rotation rapide des produits phytosanitaires dans le but de contourner les résistances entraîne une instabilité dans les pratiques agricoles et complique l'harmonisation des plans de lutte à l'échelle régionale. En Afrique de l'Ouest, cette situation est accentuée par la présence de marchés informels de pesticides, souvent peu réglementés, où circulent des produits obsolètes, contrefaits ou mal étiquetés [75].

4.4 IMPACT SOCIOECONOMIQUE DANS LES PAYS EN DEVELOPPEMENT

Au-delà des pertes directes, la présence de *P. xylostella* a un impact socioéconomique profond dans les pays en développement, notamment en Afrique subsaharienne. Cette espèce constitue un facteur d'insécurité économique pour des milliers de familles rurales dont les revenus dépendent de la production et de la vente des crucifères.

L'instabilité des rendements liée aux attaques de *P. xylostella* compromet la sécurité alimentaire à plusieurs niveaux. Sur le plan de la disponibilité alimentaire, les pénuries saisonnières de choux et de légumes feuilles contribuent à déséquilibrer l'offre sur les marchés urbains, provoquant des hausses de prix qui affectent les populations les plus pauvres. Sur le plan nutritionnel, la baisse de consommation de légumes frais entraîne une diminution de la diversité alimentaire, avec des impacts à long terme sur la santé des enfants et des femmes enceintes.

Par ailleurs, l'usage intensif de pesticides, souvent en dehors de toute réglementation, expose les producteurs, leurs familles et les consommateurs à des risques sanitaires importants. Les femmes et les enfants, souvent impliqués dans les activités de maraîchage, manipulent les produits sans équipements de protection. Des études, telles que celle de [76] soulignent les effets délétères des résidus chimiques sur la santé reproductive, le développement cognitif des enfants, et l'incidence de certaines pathologies chroniques en milieu rural.

En outre, le fardeau économique généré par la teigne des choux accentue les inégalités sociales dans les zones rurales. Les producteurs disposant de ressources financières plus importantes peuvent se permettre d'acheter des produits phytosanitaires de meilleure qualité ou d'accéder à des conseils techniques. En revanche, les petits exploitants, qui forment la majorité des producteurs ouest-africains, sont laissés à eux-mêmes, exposés aux aléas du marché et aux crises phytosanitaires récurrentes.

Enfin, la gestion inefficace de *P. xylostella* contribue à la perte de confiance des consommateurs dans les produits maraîchers locaux. Dans plusieurs villes africaines, les consommateurs manifestent une réticence croissante à acheter des légumes, suspectés de contenir des résidus de pesticides. Cela compromet les efforts de développement de chaînes de valeur courtes et résilientes autour des produits frais.

5 STRATEGIES DE LUTTE CONTRE *PLUTELLA XYLOSTELLA*

La gestion de *Plutella xylostella*, ravageur majeur des Brassicacées, constitue un défi important pour les producteurs ouest-africains. En raison de son cycle de vie rapide, de sa grande capacité de dispersion et de son aptitude à développer des résistances, la lutte contre cette espèce demande une approche holistique, intégrant différentes stratégies complémentaires. Dans la région ouest-africaine, les pratiques de lutte sont influencées par plusieurs facteurs: niveau de technicité des producteurs, accès aux intrants, connaissance des seuils d'intervention, et disponibilité de services de conseil phytosanitaire. Cette section examine de manière détaillée les différentes méthodes de lutte utilisées ou expérimentées contre *P. xylostella*, avec une attention particulière portée sur leur efficacité, leurs limites et leur faisabilité dans les conditions agroécologiques de l'Afrique de l'Ouest.

5.1 LUTTE CHIMIQUE: EFFICACITÉ ET LIMITES

La lutte chimique demeure la méthode la plus répandue et la plus accessible pour la majorité des producteurs de choux en Afrique de l'Ouest. Elle repose sur l'application de divers groupes d'insecticides, notamment les pyréthrinoides, les organophosphorés, les carbamates, les néonicotinoïdes, les diamides et les spinosynes. Les producteurs ont souvent recours à ces traitements de manière préventive ou systématique, avec une fréquence pouvant atteindre jusqu'à 30 applications par saison dans certaines zones de production intensive. Ce choix de lutte chimique par les producteurs s'explique par l'action rapide des insecticides de synthèse et ciblée et leur accessibilité. Cependant, les limites et les risques associés à leur utilisation de ces produits sont liés aux diverses conséquences telles que la résistance accrue (Zalucki et al., 2012), les coûts économiques élevés, les Risques environnementaux et sanitaires (Grzywacz et al., 2010) et la perturbation de la faune auxiliaire. Ces constats appellent à une transition vers des pratiques plus durables, intégrant d'autres méthodes de lutte.

5.2 LUTTE BIOLOGIQUE

La lutte biologique repose sur l'utilisation d'organismes vivants-ennemis naturels, parasitoïdes, prédateurs ou microorganismes-pour réduire les populations de ravageurs. Cette approche est de plus en plus promue comme une alternative écologique à la lutte chimique, notamment dans les systèmes de production agroécologique [77].

Parasitoïdes et prédateurs: Des parasitoïdes spécifiques de *P. xylostella* tels que *Diadegma semiclausum* [78], *Cotesia plutellae* [79] et *Oomyzus sokolowskii* [80] ont démontré une forte efficacité dans plusieurs régions tropicales. En Afrique de l'Ouest, des essais d'introduction ou de renforcement de ces parasitoïdes ont été menés à petite échelle au Sénégal et au Bénin, avec des résultats prometteurs mais encore non généralisés [33]. Les prédateurs généralistes, comme les coccinelles, les araignées et les chrysopes, jouent également un rôle important dans la régulation naturelle des populations de larves [33].

Microorganismes entomopathogènes: *Bacillus thuringiensis* (Bt) est le bio-insecticide le plus utilisé contre *P. xylostella* en Afrique de l'Ouest [81]. Le virus granuleux de *P. xylostella* est encore peu étudié dans la région mais pourrait représenter une solution spécifique et durable [82]. Les Champignons entomopathogènes, tels que *Beauveria bassiana* et *Metarhizium anisopliae*, ont été testés avec succès dans des essais en laboratoire et en semi-champ au Mali et au Ghana [83]. Leur efficacité au champ dépend toutefois de l'humidité, de la température, et de la formulation utilisée.

Les conditions environnementales de certaines zones sahéliennes limitent l'efficacité des agents biologiques. Le manque de vulgarisation et l'accès limité à ces produits constituent également des obstacles majeurs à leur adoption.

5.3 LUTTE CULTURALE ET MÉTHODES AGROÉCOLOGIQUES

Les pratiques culturales sont des leviers fondamentaux dans la prévention des infestations de *P. xylostella*. Elles sont particulièrement adaptées aux exploitations familiales, car peu coûteuses et généralement basées sur des savoir-faire locaux. En effet, selon Talekar & Shelton (1993), le fait d'éviter de cultiver les Brassicacées sur les mêmes parcelles à répétition permet de casser le cycle biologique du ravageur. L'association avec des plantes répulsives ou non hôtes comme la tomate, l'oignon ou le basilic réduit l'attractivité des champs pour les adultes [52]. Les résidus de choux abandonnés après la récolte peuvent abriter des pupes et constituer des foyers d'infestation; leur élimination limite ainsi la survie des stades immatures [26]. L'utilisation des barrières physiques et filets anti-insectes s'est progressivement développée dans les systèmes maraîchers périurbains du Bénin et du Burkina Faso [84]. Bien que coûteux à l'achat, ces dispositifs offrent une protection efficace sans résidus chimiques. Les semis échelonnés permettent d'éviter la coïncidence entre les pics de populations de *P. xylostella* et les phases sensibles des cultures [29]. Ces pratiques, lorsqu'elles sont combinées, peuvent réduire significativement la pression du ravageur tout en favorisant la résilience agroécologique des systèmes de culture.

5.4 LUTTE INTÉGRÉE (IPM)

La lutte intégrée (Integrated Pest Management-IPM) est une approche stratégique visant à combiner différentes méthodes compatibles de lutte contre les ravageurs. Elle s'appuie sur une surveillance attentive, des interventions raisonnées et la valorisation des services écosystémiques [85]. L'IPM représente aujourd'hui l'option la plus durable et adaptable pour la gestion de *P. xylostella*, mais son succès repose sur l'implication active des producteurs et des services d'appui technique [86].

5.5 LUTTE GÉNÉTIQUE ET BIOTECHNOLOGIQUE

Les progrès récents en biotechnologie offrent des perspectives prometteuses pour la gestion de *Plutella xylostella*, bien que leur application demeure limitée en Afrique de l'Ouest [87]. Parmi ces approches, les plantes transgéniques exprimant des protéines Bt ont démontré une efficacité notable en Asie et en Amérique latine [88], mais leur adoption sur le continent africain est freinée par des réglementations strictes sur les OGM, un déficit de sensibilisation des producteurs et des préoccupations liées à la biosécurité [89]. Par ailleurs, la technique de l'insecte stérile (TIS), fondée sur la libération de mâles stériles pour perturber la reproduction des populations, a donné lieu à quelques essais prometteurs bien que sa mise en œuvre exige des infrastructures coûteuses [90]. D'autres pistes, telles que le forçage génétique (gene drive) et la désorientation sexuelle par phéromones, restent pour l'heure au stade de recherche ou de démonstration expérimentale, soulevant encore d'importants défis éthiques, écologiques et réglementaires [91].

Face à la menace persistante de *Plutella xylostella*, les producteurs ouest-africains sont appelés à adopter des stratégies de lutte plus intégrées, durables et adaptées aux réalités locales. Si la lutte chimique demeure prédominante, elle montre aujourd'hui ses limites en termes d'efficacité, de coût et de durabilité. La lutte biologique, les pratiques culturales et l'IPM offrent des alternatives viables mais nécessitent un appui technique renforcé, une meilleure organisation des filières agricoles, et une volonté politique soutenue pour promouvoir une gestion rationnelle et écologique des ravageurs maraîchers.

6 CONCLUSION

La teigne des choux (*Plutella xylostella* L.) s'impose aujourd'hui comme l'un des ravageurs les plus redoutables et les plus persistants des cultures de Brassicacées à l'échelle mondiale, et plus particulièrement en Afrique de l'Ouest. À travers cette revue bibliographique, il apparaît clairement que les pertes agronomiques et économiques engendrées par cet insecte sont considérables, menaçant la sécurité alimentaire et les moyens de subsistance de milliers de petits producteurs maraîchers dans la région. L'impact de *P. xylostella* va bien au-delà des simples pertes de rendement: il s'agit d'un problème systémique, impliquant des enjeux de gestion phytosanitaire, de durabilité des pratiques agricoles, de santé humaine et d'environnement.

Les recherches menées dans plusieurs pays ouest-africains ont permis d'enrichir notre compréhension de la biologie, de l'écologie et du comportement de ce ravageur dans des contextes agroclimatiques variés. Toutefois, malgré ces avancées, la couverture scientifique reste encore fragmentaire et insuffisante pour offrir une réponse coordonnée et durable au problème. Il existe encore d'importantes lacunes, notamment en matière de surveillance des populations, de mécanismes de résistance aux insecticides, et d'adaptation locale des stratégies de lutte intégrée.

La lutte chimique reste, à ce jour, la méthode dominante utilisée par la majorité des producteurs de la région, souvent sans encadrement technique suffisant. Ce recours intensif et parfois incontrôlé aux insecticides, combiné à l'usage de produits de mauvaise qualité ou inadaptés, favorise le développement de résistances multiples chez *P. xylostella*, tout en augmentant les risques pour la santé humaine et l'environnement. Dans ce contexte, l'efficacité des traitements conventionnels tend à diminuer, rendant la gestion du ravageur de plus en plus coûteuse et inefficace à long terme.

Il est donc impératif de promouvoir des approches plus durables, fondées sur les principes de la gestion intégrée des ravageurs (GIR). Cela suppose la combinaison de plusieurs méthodes complémentaires: lutte biologique à l'aide d'ennemis naturels locaux ou introduits, pratiques culturales adaptées (associations de cultures, rotations, filets anti-insectes), sélection variétale, et utilisation rationnelle des intrants phytosanitaires. De telles stratégies nécessitent cependant des efforts accrus de recherche appliquée, de vulgarisation agricole, de formation des producteurs, et d'appui institutionnel.

En définitive, pour faire face aux défis posés par *Plutella xylostella* en Afrique de l'Ouest, il est nécessaire de renforcer les synergies entre chercheurs, agriculteurs, décideurs politiques et partenaires au développement. Une gouvernance inclusive et coordonnée, fondée sur les résultats scientifiques et les connaissances locales, est essentielle pour concevoir et mettre en œuvre des solutions durables, adaptées aux réalités écologiques, économiques et sociales de la région. La lutte contre la teigne des choux doit s'inscrire dans une vision agroécologique plus large, orientée vers la résilience des systèmes agricoles et la souveraineté alimentaire des populations ouest-africaines.

REFERENCES

- [1] J.-M. Pelt, *Des légumes*. Fayard, 2014.
- [2] P. Schilperoord, *Plantes cultivées en Suisse - Le chou (Brassica oleracea)*. 2021.
- [3] M. Dosso, A. Koffi, I. Glou Bi, A. Traoré, et A. Avadi, « Analyse fonctionnelle de la filière maraîchère périurbaine en Côte d'Ivoire (2021-2022). Rapport du WP2-Diagnostique et évaluation du projet MARIGO », 2023, Consulté le: 27 mai 2025. [En ligne]. Disponible sur: https://agritrop.cirad.fr/604682/1/RPP_07.04.23_WP2_thematique_Analyse%20Fonctionnelle.pdf
- [4] A. Khemmouli, « Monitoring de l'apport d'eau limité sur des cultures en environnement semi-aride », PhD Thesis, 2025. Consulté le: 27 mai 2025. [En ligne]. Disponible sur: <http://dspace.univ-setif.dz:8888/jspui/handle/123456789/5305>.
- [5] S. T. Fall, A. S. Fall, I. Cissé, A. Badiane, C. A. Fall, et M. B. Diao, « Intégration horticulture-élevage dans les systèmes agricoles urbains de la zone des Niayes (Sénégal) », *Bull. APAD*, n° 19, 2000, Consulté le: 27 mai 2025. [En ligne]. Disponible sur: <https://journals.openedition.org/apad/444>.
- [6] A. M. A. Salifou, « Une économie stimulée par la frontière: l'exemple de Guidimouni dans le sud-est du Niger », *Int. J. Innov. Appl. Stud.*, vol. 10, n° 2, p. 656, 2015, Consulté le: 27 mai 2025. [En ligne]. Disponible sur: <https://citeseerx.ist.psu.edu/document?repid=rep1&type=pdf&doi=883a5ba34a137d1d33689906b10eb185cdfd0418>.
- [7] P. Dugué, « Étude d'évaluation environnementale et du développement de systèmes de production durables dans le cadre des projets de soutien à la production vivrière (Mali et Burkina Faso) », 2009, Consulté le: 27 mai 2025. [En ligne]. Disponible sur: https://agritrop.cirad.fr/549766/1/document_549766.pdf
- [8] A. M. Genang, « Multifonctionnalité de l'agriculture et développement durable: une analyse à partir du secteur horticole camerounais », PhD Thesis, Université de Dschang (Cameroun), 2020. Consulté le: 27 mai 2025. [En ligne]. Disponible sur: <https://hal.science/tel-04528284/>.
- [9] L. ABDYOU, Y. RABO, M. H. S. KAILOU, M. M. ASSANE, et A. MAHAMANE, « Effets de la présence du Basilic (*Ocimum basilicum* L.) sur les insectes ravageurs du chou (*Brassica oleracea* L.) et sur le rendement de la culture dans la commune de Maïné-Soroa au Niger », *Int J Biol Chem Sci*, vol. 18, n° 6, p. 2238-2249, 2024, Consulté le: 27 mai 2025. [En ligne]. Disponible sur: https://www.researchgate.net/profile/Mahaman-Sanoussi-Kailou/publication/388277273_Effets_de_la_presence_du_Basilic_Ocimum_basilicum_L_sur_les_insectes_ravageurs_du_chou_Brassica_oleracea_L_et_sur_le_rendement_de_la_culture_dans_la_commune_de_Maine-Soroa_a_u_Niger/links/67914e2d75d4ab477e56c857/Effets-de-la-presence-du-Basilic-Ocimum-basilicum-L-sur-les-insectes-ravageurs-du-chou-Brassica-oleracea-L-et-sur-le-rendement-de-la-culture-dans-la-commune-de-Maine-Soroa-au-Niger.pdf
- [10] A. D. Mondedji, W. S. Nyamador, K. Amevoin, G. K. Ketoh, et I. A. Glitho, « Efficacité d'extraits de feuilles de neem *Azadirachta indica* (Sapindale) sur *Plutella xylostella* (Lepidoptera: Plutellidae), *Hellula undalis* (Lepidoptera: Pyralidae) et *Lipaphis erysimi* (Hemiptera: Aphididae) du chou *Brassica oleracea* (Brassicaceae) », *Int. J. Biol. Chem. Sci.*, vol. 8, n° 5, p. 2286-2295, 2014, Consulté le: 27 mai 2025. [En ligne]. Disponible sur: <https://www.ajol.info/index.php/ijbcs/article/view/114582>.

- [11] B. Labou, D. Bordat, T. Brevault, et K. Diarra, « Importance de la «Teigne du chou» dans les Niayes au Sénégal : interrelations avec la température et les cultivars utilisés », *Int. J. Biol. Chem. Sci.*, vol. 10, n° 2, p. 706, sept. 2016, doi: 10.4314/ijbcs.v10i2.21.
- [12] L. Arvanitakis, « Interaction entre la teigne du chou *Plutella xylostella* (L.) et ses principaux parasitoïdes en conditions tropicales: approche éthologique, écologique et évolutive », PhD Thesis, UPV, 2013. Consulté le: 27 mai 2025. [En ligne]. Disponible sur: https://agritrop.cirad.fr/573946/1/document_573946.pdf
- [13] G. Sow, « Gestion intégrée des populations de *Plutella xylostella* L. (Lepidoptera: Plutellidae), principal ravageur du chou au Sénégal », PhD Thesis, UCAD, 2013. Consulté le: 27 mai 2025. [En ligne]. Disponible sur: https://agritrop.cirad.fr/569799/1/document_569799.pdf
- [14] H. K. Coffi, « CRUCIFERES (*Plutella xylostella* L.) ».
- [15] S.-W. M. O. N'goran, M. A. Kouassi, et A. Coulibaly, « Evaluation des dégâts des insectes ravageurs du chou pomme (*Brassica oleracea* var. *capitata* L.) à Korhogo, nord de la Côte d'Ivoire », *Int. J. Biol. Chem. Sci.*, vol. 15, n° 1, p. 106-116, avr. 2021, doi: 10.4314/ijbcs.v15i1.10.
- [16] E. B. Hasheela, J. H. Nderitu, F. M. Olubayo, et M. Kasina, « Evaluation of border crops against infestation and damage of cabbage by diamondback moth (*Plutella xylostella*) », *Tunis. J. Plant Prot.*, vol. 5, n° 1, p. 99-106, 2010, Consulté le: 27 mai 2025. [En ligne]. Disponible sur: https://www.researchgate.net/profile/Muo-Kasina/publication/228465662_Evaluation_of_Border_Crops_against_Infestation_and_Damage_of_Cabbage_by_Diamondback_Moth_Plutella_xylostella/links/02e7e519e7d22afce2000000/Evaluation-of-Border-Crops-against-Infestation-and-Damage-of-Cabbage-by-Diamondback-Moth-Plutella-xylostella.pdf
- [17] M. Sarfraz, A. B. Keddie, et L. M. Dosdall, « Biological control of the diamondback moth, *Plutella xylostella* : A review », *Biocontrol Sci. Technol.*, vol. 15, n° 8, p. 763-789, déc. 2005, doi: 10.1080/09583150500136956.
- [18] M. P. Zalucki, A. Shabbir, R. Silva, D. Adamson, L. Shu-Sheng, et M. J. Furlong, « Estimating the economic cost of one of the world's major insect pests, *Plutella xylostella* (Lepidoptera: Plutellidae): just how long is a piece of string? », *J. Econ. Entomol.*, vol. 105, n° 4, p. 1115-1129, 2012, Consulté le: 27 mai 2025. [En ligne]. Disponible sur: <https://academic.oup.com/jee/article-abstract/105/4/1115/785403>.
- [19] P. Ryckewaert, « RAPPORT DE MISSION ».
- [20] A. H. Sayyed, S. Saeed, M. Noor-ul-ane, et N. Crickmore, « Genetic, Biochemical, and Physiological Characterization of Spinosad Resistance in *Plutella xylostella* (Lepidoptera: Plutellidae) », *J. Econ. Entomol.*, vol. 101, n° 5, p. 1658-1666, oct. 2008, doi: 10.1093/jee/101.5.1658.
- [21] P. Clouvel *et al.*, « Le projet scientifique de DIVECOSYS ».
- [22] B. James *et al.*, *Gestion intégrée des nuisibles en production maraîchère: guide pour les agents de vulgarisation en Afrique de l'Ouest*. IITA, 2010. Consulté le: 27 mai 2025. [En ligne]. Disponible sur: <https://books.google.com/books?hl=fr&lr=&id=PZujY0Nncu8C&oi=fnd&pg=PR7&dq=la+recherche+scientifique+sur+la+teigne+des+choux+dans+la+r%C3%A9gion+de+l%27Afrique+de+l%27Ouest&ots=Ud5RNYoga7&sig=DLZ0CUL1iELgsV2ip8fnEZJt3Vc>.
- [23] S. Ngom, T. Diome, B. Diop, et M. Sembene, « Effet des extraits aqueux de *Calotropis procera* sur les principaux ravageurs du chou en culture au Sénégal », *Int. J. Biol. Chem. Sci.*, vol. 14, n° 5, Art. n° 5, sept. 2020, doi: 10.4314/ijbcs.v14i5.9.
- [24] R. M. Olivier, « Etude comparative de l'efficacité des extraits aqueux de *Tephrosia vogelli*, *Capsicum frutescens* et *Azadirachta indica* contre *Plutella xylostella* sur le chou-fleur. ».
- [25] B. B. Yarou *et al.*, « Plantes pesticides et protection des cultures maraîchères en Afrique de l'Ouest (synthèse bibliographique) », *Biotechnol Agron Soc Env.*, 2017.
- [26] M. J. Furlong, D. J. Wright, et L. M. Dosdall, « Diamondback Moth Ecology and Management: Problems, Progress, and Prospects », *Annu. Rev. Entomol.*, vol. 58, n° 1, p. 517-541, janv. 2013, doi: 10.1146/annurev-ento-120811-153605.
- [27] J.-P. Lumaret, « ETUDE DE LA VARIABILITE BIOLOGIQUE, BIOCHIMIQUE ET GENETIQUE DE POPULATIONS D'ORIGINES GEOGRAPHIQUES DIFFERENTES DE *COTESIA PLUTELLAE* (KURDJUMOV) (HYMENOPTERA : BRACONIDAE), PARASITOÏDE DE LA TEIGNE DES BRASSICACEES *PLUTELLA XYLOSTELLA* (L.) (LEPIDOPTERA : YPONOMEUTIDAE) ».
- [28] Z. Li, X. Feng, S.-S. Liu, M. You, et M. J. Furlong, « Biology, Ecology, and Management of the Diamondback Moth in China », *Annu. Rev. Entomol.*, vol. 61, n° 1, p. 277-296, mars 2016, doi: 10.1146/annurev-ento-010715-023622.
- [29] N. S. Talekar et A. M. Shelton, « Biology, ecology, and management of the diamondback moth », *Annu. Rev. Entomol.*, vol. 38, n° 1, p. 275-301, 1993, Consulté le: 28 juin 2025. [En ligne]. Disponible sur: https://www.researchgate.net/profile/Anthony-Shelton-3/publication/234150156_Biology_Ecology_and_Management_of_the_Diamondback_Moth/links/542ca7c40cf277d58e8c83f5/Biology-Ecology-and-Management-of-the-Diamondback-Moth.pdf
- [30] P. Karmakar, S. Pal, et G. Chakraborty, « Effects of cabbage cultivars on the food consumption and utilization parameters of diamondback moth, *Plutella xylostella* (L.) », *Int. J. Trop. Insect Sci.*, vol. 42, n° 1, p. 83-92, févr. 2022, doi: 10.1007/s42690-021-00520-9.

- [31] J. L. Capinera, « Pest Identification », in *Handbook of Vegetable Pests*, J. L. Capinera, Éd., San Diego: Academic Press, 2001, p. 23-35. doi: 10.1016/B978-012158861-8/50003-X.
- [32] C. Cock, P. G. Mason, T. Haye, et N. Cappuccino, « Determining the host range of *Diadromus collaris* (Gravenhorst) (Hymenoptera: Ichneumonidae), a candidate biological control agent for diamondback moth *Plutella xylostella* Linnaeus (Lepidoptera: Plutellidae) in Canada », *Biol. Control*, vol. 161, p. 104705, oct. 2021, doi: 10.1016/j.biocontrol.2021.104705.
- [33] G. Sow, K. Diarra, L. Arvanitakis, et D. Bordat, « Interactions entre *Plutella xylostella* (L.), Lepidoptera : Plutellidae, la température, la plante hôte et ses parasitoïdes », 7^{ème} Conférence Internationale Francophone d'Entomologie, 5 au 10 juillet 2010, Louvain la neuve, Belgique. Consulté le: 28 mai 2025. [En ligne]. Disponible sur: <https://agritrop.cirad.fr/560311/>.
- [34] D. Mariau, « Lutte intégrée contre les ravageurs des cultures pérennes tropicales », p. 1-208, 1996, Consulté le: 28 mai 2025. [En ligne]. Disponible sur: <https://www.torrossa.com/en/resources/an/5063347>.
- [35] E. Étilé, « Pratiques agricoles favorisant la répression des ravageurs des cultures par leurs prédateurs naturels ».
- [36] M. Siegwart, « Combinaisons, caractéristiques et origines de mécanismes de résistance aux (bio) insecticides chez des insectes ravageurs des cultures », 2021.
- [37] T. Boissière, « Chapitre I.- Techniques, cultures et activités complémentaires dans les jardins », in *Le jardinier et le citadin : Ethnologie d'un espace agricole urbain dans la vallée de l'Oronte en Syrie*, in Études arabes, médiévales et modernes., Beyrouth: Presses de l'Ifpo, 2005, p. 263-297. doi: 10.4000/books.ifpo.6301.
- [38] C. DAGBA, F. SOTONDJI, S. Azonkpin, et D. Chougourou, « Caractérisation de l'entomofaune du Brassica oleracea, Solanum lycopersicum, Solanum macrocarpon et amaranthus cruentus au Sud-Bénin », *Afr. J. Trop. Entomol. Res.*, vol. 3, p. 95-111, oct. 2024, doi: 10.58697/AJTER030206.
- [39] T. Guilloux, « Etude de la variabilité biologique, biochimique et génétique de populations d'origines géographiques différentes de *Cotesia Plutellae* (Kurdjumov) (Hymenoptera: Braconidae), parasitoïde de la teigne des Brassicacées *Plutella xylostella* (L.) (Lepidoptera: Yponomeutidae) », PhD Thesis, Université Paul Valéry Montpellier III, 2000. Consulté le: 28 mai 2025. [En ligne]. Disponible sur: <https://agritrop.cirad.fr/477776/1/ID477776.pdf>
- [40] T. Martin, « CIRAD PERSYST, UPR HORTSYS ».
- [41] K. A. Madeleine, O.-N. S.-W. Mauricette, S. Y. René, A. E. Narcice, et C. Adama, « Cycle Biologique en Conditions Semi-Naturelles de *Plutella xylostella* L., 1758 (Lepidoptères: Plutellidae), Insecte Ravageur du Chou Pomme en Côte d'Ivoire », *Eur. Sci. J. ESJ*, vol. 15, n° 27, sept. 2019, doi: 10.19044/esj.2019.v15n27p326.
- [42] L. Peng et al., « Identification of seminal fluid proteins and reproductive function of trypsin-1 in male *Plutella xylostella* », *Int. J. Biol. Macromol.*, vol. 306, p. 141450, mai 2025, doi: 10.1016/j.ijbiomac.2025.141450.
- [43] H. Xu, Y. Xing, Y. Zhou, M. Zhang, et X. Dang, « MiR8523 negatively regulates the immunity of *Plutella xylostella* against entomopathogenic fungus *Isaria cicadae* by targeting *PxSpz5* », *Int. J. Biol. Macromol.*, vol. 293, p. 139417, mars 2025, doi: 10.1016/j.ijbiomac.2024.139417.
- [44] E. S. Djomaha et T. R. Ghogomu, « Effet des insecticides, des variétés de chou et des dates de semis sur *Plutella xylostella* (L.) (Lepidoptera : Plutellidae) dans les hautes terres de l'Ouest Cameroun », *Int. J. Biol. Chem. Sci.*, vol. 10, n° 3, p. 1059, déc. 2016, doi: 10.4314/ijbcs.v10i3.13.
- [45] O.- ObsNat, « *Plutella xylostella* », Artemisiae - Lépidoptères de France. Consulté le: 28 mai 2025. [En ligne]. Disponible sur: <https://oreina.org/artemisiae/observatoire/https%3A%2F%2Foreina.org%2Fartemisiae%2Fobservatoire%2Findex.php%3Fmodule%3Dfiche%26action%3Dfiche%26d%3Dmicro%26id%3D245818>.
- [46] J. H. Thurman et M. J. Furlong, « Biocontrol of diamondback moth (*Plutella xylostella*) in organic crops: Spatial and seasonal dynamics », *Agric. Ecosyst. Environ.*, vol. 385, p. 109567, juin 2025, doi: 10.1016/j.agee.2025.109567.
- [47] M. J. Furlong et M. P. Zalucki, « Parasitoid complex of diamondback moth in south-east Queensland: first records of *Oomyzus sokolowskii* (Hymenoptera: Eulophidae) in Australia », *Aust. J. Entomol.*, vol. 46, n° 2, p. 167-175, 2007, doi: 10.1111/j.1440-6055.2007.00572.x.
- [48] J. Zhang et al., « Contrasting roles of landscape compositions on shaping functional traits of arthropod community in subtropical vegetable fields », *Agric. Ecosyst. Environ.*, vol. 347, p. 108386, mai 2023, doi: 10.1016/j.agee.2023.108386.
- [49] C. Zhu et al., « *Nap1* is essential for eupyrene spermatogenesis and migration in *Plutella xylostella* », *Insect Biochem. Mol. Biol.*, vol. 177, p. 104245, févr. 2025, doi: 10.1016/j.ibmb.2024.104245.
- [50] B. Lohr et R. Kfir, « Diamondback moth *Plutella xylostella* (L.) in Africa. A review with emphasis on biological control », *Improv. Biocontrol Plutella Xylostella CIRAD*, p. 71-84, 2004, Consulté le: 29 mai 2025. [En ligne]. Disponible sur: <https://www.torrossa.com/gs/resourceProxy?an=5063829&publisher=FZZ759#page=73>.
- [51] A. Delobel, « Contribution à la connaissance de l'entomofaune d'incidence économique en Polynésie française », janv. 1978.

- [52] D. Grzywacz, A. Rossbach, A. Rauf, D. A. Russell, R. Srinivasan, et A. M. Shelton, « Current control methods for diamondback moth and other brassica insect pests and the prospects for improved management with lepidopteran-resistant Bt vegetable brassicas in Asia and Africa », *Crop Prot.*, vol. 29, n° 1, p. 68-79, janv. 2010. doi: 10.1016/j.cropro.2009.08.009.
- [53] M. Sarfraz, L. M. Dosdall, et B. A. Keddie, « Diamondback moth–host plant interactions: Implications for pest management », *Crop Prot.*, vol. 25, n° 7, p. 625-639, juill. 2006, doi: 10.1016/j.cropro.2005.09.011.
- [54] S. M. H. Askri *et al.*, « Comparative metabolomics elucidates the early defense response mechanisms to *Plutella xylostella* infestation in *Brassica napus* », *Plant Physiol. Biochem.*, vol. 221, p. 109678, avr. 2025, doi: 10.1016/j.plaphy.2025.109678.
- [55] K. Elakkiya, M. Murugan, S. V. Krishnamoorthy, N. Senthil, et D. Vijayalakshmi, « Susceptibility to diamides differs in the field populations of *Plutella xylostella* and *Spodoptera litura* feeding on cole crops », *J. Asia-Pac. Entomol.*, vol. 27, n° 4, p. 102341, déc. 2024, doi: 10.1016/j.aspen.2024.102341.
- [56] H. Ruhanen, S. Bruns, J. Parsons, M. Kivimäenpää, et J. Blande, « The orientation and oviposition choices of *Plutella xylostella* and its parasitoid *Diadegma semiclausum* on a range of Brassica plants », *Arthropod-Plant Interact.*, vol. 19, mai 2025, doi: 10.1007/s11829-025-10150-4.
- [57] H. de Bon, L. Brun-Diallo, J.-M. Sène, S. Simon, et M. A. Sow, « Rendements et pratiques des cultures maraîchères en agriculture biologique au Sénégal », *Cah. Agric.*, vol. 28, p. 2, 2019, doi: 10.1051/cagri/2019001.
- [58] C. Leclerc, A.-A. Saïdou, et A. Guichardaz, « Afrique de l'Ouest : les paysans se mobilisent pour la biodiversité agricole ».
- [59] P. A. Ndour, « L'agriculture et l'alimentation en Afrique de l'Ouest: Mutations, performances et politiques agricoles, CEDEAO », WATHI. Consulté le: 3 juin 2025. [En ligne]. Disponible sur: <https://www.wathi.org/lagriculture-et-lalimentation-en-afrique-de-louest-mutations-performances-et-politiques-agricoles-cedeao/>.
- [60] L. Achour, « Contribution à la caractérisation de la flore adventice dans un périmètre agricole », Thesis, UNIVERSITE KASDI MERBAH - OUARGLA, 2005. Consulté le: 3 juin 2025. [En ligne]. Disponible sur: <http://dspace.univ-ouargla.dz/jspui/handle/123456789/4539>.
- [61] I. Sayed, « Diversité floristique dans les champs céréaliers conduits sous centre pivot dans la région d'Ouargla (Cas de la région de Hassi Ben Abd ALLAHE) », Thesis, UNIVERSITE KASDI MERBAH – OUARGLA, 2009. Consulté le: 3 juin 2025. [En ligne]. Disponible sur: <http://dspace.univ-ouargla.dz/jspui/handle/123456789/644>.
- [62] L. Zidane, S. Salhi, M. Fadli, M. El Antri, A. Taleb, et A. Douira, « Étude des groupements d'adventices dans le Maroc occidental », *BASE*, janv. 2010, Consulté le: 3 juin 2025. [En ligne]. Disponible sur: <https://popups.uliege.be/1780-4507/index.php?id=5130/index.php?id=5130>.
- [63] J. Gasquez, C. Ferault, M. Délos, et M. Dron, « Histoire de la gestion des plantes adventices en grandes cultures : De la première herbe arrachée au rappel à la nature », p. 1-418, 2022, Consulté le: 3 juin 2025. [En ligne]. Disponible sur: <https://www.torrossa.com/en/resources/an/5501618>.
- [64] D. Bordat, « Importance des populations de *Plutella xylostella* (L.) et de sa faune auxiliaire utile au Bénin ». Consulté le: 3 juin 2025. [En ligne]. Disponible sur: <https://agritrop.cirad.fr/326947/>.
- [65] I. Rahwanudin, A. Susanto, C. Panatarani, A. Zainuddin, et W. Setiawati, « Study of spinetoram nano suspension for environmentally friendly control of *Plutella xylostella* L. (Lepidoptera: Plutellidae) », *Biocatal. Agric. Biotechnol.*, vol. 44, p. 102456, sept. 2022, doi: 10.1016/j.bcab.2022.102456.
- [66] A. V.p. *et al.*, « Investigating the enzymatic response of *Plutella xylostella* L. (Lepidoptera: Plutellidae) to *Metarhizium anisopliae* (Metschnikoff) Sorokin (Ascomycota: Hypocreales) Infection: A Comprehensive study », *J. Asia-Pac. Entomol.*, vol. 27, n° 4, p. 102321, déc. 2024, doi: 10.1016/j.aspen.2024.102321.
- [67] I. Macharia, B. Löhr, et H. De Groote, « Assessing the potential impact of biological control of *Plutella xylostella* (diamondback moth) in cabbage production in Kenya », *Crop Prot.*, vol. 24, n° 11, p. 981-989, 2005, Consulté le: 3 juin 2025. [En ligne]. Disponible sur: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0261219405000633>.
- [68] A. Musset, « Chapitre 1. Les contrastes du peuplement littoral en Amérique latine », in *Les littoraux latino-américains : Terres à découvrir*, V. Brustlein-Waniez, Éd., in Travaux et mémoires., Paris: Éditions de l'IHEAL, 1998, p. 12-32. doi: 10.4000/books.iheal.2842.
- [69] M. Lawan, I. M. Muhammad, et U. M. Maina, « Effect of chilli pepper extract in the control of diamondback moth (*Plutella xylostella* L.) caterpillar infestation in *Amaranthus* in Maiduguri, Borno State », *J. Agric. Environ.*, vol. 12, n° 1, Art. n° 1, 2016, Consulté le: 3 juin 2025. [En ligne]. Disponible sur: <https://www.ajol.info/index.php/jagrenv/article/view/236180>.
- [70] W. Allogni, O. Coulibaly, G. Biao, G. Mensah, et M. Sæthre, « Rentabilité financière des méthodes de lutte contre les pucerons du chou (*Plutella xylostella* L.), du piment (*Capsicum* spp) et de la grande morelle (*Solanum scabrum*) au Sud-Bénin », *Bull. Rech. Agron. Bénin Numéro Spéc. Econ. Sociol. Rural.* 2015, 2015, Consulté le: 3 juin 2025. [En ligne]. Disponible sur: https://publications-chercheurs.inrab.bj/uploads/fichiers/lots2/BRAB_2014%20C3%83%C2%A0%202018/BRAB_2015/BRAB_N%C3%82%C2%B0%20Sp%C3%83%C2%A9cial%20ESR%202015/

- (Article%205_BRAB%20N%C3%82%C2%B0%20sp%C3%83%C2%A9cial%20ESR_d%C3%83%C2%A9cembre%202015_Allo
gni%20et%20al_Rentabilit%C3%83%C2%A9%20financi%C3%83%C2%A8re).pdf
- [71] F. Jacquet et al., Zéro pesticide : un nouveau paradigme de recherche pour une agriculture durable. 2022. doi: 10.35690/978-2-7592-3311-3.
- [72] Commission mixte FAO-OMS du codex alimentarius, Éd., *Prévention et réduction de la contamination des produits de consommation humaine et animale*. in Codex alimentarius. Rome: FAO, 2012.
- [73] M. S. HALILOU, « Parasitic capabilities of Trichogrammatoidea sp. and Habrobracon hebetor for biological control of Noorda blitealis, a defoliating caterpillar of Moringa oleifera », mars 2024, doi: 10.5281/ZENODO.10838059.
- [74] B. E. Tabashnik, N. L. Cushing, N. Finson, et M. W. Johnson, « Field Development of Resistance to *Bacillus thuringiensis* in Diamondback Moth (Lepidoptera: Plutellidae) », *J. Econ. Entomol.*, vol. 83, n° 5, p. 1671-1676, oct. 1990, doi: 10.1093/jee/83.5.1671.
- [75] R. Romba, S. Drabo, B. Z. Kabore, S. Salamata, et O. Gnankine, « Evaluation des risques liés aux pratiques phytosanitaires des producteurs maraîchers et mise en évidence de la résistance aux pesticides chez l'aleurode *Bemisia tabaci* (Hemiptera : Aleyrodidae) au Burkina Faso, Afrique de l'Ouest », déc. 2020.
- [76] K. Etienne et al., « Utilisation de produits phytosanitaires dans le maraîchage autour du barrage d'alimentation en eau potable de la ville de Korhogo (nord de la Côte d'Ivoire) : risques pour la santé publique », *Environ. Risques Santé*, vol. Volume 17, p. 155-63, oct. 2023.
- [77] B. Bellot, « Améliorer les connaissances sur les processus écologiques régissant les dynamiques de populations d'auxiliaires de culture : modélisation couplant paysages et populations pour l'aide à l'échantillonnage biologique dans l'espace et le temps », 2018.
- [78] H. Tonnang, L. Nedorezov, J. Owino, H. Ochanda, et B. Loehr, « Evaluation of discrete host-parasitoid models for diamondback moth and *Diadegma semiclausum* field time population density series », *Ecol. Model.*, vol. 220, p. 1735-1744, août 2009, doi: 10.1016/j.ecolmodel.2009.04.012.
- [79] J. e. Barker, G. m. Poppy, et C. c. Payne, « Suitability of *Arabidopsis thaliana* as a model for host plant-*Plutella xylostella*-*Cotesia plutellae* interactions », *Entomol. Exp. Appl.*, vol. 122, n° 1, p. 17-26, 2007. doi: 10.1111/j.1570-7458.2006.00459.x.
- [80] N. S. Talekar et W. J. Hu, « Characteristics Of Parasitism Of *Plutella Xylostella* (Lep., Plutellidae) By *Oomyzus Sokolowskii* (Hym., Eulophidae) », *Entomophaga*, vol. 41, n° 1, p. 45-52, mars 1996, doi: 10.1007/BF02893291.
- [81] V. Sanchis, J. Chaufaux, et D. Lereclus, « Utilisation de *Bacillus thuringiensis* en protection des cultures et résistance des insectes », *Cah. Agric.*, vol. 4, n° 6, Art. n° 6, nov. 1995, Consulté le: 28 juin 2025. [En ligne]. Disponible sur: <https://revues.cirad.fr/index.php/cahiers-agricultures/article/view/29915>.
- [82] CHICH-YEONG SU, « Utilisation du virus granuleuse *Plutella xylostella* pour lutter contre *P. xylostella* au champ », *Util. Virus Granuleuse Plutella Xylostella Pour Lutter Contre P Xylostella Au Champ*, vol. 29, n° 1, p. 85-87, 1987.
- [83] C. Rohrich, « Lutte biologique à base de champignons entomopathogènes du genre *Beauveria* en zone tropicale ».
- [84] A. Martin-Chave, « Facteurs de régulation naturelle des bio-agresseurs par les cortèges de prédateurs généralistes : effets microclimatiques dans un système maraîcher agroforestier biologique », phdthesis, Université d'Avignon, 2018. Consulté le: 12 mai 2025. [En ligne]. Disponible sur: <https://theses.hal.science/tel-01945906>.
- [85] J. A. Stenberg, « A Conceptual Framework for Integrated Pest Management », *Trends Plant Sci.*, vol. 22, n° 9, p. 759-769, sept. 2017, doi: 10.1016/j.tplants.2017.06.010.
- [86] R. (ed) Kahane, « Productions maraîchères et horticoles : sessions lutte intégrée et agronomie ». Consulté le: 28 juin 2025. [En ligne]. Disponible sur: <https://agritrop.cirad.fr/512549/>.
- [87] M. J. Furlong, D. J. Wright, et L. M. Dosdall, « Diamondback Moth Ecology and Management: Problems, Progress, and Prospects », *Annu. Rev. Entomol.*, vol. 58, n° 1, p. 517-541, janv. 2013, doi: 10.1146/annurev-ento-120811-153605.
- [88] A. Dalecky, D. Bourguet, et S. Ponsard, « La pyrale se disperse-t-elle suffisamment pour limiter durablement la résistance au maïs Bt via la stratégie « haute dose/refuge » ? », *Cah. Agric.*, vol. 16, n° 3, Art. n° 3, mai 2007, doi: 10.1684/agr.2007.0097.
- [89] I. Scoones et D. Glover, « L'Afrique otage des OGM ? », *Books*, vol. 15, n° 5, p. 40-41, 2010, doi: 10.3917/books.015.0040.
- [90] L. Reis-Castro, « Genetically modified insects as a public health tool: discussing the different bio-objectification within genetic strategies », *Croat. Med. J.*, vol. 53, n° 6, p. 635-638, déc. 2012, doi: 10.3325/cmj.2012.53.635.
- [91] K. M. Esvelt, A. L. Smidler, F. Catteruccia, et G. M. Church, « Concerning RNA-guided gene drives for the alteration of wild populations », *eLife*, vol. 3, p. e03401, juill. 2014, doi: 10.7554/eLife.03401.

Réseau routier et ouvrages d'assainissement dans la commune de Parakou

[Road network and sanitation works in the municipality of Parakou]

Rotimy Alabi Oyétchola Agani¹, Rodrigue Sèdjrofidé Montcho², and Yvette Onibon-Doubogan²

¹Ecole Doctorale des Sciences Agronomiques et de l'Eau, Université de Parakou, Benin

²Département de Sociologie-Anthropologie, FLASH, Université de Parakou, Benin

Copyright © 2026 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: Although asphaltting of streets began around 1962 and today with the government's policy of cleaning up and improving the living environment of these communities, the city of Parakou has been provided with road infrastructure. The objective of this chapter is to present the state of the road network and storm drainage in the municipality. The mixed methodological approach was adopted. Data were collected through observations and field surveys of targets defined by means of an observation grid, interview guide and questionnaire. The probabilistic method of D. Schwartz (1995) and snowball and reasoned choice sampling techniques were retained and applied to interview three hundred and ninety-three people. Data analysis shows that the municipality has experienced significant development of its road network and development, currently counting 113,059 km of paved roads, 226,118 km of gutters and 5,153 km of collectors. However, the road network of Parakou remains dominated by roads that are difficult to drive on. Similarly, 78% of respondents say that the city in general until 2023 was sinking into total insalubrity, compared to 22% who found the city somewhat clean. Today, more than 90% have a good assessment of the state of cleanliness of the Municipality. For them, with the work of the SGDS, the city is very clean with very well cleaned gutters.

KEYWORDS: Asphaltting, road network, passable, Parakou.

RESUME: Bien qu'on ait commencé à asphalter des rues vers 1962 et aujourd'hui avec la politique du gouvernement d'assainir et d'améliorer le cadre de vie de ces communautés, la ville de Parakou s'est vue doter d'infrastructures routier. L'objectif de ce chapitre est de présenter l'état des lieux du réseau routier et d'assainissement pluvial de la commune. L'approche méthodologique mixte a été adoptée. Les données ont été collectées à travers des observations et enquêtes de terrain auprès des cibles définies au moyen d'une grille d'observation, guide d'entretien et questionnaire. La méthode probabiliste de D. Schwartz (1995) et les techniques d'échantillonnage par boule de neige et par choix raisonné ont été retenues et appliquées pour interviewer trois cent quatre-vingt-treize personnes. Il ressort de l'analyse des données que la commune a connu un développement important de son réseau routier et aménagement en comptant en ce jour un linéaire de 113,059 km linéaire de voies revêtues, de 226,118 Km de caniveaux et 5,153 Km de collecteurs. Toutefois, le réseau routier de Parakou reste prédominé par des voies difficilement carrossables. De même, 78 % des enquêtées, affirment que la ville en général jusqu'en 2023 semblait dans une insalubrité totale, contre 22 % qui trouvaient la ville Un peu propre. Aujourd'hui, plus de 90 % ont une belle appréciation de l'état de propreté de la Commune. Pour eux, avec les travaux de la SGDS, la ville est très propre avec des caniveaux très bien curés.

MOTS-CLEFS: Asphaltage, réseau routier, carrossable, Parakou.

1 INTRODUCTION

La ville de Parakou, à l'instar de nombreuses villes africaines est en pleine mutation socio-spatiale caractérisée par une croissance démographique importante et par un développement spatial en pleine progression (O. E. EDEA & T. B. DANVIDE, 2022, p.1).

La circulation des hommes et des biens fait partir des facteurs importants du développement socio-économique au niveau de chaque pays. La route présente le type d'infrastructure de communication le plus étendu dans le monde. B. D. TAYLOR & R. GOLDINGAY (2010, p. 321) et E. BOCHET, P. GARCIA-FAYOS & J. TORMO (2010, p. 18) affirment en 2002 que le réseau routier totalisait près de 32 millions de kilomètres dans le monde. Ce chiffre, qui aujourd'hui, est sans doute en hausse, ne cessera de croître dans le temps et dans l'espace.

Depuis quelques années, le gouvernement Béninois a entrepris une vaste politique visant à améliorer le cadre de vie des populations. Le contexte de la décentralisation et de la bonne gouvernance prônée par les autorités a aussi accentué les initiatives ayant pour objectif l'amélioration de la qualité des services rendus aux populations. De plus le gouvernement dans politique à travers la mise en œuvre des projets du transport urbain, la construction de la traversée et du contournement de la ville de Parakou, puis celle d'aménagement des rues primaires, secondaires et tertiaires de la ville de Parakou (projet Asphaltage phase A) à améliorer la qualité du réseau routier de la commune ainsi que de son aménagement. De même, depuis 2023, avec le démarrage des travaux de la Société de Gestion des Déchets et de Salubrité (SGDS), la commune a connu une nouvelle ère en termes de propreté. C'est alors que dans le présent chapitre de cette thèse, il sera présenté l'état des lieux de la ville (état des lieux du réseau routier, des ouvrages d'assainissement et de drainage des eaux de pluviales) de la commune de Parakou.

2 MATÉRIEL ET MÉTHODES

2.1 MILIEU D'ÉTUDE

2.1.1 SITUATION GÉOGRAPHIQUE

La commune de Parakou est située au centre géographique du Bénin entre 9°13' et 9°27' de latitude nord et 2°25' et 2°46' de longitude est. Capitale régionale de la partie septentrionale du Bénin, et Chef-Lieu du Borgou, Parakou est au cœur du Borgou-sud, entourée par les communes de N'Dali et Tchaourou, sur une superficie de 441 Km². Cette commune à statut particulier est constituée depuis 1999 de trois (3) arrondissements et cinquante-huit (58) quartiers de ville.

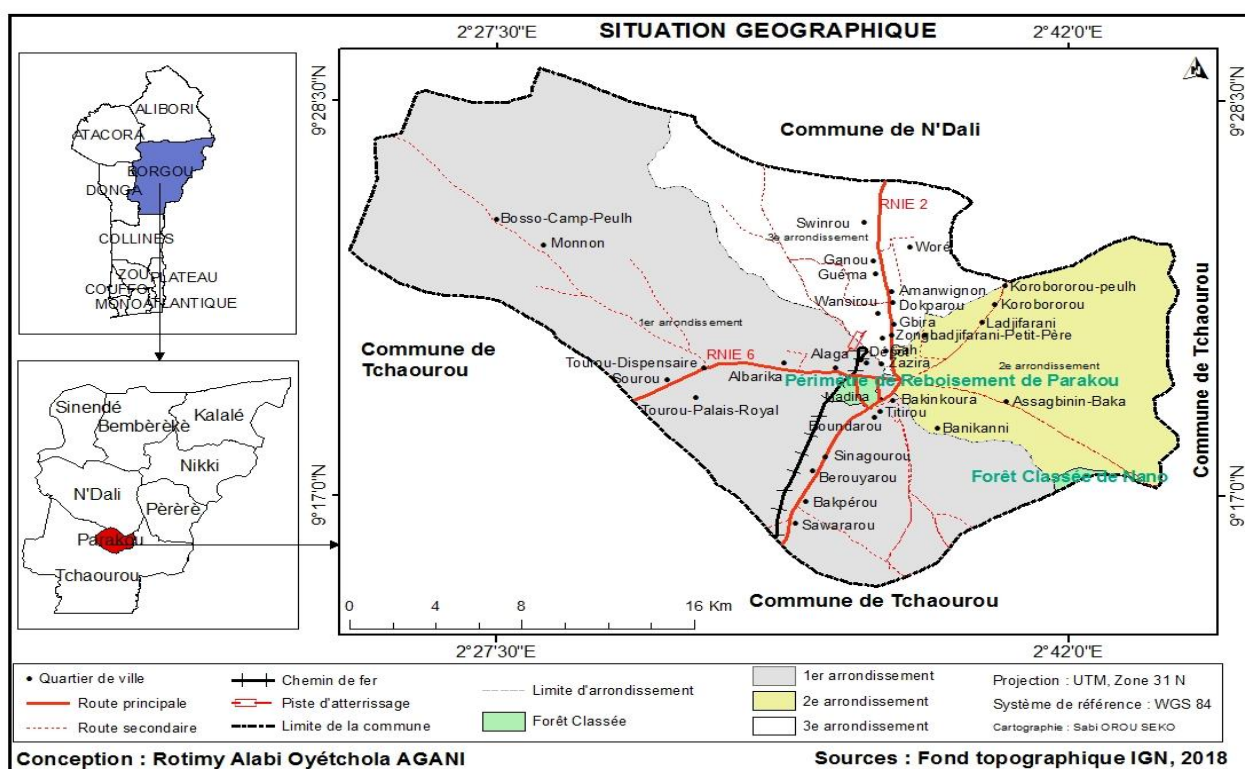


Fig. 1. Situation géographique de Parakou

D'après la figure 1, Parakou occupe une position centrale au nord du Bénin de par sa proximité des frontières du Niger, du Nigeria et du Burkina Faso. Elle représente un carrefour routier important car située à l'intersection de plusieurs routes nationales comme la RNIE 2.

2.1.2 MILIEU PHYSIQUE

➤ Le relief

Le relief de la commune de Parakou est une pénéplaine. Cette pénéplaine correspond à une ancienne surface d'aplanissement dont l'altitude moyenne est d'environ 350 m. Elle présente un aspect vallonné où l'on observe une succession de croupes ayant généralement un sommet arrondi. Les pentes sont comprises entre 1,5% et 4%.

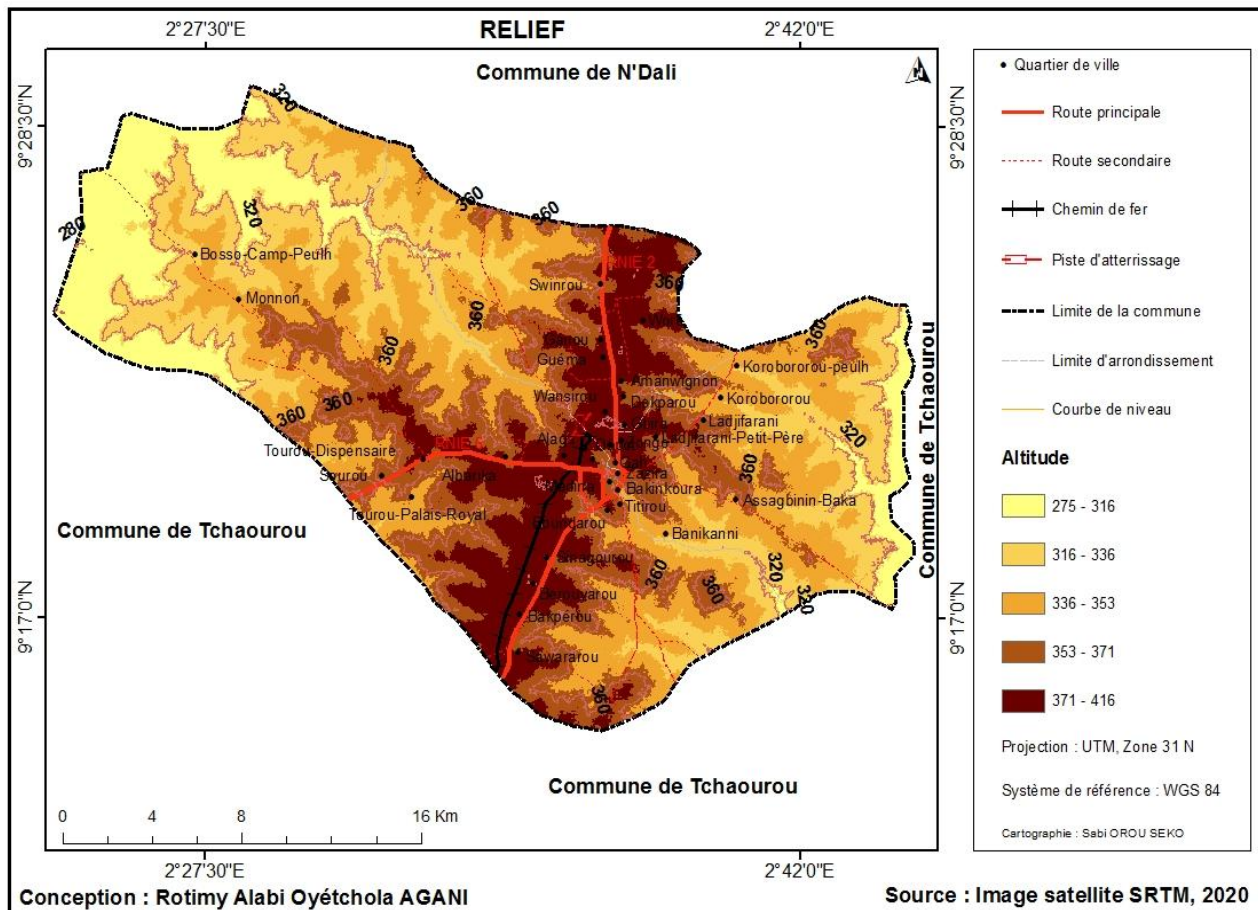


Fig. 2. Relief de Parakou

2.2 COLLECTE DES DONNÉES

Pour atteindre les objectifs, l'approche mixte a été adoptée.

2.2.1 LES TECHNIQUES DE COLLECTE DE DONNEES

2.2.1.1 LES TECHNIQUES DE COLLECTE DE DONNEES QUALITATIVES

Les données qualitatives sont collectées grâce aux techniques suivantes:

- **Recherche documentaire:** elle a concerné la lecture et l'analyse des documents traitant du milieu physique et humain ainsi que ceux de planification de la Commune de Parakou.

Les travaux de terrain ont été complémentaires. Les activités menées à cet effet sont:

- **Observation directe:** afin de faire l'état des lieux des ouvrages d'assainissement pluvial existantes, l'état des routes, voir les causes du débordement et aussi les dégâts causés par les eaux de ruissellement (déchets transportés; infrastructures routières et de drainage; états des voies; etc.); les divers problèmes liés à la gestion des eaux de ruissellement.
- **Entretien semi-structuré:** Il a consisté à prendre leurs avis sur les documents de planification et d'urbanisation, l'aménagement de la commune, les ouvrages mises en place, la préférence entre les ouvrages (caniveaux à ciel ouverts ou fermés), le mode de répartition, la couverture des ouvrages et leur gestion dans la commune.

2.2.1.2 LES TECHNIQUES DE COLLECTE DE DONNEES QUANTITATIVES

- Questionnaire

Le besoin d'avoir des données quantitatives étant indispensable dans le cadre de la présente recherche, la méthode quantitative a été sollicité pour rendre compte de la réalité sociale étudiée

2.2.2 OUTILS DE COLLECTE DES DONNÉES

2.2.2.1 OUTILS DE COLLECTE DES DONNEES QUALITATIVES

- **Fiche de lecture:** elle a permis de noter les informations nécessaires des ouvrages ayant rapport à la thématique.
- **Grille d'observation:** Une grille d'observation dans laquelle il a été répertorié les phénomènes à observer sur le terrain.
- **Guide d'entretien:** le guide d'entretien pour la collecte des données. Il est constitué de questions ouvertes. Les enquêtés ont eu la liberté de s'exprimer.
- **Appareil photo:** pour la prise de vues des voies, ravins, etc., afin de faire des illustrations pour mieux refléter les réalités du terrain.

2.2.2.2 OUTILS DE COLLECTE DES DONNEES QUANTITATIVES

- Questionnaire

Le questionnaire standardisé est aussi conçu pour la collecte des données quantitatives. L'outil dans le cadre du questionnaire est le questionnaire. Il a renfermé des modalités de réponses aux questions qui la compose.

- Cartes

La cartographie a permis d'établir des cartes, des représentations de l'espace géographique d'étude. Elles ont été réalisées pour guider et appuyer les observations.

2.2.3 ECHANTILLON QUALITATIF

B. M. Miles et A. M. Huberman (1994) affirment que, peu importe ce que fera le chercheur, il ne réussira jamais à étudier tout le monde partout et dans toutes leurs activités. Deux techniques d'échantillonnage ont été utilisées dans la présente recherche pour la détermination et le choix des personnes enquêtées. Ce sont les techniques d'échantillonnage par boule de neige et par choix raisonné.

- La technique de boule de neige a été utilisée en partant de quelques enquêtés doigtés qui, à leur tour, nous ont indiqué d'autres acteurs capables de constituer aussi des personnes ressources pour les informations que nous cherchons.
- La technique d'échantillonnage par choix raisonné a été utile pour répondre à la pertinence de la représentativité par rapport à la population-mère. Cette technique a permis d'interviewer des acteurs spécifiquement identifiés notamment les acteurs institutionnels.

Il s'agit de:

Tableau 1. Echantillon qualitatif

Institutions	Titres	Sexe	Nombre
Mairie	Cheffe division Eau et assainissement	F	01
	Planificateur	M	01
DDCVT/Borgou	Inspecteurs de l'environnement	M	03
	Chef de Service Changement Climatique et Protection de l'Environnement à la DDCVT/B	M	01
Arrondissements	Chef du 1er Arrondissement	M	01
	Chef du 2 ^{ème} Arrondissement	M	01
	Chef du 3 ^{ème} Arrondissement	M	01
Bureau d'études	-	M	04
Total	-	-	13

Source: Travaux de terrain, Rotimiy Alabi O. AGANI, 2024

2.2.4 ECHANTILLON QUANTITATIF

Ces enquêtes ont été faites à l'aide d'un questionnaire établi à cet effet, les populations de la Commune sur leur connaissance des causes et conséquences de la dégradation du réseau routier. Suivant la méthode de détermination de l'échantillon méthode probabiliste de D. Schwartz (1995), en prenant en compte un niveau de confiance à 95 % (valeur type de 1,96) et qui correspond à un risque α de 5 % et en appliquant la formule:

$$B = Z\alpha^2 \times pq/i^2$$

En se référant aux résultats du Recensement Général de la Population et de l'Habitation de 2013 (RGPH 4), l'effectif des ménages agricoles et l'effectif total des ménages s'élèvent respectivement à 4447 et 46181. *En appliquant à cette valeur la marge d'erreurs (6 %), représentant les phénomènes de non-réponses et de réponses erronées, la taille de l'échantillon revient à 393 ménages.*

L'échantillon est fondé sur le caractère représentatif des différents acteurs concernés par la thématique de notre recherche.

2.3 ANALYSE DES DONNÉES

2.3.1 ANALYSE DES DONNÉES QUALITATIVES

Les analyses sont faites sur la base des théories et modèles qui ont servi de fil conducteur puis des conclusions seront tirées. Il s'agit de:

- **L'analyse de discours**, qui est une approche multidisciplinaire qualitative et quantitative qui a permis d'étudier un discours de façon précise.
- **L'analyse de contenu/ des verbatims**: elle a même permis de ressortir suite aux propos tenus, les attentes, attitudes et jugements émis par la population sur le sujet.
- **La triangulation**: elle a consisté à recueillir les points de vue de différentes personnes sur une même question et à tirer une conclusion issue de croisement des données ainsi obtenues.

Ensuite, les statistiques descriptives, les moyennes et les fréquences seront utilisées tout au long des analyses de données.

2.3.2 ANALYSE DES DONNÉES QUANTITATIVES

Les données quantitatives quant à elles, ont fait l'objet, dans un premier temps, d'un traitement dans une application spéciale développée sous Excel 2010. La base de données issue de cette opération a été exportée sous SPSS version 17.0. Les analyses statistiques (tableaux de fréquences, graphiques, caractéristiques descriptives des variables, etc.) ont été réalisées sous SPSS.

3 RÉSULTATS

3.1 ETAT DES LIEUX DU RESEAU ROUTIER

La commune de Parakou se caractérise par un dense réseau routier composé de voies nationales du réseau classé et de voies urbaines et des *Routes Nationales Inter-Etats (RNIE 2/Parakou-Malanville et RNIE 6/ Djougou - Parakou)*. Les **routes Inter-Etats** sont représentées par des routes bitumées, appelées communément routes goudronnées. Il s'agit du tronçon de la route **(RNIE 2/Parakou-Malanville et RNIE 6/ Djougou - Parakou)**. L'aménagement de ces routes a été fait dans les règles avec pour matériel le granite et bitume, reposant sur de la latérite.

Bien qu'on ait commencé à asphalter des rues vers 1962, le développement et la restructuration de la voirie étaient très limités et d'une qualité médiocre jusqu'en 2001. La ville possédait en 2008 d'environ 12 Km de voirie bitumée, 32 Km des voiries pavées entretenu grâce à l'appui du Ministère des infrastructures et des transports à travers sa Direction Départementale et de 175 Km de voiries en terre (R. ABDOLAYE, 2010, p.149.).

A ce jour, grâce à certains projets que sont:

- Projet de transport urbain de Parakou (2016) par la construction de doubles voies bitumées de 11,75 km de nord vers N'dali pour la sortie sud vers Cotonou et du bitumage de contournement de 5,05 km du carrefour Hubert Maga-carrefour COTEB-carrefour douane-carrefour Alhouda;
- Première phase du projet asphaltage (2019) sur 8,57 km de voies bitumées et pavées. Ce projet a pris en compte l'aménagement des rues suivants présentés dans le tableau 4.

Tableau 2. Rues et structures des chaussées

N°	Rues	Linéaire réel (km)	Revêtement	Structures
200	Rues secondaires			
2	Cabinet ETPB-Contournement-Aérodrome	0,8	Béton bitumineux	6BB + CM + 25GLT + 25GLA
3	Marché Dépôt - Pavé Bio Adam en passant par la franchise	1,1	Béton bitumineux	6BB + CM + 25GLT + 25GLA
8	Canari en passant par le collège Ibiscus – Annexe HAAC	0,45	Pavé	11PV + 3LP + 20 GLN
11	Rue 2_134	3,42	Béton bitumineux	6BB + CM + 25GLT + 25GLA
17	Rue 2_232	1,1	Béton bitumineux	6BB + CM + 25GLT + 25GLA
300	Rues tertiaires			
5	Rue 2_139 - 2_192A	0,9	Pavé	11PV + 3LP + 20 GLN
11	Face Lycée Mathieu Bouké - Grande mosquée Dépôt	0,3543	Pavé	11PV + 3LP + 20 GLN
12	Face Lycée Mathieu Bouké -Domicile Imam Dépôt	0,45	Pavé	11PV + 3LP + 20 GLN
	Total	8,5743		

Source: SINOHYDRO, 2024

Légende: BB: Béton bitumineux; CM: Couche d'enduit monocouche; GB: Grave bitume; GLT: Graveleux latéritique traité; GLA: Graveleux latéritique amélioré; PV: Pavé; LP: Lit de pose; GLN: Graveleux latéritique naturel.

La Commune totalise à la date de la réalisation de l'étude un linéaire de **113,059 km** linéaire de voies revêtues.

Tableau 3. Distances linéaires du réseau routier de Parakou

Types de voie	Km
Voies bitumées	69,272
Voies pavées	43,787
Voies urbaines non revêtues	641,489
Pistes rurales	170,00
Total revêtues	113,059

Source: Présente recherche, 2024, Planificateur_Mairie

Toutefois, le réseau routier de Parakou reste prédominé par des voies difficilement carrossables, notamment les rues locales non revêtues. La carte ci-dessous présente le réseau routier de la Commune.



Caniveaux à ciel fermés



Caniveaux à ciel ouvert

Planche 1. Ouvrage d'assainissement et de drainage des eaux de Parakou

Prise de vues: Rotimy Alabi O. AGANI, septembre 2024

▪ Les grands collecteurs

Deux grands collecteurs drainent les eaux issues des caniveaux de la ville qui sont un mélange des eaux pluviales et des eaux ménagères. Il s'agit:

- Du **collecteur C** allant du quartier Alaga à la rivière Boundarou, (Dépôt, Kpébié, Boundarou, Abattoirs sont les quartiers traversés); et
- Du **collecteur B** du quartier Dokparou vers Dama (Dokparou, Amawouignon, Zongo, Ladjifarani sont les localités drainées par ce collecteur).

Ladjifarani sont les localités drainées par ce collecteur.



Planche 2. Collecteurs C de Parakou



Planche 3. Collecteurs B de Parakou

Prise de vues: Rotimy Alabi O. AGANI, septembre 2024

Ces ouvrages sont repartis dans les trois arrondissements de la commune par priorité en besoin d'ouvrage et suivant le Plan Directeur d'Urbanisation (PDU).

Le PDU définit la destination générale des sols et fixe, pour une période de dix (10) ans et ce, dans le cadre des orientations du schéma directeur, s'il en existe, les règles générales et les servitudes d'utilisation des sols applicables à une commune ou à une partie de commune et aux établissements publics de coopération intercommunale (EPCI). Ces règles et servitudes peuvent comporter l'interdiction de construire.

3.4 ETAT DES LIEUX DES OUVRAGES D'ASSAINISSEMENT ET DE DRAINAGE DE LA VILLE

3.4.1 ETAT DES LIEUX DES OUVRAGES D'ASSAINISSEMENT AVANT L'INSTALLATION DE LA SOCIETE DE GESTION DES DECHETS ET DE LA SALUBRITE (SGDS)

Bien avant l'installation de la Société de Gestion des Déchets et de salubrité (SGDS), l'irrégularité et l'absence des opérations de curage de ces caniveaux augmentent les désagréments causés par la stagnation des eaux et la montée d'eau sur les voies bitumées et pavées en tant de pluie. Presque dans la totalité des quartiers, les réseaux de drainage des eaux pluviales sont utilisés comme réseaux d'évacuation des eaux usées par les populations de Parakou (Photos 1).



Photo 1. Dépôt des eaux usées de lessive et cuisine dans les caniveaux dans le quartier Zongo-Zénon.

Prise de vue: Rotimy Alabi O. AGANI, Aout 2023

La photo 1 présente l'état des regards des caniveaux calqués de déchets d'eaux usées de cuisine et de lessive. Cette situation est due aux comportements des populations à utiliser de façon inappropriée des ouvrages d'assainissement et de drainage d'eau.

Une enquête auprès de la cible de cette recherche a permis de réaliser ce graphe que voici.

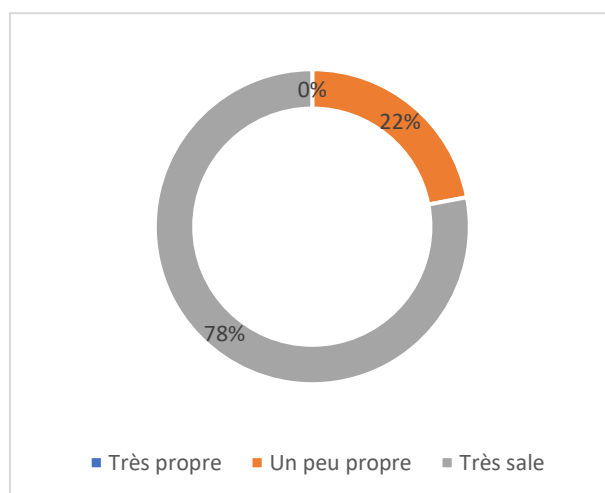


Fig. 4. Etat de propreté de la ville avant la SGDS

Source: Enquêtes de terrain, 2024

La figure 8 présente l'appréciation des enquêtés de l'état de propreté du réseau routier et ouvrages d'assainissement de la commune de Parakou.

Sur les 100 % de personnes enquêtées, 78 % affirment que la ville en général (réseau routier et ouvrages d'assainissement) était très sale comparativement à 22 % qui quant à eux affirment que la propreté de la ville était appréciable: Un peu propre.

On comprend que malgré la facilité d'entretien des caniveaux à ciel ouvert, ils sont confrontés à l'encombrement par les déchets et dégradation rapide. En plus, l'absence de maintenance favorisent l'apparition de mauvaises herbes qui réduisent la section et détériorent l'ouvrage.

La figure 9 ci-dessous, présente les causes de l'obstruction des ouvrages d'assainissement.

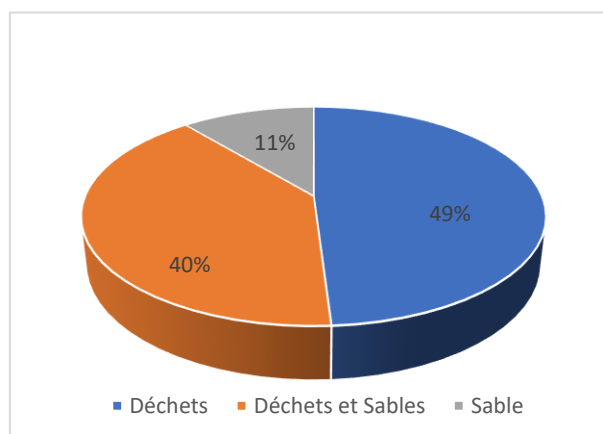


Fig. 5. Causes de l'obstruction des ouvrages d'assainissement

Source: Enquêtes de terrain, 2024

L'analyse de la figure montre que les déchets (ordures), le sable et la combinaison des deux (Déchets + sable) sont les causes de l'obstruction des ouvrages d'assainissement dans la commune.

En effet, 49 % des personnes enquêtées affirment que l'obstruction des caniveaux et l'insalubrité de la ville est liée aux déchets, suivie du bourrage lié à la combinaison de déchets et de sable choisi par 40%.

Les photos de la planche n°4 ci-dessous présentent le bourrage des caniveaux par le sable et des déchets solides et une absence d'entretien et de curages de ceux-ci.



Planche 4. Etat des caniveaux dans le quartier de Angaradébou et ladji-farani

Prise de vue: Rotimiy Alabi O. AGANI, Aout 2023

Les enquêtes du terrain indiquent que l'entretien des ouvrages d'assainissement et de drainage était irrégulier. Il n'intervient en général qu'à la veille de la fête nationale, et des premières pluies. De même, ces infrastructures deviennent des dépotoirs où certaines y déversent des ordures et y conduisent les eaux usées domestiques parce que non seulement il n'y avait pas de nombreuses structures de collecte des déchets mais aussi beaucoup d'habitants n'arrivaient pas à payer les frais aux agences de collectes des ordures. Alors pour se débarrasser des déchets, ces habitants utilisent ces caniveaux comme poubelles.

3.4.2 ETAT DES LIEUX DES OUVRAGES D'ASSAINISSEMENT AU DEMARRAGE DES ACTIVITES DE LA SOCIETE DE GESTION DES DECHETS ET DE LA SALUBRITE (SGDS)

La zone urbaine de Parakou a retrouvé un nouveau visage en termes de salubrité depuis bientôt un an. Ayant démarrée ses activités à Parakou, au mois d'octobre 2023, la SGDS rend propre la ville à travers ces activités que sont d'/de:

- Assurer ou faire assurer la collecte, le tri et le recyclage des déchets;
- Traiter et valoriser les déchets notamment le déconditionnement des déchets ménagers, le broyage des encombrements, l'élimination et la valorisation de déchets et toutes opérations connexes;
- Effectuer le transport, voire le transbordement des déchets en vue de leur élimination par incinérateur comme hors incinérateur ou dans un centre d'enfouissement technique et sanitaire;
- Assister les collectivités locales dans la mise en place des meilleures solutions de gestion des déchets et de préservation de l'environnement;
- Réaliser en relation avec les collectivités locales toutes opérations ayant trait à la salubrité, notamment les travaux d'entretien de la voirie urbaine, de balayage et de piquetage des voies et places publiques, et de curage des caniveaux;
- Promouvoir le respect des règles de protection de l'environnement dans les domaines de recyclage, de la valorisation et des technologies propres;
- Participer directement ou indirectement à toutes activités ou opérations industrielles, commerciales ou financières, mobilières ou immobilières.

Les endroits autrefois rendu sales sont désormais entretenus et maintenus dans un état propre.



Planche 5. SGDS en activité de curage des caniveaux

Prises de vues: Rotimy Alabi O. AGANI, 2024

L'enquête auprès des cibles de cette recherche sur l'état actuel de l'assainissement de la ville a permis de confirmer nos observations et entretiens avec les responsables. La figure 10 présente ci-dessous présente l'appréciation des populations des travaux de la SGDS dans la Commune de Parakou.

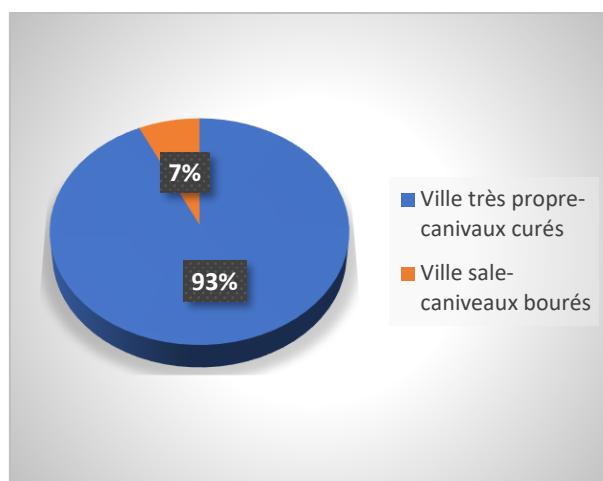


Fig. 6. Appréciation des populations de l'état de propreté actuel de la Commune

Source: Enquêtes de terrain, 2024

Il ressort de l'analyse de la figure ci-dessus que plus de 90 % des enquêtés ont une belle appréciation de l'état actuel de propreté de la Commune. Pour eux, avec les travaux de la SGDS, la ville est très propre avec des caniveaux très bien curés.

3.4.3 ETAT DES LIEUX DES ZONES SANS OUVRAGES D'ASSAINISSEMENT ET DE DRAINAGE

Malgré l'amélioration ces dernières années du secteur des infrastructures routières du fait de l'aménagement de certaines routes nationales à l'intérieur de la ville à travers le projet asphaltage (phase A), la majorité des voies de la ville demeurent impraticables du fait de l'absence des ouvrages d'assainissement et d'aménagement. La topographie relativement accidentée accélère leur dégradation. Il s'agit ici de présenter l'état des voies dans les quartiers sans ouvrages de drainage. La planche 6 ci-dessous présente l'état des voies du quartier.



Voies à Oké-dama & Tibona

Planche 6. Etat des voies non bitumées

Prise de vue Rotimy AGANI, aout, octobre 2024

Ces photos de la planche n°6 montrent l'état de quelques voies de Parakou. Elles sont dégradées sous l'influence de la quantité d'eau ruisselée et pour manque d'ouvrage de drainage (caniveaux, ponts). C'est le cas de plusieurs quartiers à l'exemple de Oké-dama, Gounin, Titirou dans le 1^{er} Arrondissement, Nima, Baka, Arafat, Banikanni dans le 2^{ème} Arrondissement pour ne citer que ceux-là connaissent cette situation d'impraticabilité des voies. Ces quartiers et plusieurs d'autres de la ville font les frais d'érosion occasionnée par la densité des pluies qui s'abattent.

Dans ces quartiers périphériques où les routes ne sont pas revêtues et les ouvrages de drainage n'hésitent pas, les eaux de ruissellement sont difficilement gérées. Elles s'écoulent le long des ravines naturelles ce qui facilite l'érosion et la dégradation des voies.

4 DISCUSSION

Les résultats de cette recherche ont permis de savoir que la Commune de Parakou a connu un développement important de son réseau routier et de son aménagement. Elle comptabilise en ce jour d'un linéaire de 113,059 km linéaire de voies revêtues, de 226,118 Km de caniveaux et 5,153 Km de collecteurs contre 12 Km de voirie bitumée et 32 Km des voiries pavées en 2008 bien qu'on ait commencé à asphalter des rues vers 1962. De même, le réseau routier de Parakou reste prédominé par des voies difficilement carrossables. De plus, les enquêtes ont révélé que la ville jusqu'en 2023 semblait dans une insalubrité totale, contrairement à ce qui se laisse voir aujourd'hui grâce aux activités de la SGDS.

Lorsqu'on confronte nos résultats à ceux obtenus par M. DESBORDES, C. BOUVIER, (1990, p.19) après des études réalisées en Afrique de l'Ouest, on remarque qu'ils sont d'une part similaire lorsqu'il trouve que les équipements les plus modernes sont davantage orientés vers le drainage souterrain. L'orientation des collecteurs est généralement calquée sur celle des voiries. Pour la quasi-totalité des villes, les réseaux de drainage des eaux pluviales et des eaux usées sont les mêmes (réseaux unitaires) ».

Nos résultats infirment ceux de C. LE JALLE (2013, p.7), quand il trouve que « L'entretien et la maintenance étant défectueux, les ouvrages de GEP sont fréquemment bouchés par des déchets solides (détritiques, sacs plastiques, etc.) ou des sédiments, résultats de la négligence humaine ou de l'érosion ».

L'entretien et la maintenance des ouvrages d'assainissement de la Commune de Parakou sont quotidiennement assurées depuis deux ans aujourd'hui par les services de la Société de Gestion des Déchets et de Salubrité (SGDS). Les ouvrages que sont les caniveaux sont régulièrement curés.

Contrairement aux résultats de A. R. ABDOULAYE en 2006, portant sur la gestion des eaux pluviales en milieu urbain pour un développement durable dans la municipalité de Parakou en abordant les réseaux d'assainissement des eaux de ruissellement dans la ville on remarque que la situation de la ville a changé. L'entretien est très bien assuré et cela incombe à la société en charge.

5 CONCLUSION

Le présent travail faisant état des lieux du réseau routier et de son assainissement est motivé par le constat des multiples problèmes environnementaux qui assaillent la Commune de Parakou depuis 2023 où les travaux de cette thèse ont démarrés. Il ressort à travers cette recherche, Parakou a connu un développement important de son réseau routier et de son aménagement. De 12 Km de voirie bitumée et 32 Km des voiries pavées en 2008, commune totalise aujourd'hui un linéaire de 113,059 km de voies revêtues, de 226,118 Km de caniveaux et 5,153 Km de collecteurs.

Même si l'assainissement de la ville a changé depuis 2024 par les activités de la SGDS (balayage du réseau routier et curage des ouvrages d'assainissement, toujours est-il que le réseau routier reste prédominé par des voies difficilement carrossables sous l'influence des eaux ruisselées et pour manque d'ouvrage de drainage (caniveaux, ponts) malgré les efforts du gouvernement.

REFERENCES

- [1] ABDOULAYE Abdoul Ramane, 2006, Gestion des eaux pluviales en milieu urbain pour un développement durable: cas de la ville de Parakou, Université d'Abomey-calavi en République du Bénin-DEA; 65p.
- [2] DESBORDES Michel, BOUVIER Christophe, 1990, Assainissement pluvial urbain en Afrique de l'Ouest: Modélisation du ruissellement, 408 p.
- [3] EDEA Obognon Emile, DANVIDE Taméon Benoît, 2019, Analyse diachronique de la croissance urbaine de la ville de Parakou au moyen du système d'information géographique (SIG) au Nord-Bénin, en ligne <https://regardsuds.org/analyse-diachronique-de-la-croissance-urbaine-de-la-ville-de-parakou-au-moyen-du-systeme-dinformation-geographique-sig-au-nord-benin/>.
- [4] LE JALLE Christophe, 2013, « La gestion des eaux pluviales (GEP), en milieu urbain dans les pays en développement », Programme Solidarité Eau, 38 p.
- [5] Mairie de Parakou, 2013, *Plan d'Hygiène et d'Assainissement Communal*, rapport final de diagnostic municipalité Parakou, 64 p.
- [6] TAYLOR Brendan D., & GOLDINGAY Ross L., 2010, « Roads and Wildlife: Impacts, Mitigation and Implications for Wildlife Management in Australia », *Wildlife Research*, 37 (4), 320-331, DOI: 10.1071/WR09171.

Résilience des ménages face au déficit d'infrastructures hydrauliques à Parakou: Le rôle des postes d'eau autonomes

[Resilience of households to the deficit of hydraulic infrastructure in Parakou: The role of autonomous water posts]

Soulémane AHODJIDE¹, Frédéric M. KOMBIEN², and Jean-Bosco K. VODOUNOU^{1,2}

¹Laboratoire des Géosciences de l'Environnement et de Cartographie, Université de Parakou, Benin

²Faculté des Lettres, Arts et Sciences Humaines, Université de Parakou, BP 123 Parakou, Benin

Copyright © 2026 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: Access to drinking water remains a major challenge in several West African cities, particularly in Parakou (Benin), where existing public water infrastructure is struggling to meet growing demand. Faced with this deficiency, populations are developing alternative solutions such as Autonomous Water Posts (AWP), which are becoming essential levers of resilience. The research analyzes their role in helping populations adapt to the lack of water infrastructure. It is based on a mixed methodology that combines field surveys, semi-structured interviews, and direct observations. The results reveal that Parakou needs 1,631 water points, while it only has 184 functional structures, representing a coverage rate of 11.28% and a deficit of approximately 89%. This deficit is aggravated by an insufficient supply from SONEB, despite a 70% increase in production between 2019 and 2023. As a result, a deficit of approximately 2 million cubic meters of water remained in 2023. In this context, family (76.56%), community (7.34%) or denominational (16.09%) AWP have multiplied, particularly in the 2nd district and contribute 2.94% to meeting household water needs. All AWP contribute 41% of the water needs of the households concerned.

Eighty percent of respondents considered AWP a sustainable alternative, while the remaining 20 percent cited the high cost of implementation as the main obstacle to their adoption. The research suggests that these local initiatives should be supervised and integrated into public policies to strengthen equitable and sustainable access to drinking water.

KEYWORDS: Resilience, deficit, hydraulic infrastructure, AWP, Parakou.

RESUME: L'accès à l'eau potable demeure un défi majeur dans plusieurs villes d'Afrique de l'Ouest, notamment à Parakou (Bénin), où les infrastructures hydrauliques publiques existantes peinent à répondre à la demande croissante. Face à cette carence, les populations développent des solutions alternatives telles que les Postes d'Eau Autonomes (PEA) qui deviennent des leviers essentiels de résilience. La recherche analyse leur rôle dans l'adaptation des populations face au déficit d'infrastructures hydrauliques. Elle s'appuie sur une méthodologie mixte qui combine enquêtes de terrain, entretiens semi-directifs et observations directes. Les résultats révèlent que Parakou a besoin de 1631 points d'eau, alors qu'elle ne dispose que seulement de 184 ouvrages fonctionnels, soit un taux de couverture de 11,28 % et un déficit d'environ 89 %. Ce déficit est aggravé par une offre insuffisante de la SONEB, malgré une augmentation de 70 % de la production entre 2019 et 2023. Du coup, un déficit d'environ 2 millions de mètre-cubes d'eau subsistait en 2023. Dans ce contexte, les PEA familiaux (76,56 %), communautaires (7,34 %) ou confessionnels (16,09 %), se sont multipliés, notamment dans le 2^e arrondissement et contribuent à hauteur de 2,94 % à la satisfaction des besoins en eau des ménages. L'ensemble des PEA contribue pour 41 % des besoins en eau des ménages concernés.

Pour 80 % des enquêtés, les PEA sont une alternative durable tandis que les 20 % restants évoquent le coût élevé de mise en place comme principal frein à leur adoption. La recherche suggère l'encadrement et l'intégration de ces initiatives locales dans les politiques publiques pour renforcer l'accès équitable et durable à l'eau potable.

MOTS-CLEFS: Résilience, déficit, infrastructures hydrauliques, PEA, Parakou.

1 INTRODUCTION

L'accès à l'eau potable constitue une condition essentielle à la santé publique, au développement économique et à la dignité humaine. Cette ressource vitale demeure pourtant inégalement répartie, insuffisamment gérée et difficilement accessible pour une large partie de la population à travers le monde. Pour atteindre le 6^{ème} Objectif de Développement Durable, l'Afrique doit investir massivement dans les secteurs de l'eau et de l'assainissement au cours des dix prochaines années. Cependant, les pays africains ne consacrent pas plus de 0,5 % de leur PIB à ce secteur et n'y investissent qu'une petite partie de l'aide internationale (F. Ndaw, 2021, p. 16). Selon l'UNESCO, un milliard de personnes ne disposent pas d'un service d'approvisionnement en eau appropriée et 2,4 milliards de personnes ne disposent pas d'un service d'assainissement approprié (D. Dombor & M. Djebe, 2019. p. 95). Plusieurs causes peuvent être à la base de cette crise: pressions environnementales exacerbées par les changements climatiques, défaillances infrastructurelles, gouvernance inadéquate, et croissance démographique rapide. Selon E. L. Nya (2023, p. 341), l'augmentation rapide de la population influe énormément sur les besoins en eau potable pour les activités domestiques, économiques et par conséquent une demande croissante. Le sous-équipement en infrastructures hydrauliques dû à l'insuffisance des investissements publics, aux contraintes hydrogéologiques et climatiques et à l'augmentation des besoins (croissance démographique) sont les principaux déterminants de la précarité hydrique (Y. Moussa & D. Laffly, 2021, p. 143). Les infrastructures d'eau défaillantes et vieillissantes ainsi que la mauvaise gestion des déchets n'ont pas suivi le rythme de la demande croissante d'eau dans les zones urbaines, entraînant souvent un approvisionnement en eau insuffisant dans les plus grandes villes d'Afrique subsaharienne (M. Pierce, 2017. p 3)

A Parakou, troisième ville du Bénin et pôle économique en expansion, l'approvisionnement en eau potable, pourtant reconnu comme un droit fondamental, reste inégalement réparti selon les quartiers, les statuts socioéconomiques des ménages et la qualité des réseaux publics de distribution.

Face à cette situation, de nombreux ménages développent des stratégies autonomes pour sécuriser leur accès à cette ressource vitale. Parmi celles-ci, le recours aux forages privés s'est imposé ces dernières années comme une solution alternative de plus en plus répandue. Cette situation soulève des questions importantes en matière d'équité, de durabilité et de gouvernance de l'eau en milieu urbain. L'investissement dans la recherche et les essais de différentes solutions alternatives en matière d'eau et d'assainissement en milieu urbain à des fins de rentabilité, d'applicabilité et d'acceptabilité peut accélérer l'amélioration de l'accès à l'eau (M. Pierce, 2017. p4)

Cette étude se propose d'analyser le rôle des forages privés comme réponse adaptative des ménages à l'inégalité d'accès à l'eau potable à Parakou. Elle s'appuie sur une démarche qualitative et quantitative pour mieux comprendre les logiques d'appropriation de cette solution, les profils des ménages concernés, ainsi que les implications sociales et environnementales qui en découlent.

2 MATERIELS ET METHODES

2.1 MILIEU D'ÉTUDE

La Commune de Parakou est située au Nord de la République du Bénin entre les parallèles 9°15' et 9°27' de latitude Nord et les méridiens 2°30' et 2°46' de longitude Est. Chef-lieu du département du Borgou, elle est située à 435 km de Cotonou, la capitale économique du Bénin. Elle couvre une superficie de 441 km². La figure 1 présente la situation géographique de Parakou.

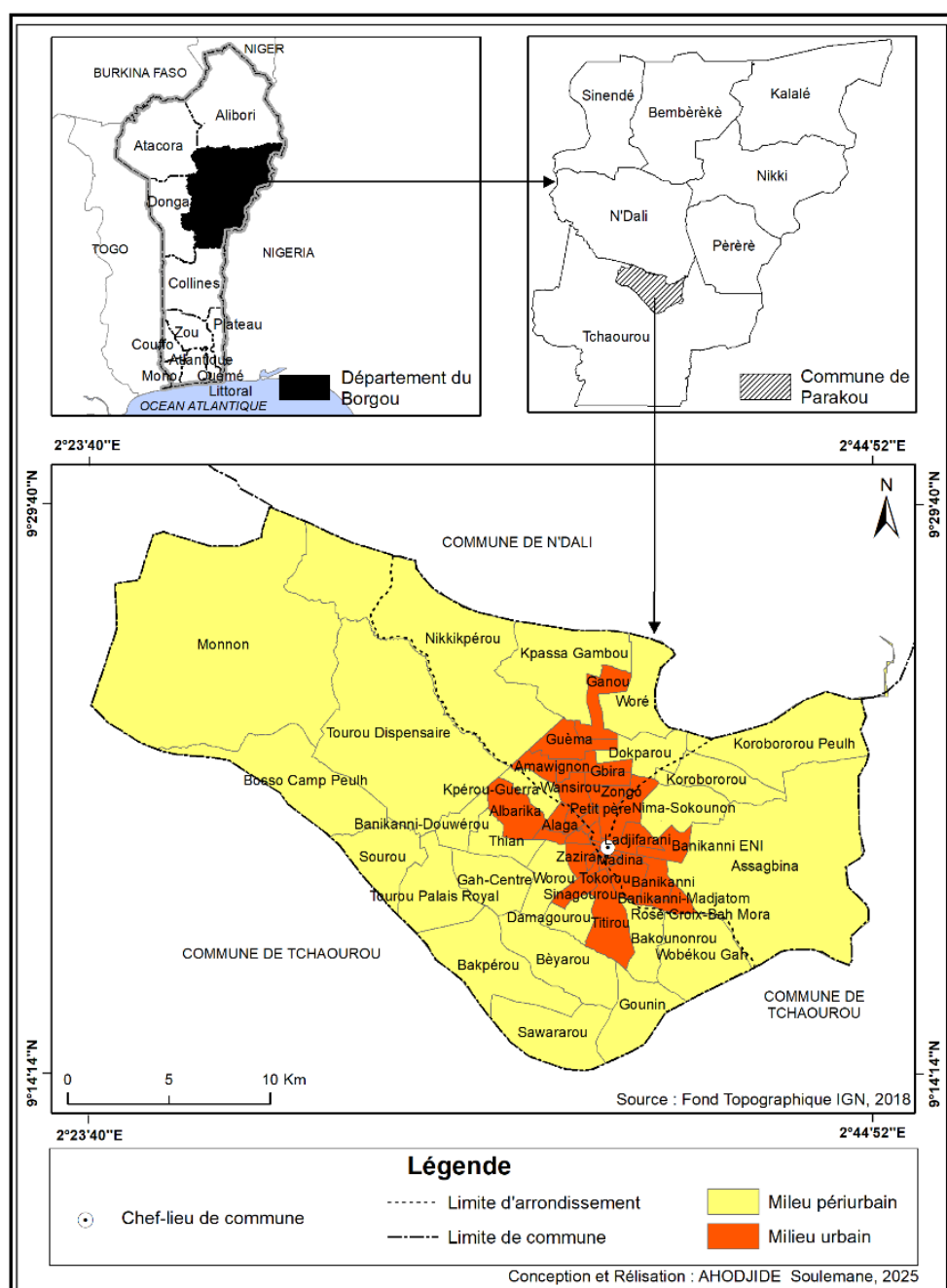


Fig. 1. Situation géographique de la Commune de Parakou

La Commune de Parakou est limitée au nord par la Commune de N'Dali, au sud, à l'est et à l'ouest par la Commune de Tchaurou. Avec une population estimée à 255.478 habitants selon le 4ème recensement général de la population et de l'habitation (RGPH4) de 2013, la Commune de Parakou est subdivisée en trois arrondissements et cinquante-huit quartiers de ville.

2.2 MÉTHODES

L'étude repose sur une approche méthodologique mixte combinant des outils quantitatifs et qualitatifs afin de mieux comprendre les dynamiques d'émergence et de fonctionnement des postes d'eau autonomes à Parakou.

2.2.1 COLLECTE DES DONNÉES

La collecte des données a été faite en deux phases. La première phase a consisté au recensement des postes d'eau autonomes privés, et la deuxième phase est celle des enquêtes et entretiens sur le terrain.

- Recensement des postes d'eau autonomes privés

Après avoir créé un compte sur KoboToolbox, un formulaire y a été conçu et déployé sur l'outil Kobocollect. Ce formulaire a servi à la collecte des données sur les PEA, pendant trois (03) mois (mars à mai 2025). A cet effet, trois (03) binômes ont été déployés sur le terrain, à raison d'un binôme par arrondissement. Ces binômes ont donc parcouru les 58 quartiers de la ville pour collecter des informations sur:

- Le nombre de PEA
- Le type de PEA (familial, communautaire, confessionnel);
- Le type de support (bétonné, métallique, ou sur dalle);
- Le type de tank (plastique, bétonné);
- La couleur du tank (noire, bleue, vert, blanc);
- La capacité du tank (en litre);
- Le nombre de tanks installés;
- La forme du tank (cylindrique, cubique)

A l'issue du recensement effectué, 640 PEA ont été dénombrés dans tous les arrondissements et quartiers sillonnés.

- Enquêtes et entretiens sur le terrain

Les enquêtes de terrain ont ciblé 200 ménages répartis dans les trois arrondissements et 58 quartiers. Ces ménages disposant tous de PEA, ont été soumis à un questionnaire afin de fournir des informations sur l'accès à l'eau, les motifs du recours aux PEA et la durabilité perçue des PEA en termes d'accès à l'eau potable à Parakou.

Des entretiens semi-directifs ont été conduits auprès de 4 agents municipaux et de 2 techniciens de la SONEB, pour connaître l'état des lieux en termes d'ouvrages hydrauliques. Par ailleurs, des observations directes sur les sites ont été faites pour apprécier l'état des installations et les interactions sociales autour des ouvrages. La recherche documentaire a guidé toutes les étapes de l'étude.

2.2.2 TRAITEMENT ET ANALYSE DES DONNÉES

Les données quantitatives ont été traitées avec Excel et SPSS pour produire des statistiques descriptives (fréquences, moyennes, tableaux croisés). Les données qualitatives ont été analysées selon une analyse thématique, visant à faire émerger des régularités autour des logiques de résilience et des limites perçues.

3 RESULTATS

3.1 DIAGNOSTIC DU DEFICIT EN OUVRAGES HYDRAULIQUES À PARAKOU

3.1.1 ETAT DES LIEUX DES OUVRAGES HYDRAULIQUES

Les recherches effectuées montrent que la Mairie de Parakou a réalisé divers ouvrages hydrauliques pour l'approvisionnement en eau potable des populations. Il s'agit des forages de pompe à motricité humaine (FPM), des adductions d'eau villageoises (AEV) et des points d'eau autonomes (PEA). Le tableau I fait le point de ces ouvrages hydrauliques.

Tableau 1. Point des FPM, AEV et PEA publics de la Commune

Type d'ouvrages Arrondissement	FPM			AEV		PEA	
	Total	En panne	Abandonnés	Total (BF)	En panne	Total	En panne
1 ^{er}	105	10	2	1	0	4	0
2 ^{ème}	47	11	3	0	0	5	0
3 ^{ème}	38	1	6	22	0	4	0
Commune	190	22	11	23	0	13	0

Source: Mairie de Parakou / PCEau, 2022 et travaux de terrain, 2025

Il ressort du tableau I que la Commune de Parakou est équipée d'un total de 226 ouvrages hydrauliques, dont 190 FPM, 13 PEA et 23 BF-AEV. Parmi ces ouvrages équipés, des cas de panne et d'abandon sont enregistrés seulement au niveau des FPM (11 abandonnés et 22 en panne). Il est noté par ailleurs d'importantes disparités dans la répartition géographique de ces ouvrages entre les arrondissements. Le 1er arrondissement dispose à lui seul de 105 FPM et de 4 PEA, tandis que la quasi-totalité des Bornes Fontaines (22 sur 23 BF) sont concentrées dans le 3ème arrondissement. On note un déficit important en termes d'ouvrages hydrauliques par rapport à l'évolution démographique de la commune (tableau II).

Tableau 2. Taux de couverture en infrastructures hydrauliques

Arrondissements	Population (2023)	Besoins en points d'eau	Nombre équipé	FPM	BF	PEA	Equivalent Point d'Eau	Taux de couverture
1 ^{er}	183 004	732	108	103	1	4	121	14,75
2 ^{ème}	112 907	452	49	44	0	5	64	10,84
3 ^{ème}	111 774	447	27	1	22	4	61	6,04
Commune	407 685	1631	184	148	23	13	246	11,28

Source: Travaux de terrain, mai 2025

L'analyse du tableau II montre que le taux de couverture en infrastructures hydrauliques est faible dans la commune de Parakou, avec des disparités entre les arrondissements. En effet dans le 1^{er} arrondissement où le besoin s'élève à 732 points d'eau, seuls 108 ouvrages hydrauliques sont équipés, dont 103 FPM, 1 BF et 4 PEA soit un taux de couverture de 14,75%. Dans les 2^{ème} et 3^{ème} arrondissements, la situation est moins reluisante avec respectivement 10,84 % et 6,04 % de taux de couverture. Au niveau communal où les besoins s'élèvent à 1631 points d'eau, c'est seulement 184 ouvrages hydrauliques qui sont équipement, dont un total 148 FPM, 23 BF et 13 PEA soit un taux de couverture de 11,28 % au niveau de la commune. Cela indique un déficit important (près de 89 %) en infrastructures hydrauliques à Parakou.

3.1.2 ECART ENTRE LA DEMANDE ET L'OFFRE EN EAU POTABLE DE LA SONEB

En plus du déficit en ouvrages hydrauliques réalisés par la Mairie, l'écart entre l'offre et la demande en eau de la SONEB est aussi important. Une analyse comparée de l'offre et de la demande est illustrée par la figure 2.

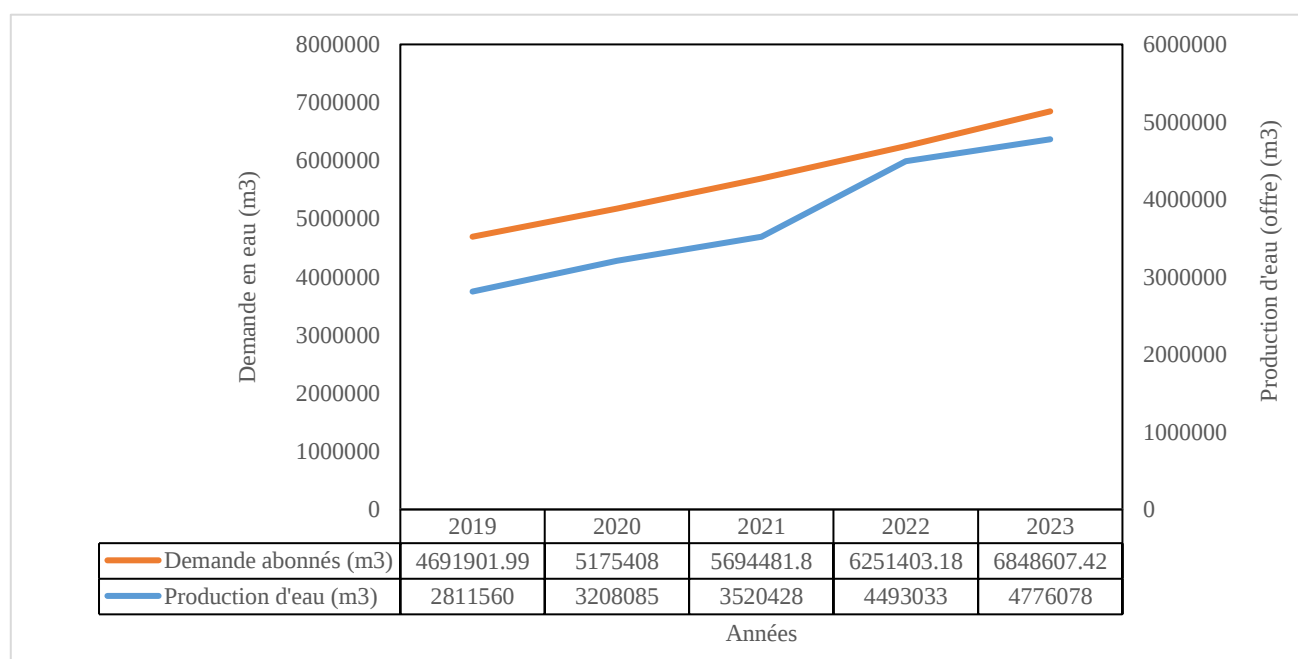


Fig. 2. Evolution de l'offre et de la demande en eau à Parakou

Source: Résultats d'enquêtes, avril 2024

L'analyse de la figure 2 montre que de 2019 à 2023, la demande en eau augmente de façon linéaire. Elle est passée de 4 691 901,99 m³ en 2019 à 6 848 607,42 m³ en 2023 soit un taux d'accroissement de 7,52 %.

Comparativement à l'offre, trois sous-périodes sont identifiées. De 2019 à 2021, il est noté une évolution simultanée de l'offre et de la demande en eau avec un déficit important de 2 174 054 m³. Ce qui souligne une forte demande en eau non satisfaite. De 2021 à 2022, le déficit d'eau a considérablement baissé pour atteindre 1 758 370 m³. Cette baisse peut être expliquée par les efforts consentis par les autorités administratives dans l'approvisionnement en eau des populations. De 2022 à 2023, un écart important entre l'offre et la demande est à nouveau observé avec une demande de 2 072 529 m³ non satisfaite en 2023. Il convient de souligner que le déficit persiste, bien que la production ait augmenté significativement. Des déficits qui amènent les populations à faire recours aux postes d'eau autonomes comme une alternative au manque d'accès à l'eau potable.

3.2 REPARTITION DES PEA PRIVES À PARAKOU

Les investigations du terrain ont fait état d'un total de 640 PEA recensé et répartis selon trois catégories principales: PEA familiaux, PEA communautaires et PEA confessionnels. La figure 3 en illustre la répartition par arrondissement et par type.

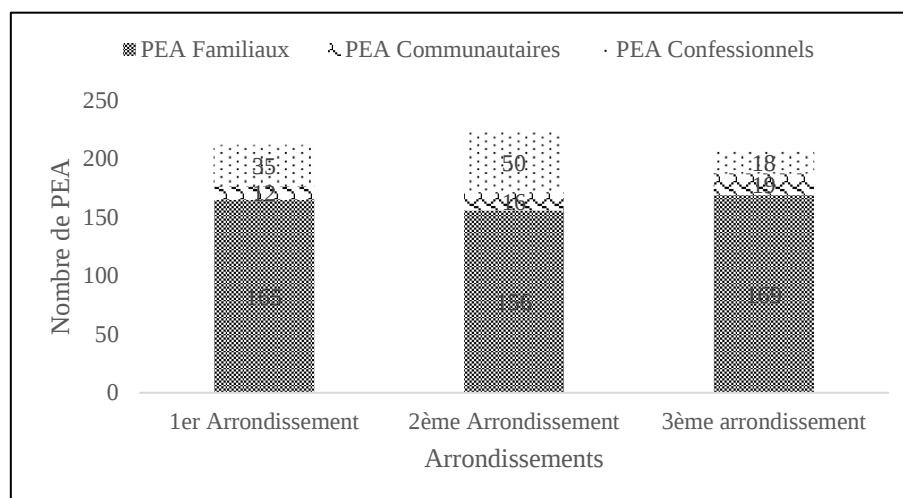


Fig. 3. Répartition par arrondissement et par type des PEA

Source: Travaux de terrain, mars-mai 2025

Les PEA familiaux (490 unités soit 76,56 %) sont majoritaires dans presque tous les quartiers. Ils sont presque réparties équitablement dans les trois arrondissements; ce qui montre une forte implication des ménages dans l'accès à l'eau. Les PEA communautaires sont très peu représentées (47 unités soit 7,34 %) dont 2 % sont implantées dans le 1er arrondissement. Cette situation montre un faible niveau d'investissement des ménages dans ce type d'infrastructures. En raison de leur coût élevé, la plupart de ces ouvrages sont réalisés avec l'appui financier et technique des structures et organisme comme: AFD, Hamadiya, SNV, Helvetas, Rise Relief.

Quant aux PEA confessionnels qui représentent environ 16 %, on les rencontre dans les églises et mosquées de la Commune. Elles sont plus concentrées dans le 2ème arrondissement (7,8 %) et le 1er arrondissement avec 5,5 %. Les quartiers concernés par ce type de PEA sont entre autres Banikanni, Arafat (2ème arrondissement) et Tourou (1er arrondissement). La planche de photos ci-dessous illustre les différents types de PEA disponibles à Parakou.



Planche 1. PEA familial (a), PEA communautaire (b) et PEA confessionnel (c) recensés à Parakou

Source: Travaux de terrain, mars-mai 2025

L'observation de la planche montre que les PEA communautaires et confessionnelles sont plus imposantes que celles familiale. Ce qui reflète le niveau d'investissement dans l'implantation des PEA.

Selon le milieu de résidence, la figure 4 présente la répartition des PEA privés à Parakou.

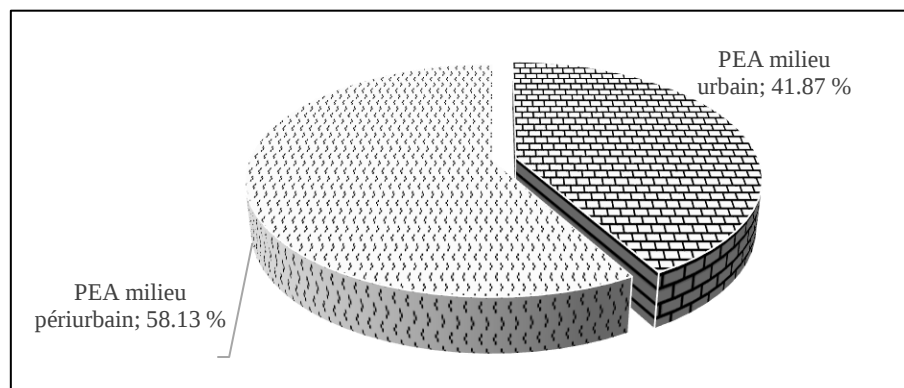


Fig. 4. Répartition des PEA par milieu de résidence

Source: Travaux de terrain, mars-mai 2025

L'examen de la figure révèle que le milieu périurbain concentre près de 60 % des PEA (58,13 %) de l'ensemble. En revanche, le milieu urbain affiche 41,87 % du total recensé.

Cette répartition montre une implantation plus importante des PEA dans les zones périurbaines. Cette tendance peut s'expliquer par le fait que les milieux périurbains sont généralement moins bien desservis par les réseaux publics d'adduction d'eau potable; ce qui pousse les ménages à y développer davantage les PEA pour combler le déficit d'infrastructures et améliorer leur accès à l'eau potable. Cette configuration reflète une résilience communautaire et locale.

Par ailleurs, le milieu urbain, mieux doté en infrastructures publiques, affiche une proportion faible d'initiatives privées. Cette dynamique traduit le rôle stratégique des PEA privés dans la réduction des inégalités d'accès à l'eau dans les zones périphériques de Parakou.

3.3 CARACTERISTIQUES DES PEA PRIVES RECENSES À PARAKOU

Les PEA recensés au niveau de la Commune de Parakou présentent diverses caractéristiques. A défaut des données techniques relatives à la profondeur et au débit des forages, les caractéristiques des tanks ont été relevées. Il s'agit notamment de la forme, de la couleur, de la capacité, du nombre, du type et des supports des réservoirs (tank) utilisés. Le tableau III récapitule les principales caractéristiques desdits PEA.

Tableau 3. Principales caractéristiques des PEA recensés

Modalités	Effectifs	%	Observations (Nombre total de tank par PEA et volume total par tank)
Nombre de tanks installés			
PEA à 1 tank	513	80,16	513
PEA à 2 tanks	106	16,56	212
PEA à 3 tanks	14	2,19	42
PEA à 4 tanks	7	1,09	28
Total	640	100	795
Type de tank			
Tank plastique		94,82	
Tank bétonné		5,18	
Total		100	
Forme de tank			
Cylindrique	618	96,56	
Cubique	22	3,44	
Total	640	100	
Support des tanks			
Bétonné	342	53,42	
Sur dalle	222	34,63	
Métallique	76	11,96	
Total	640	100	
Capacité des tanks			
500 litres	44	5,53	22 000
1000 litres	188	23,64	188 000
2000 litres	476	59,87	952 000
2500 litres	31	3,89	77 500
3000 litres	37	4,65	111 000
5000 litres	19	2,38	95 000
Total	795	100	1 445 500
Couleur des tanks			
Verte	20	2,52	
Blanche	56	7,04	
Noire	538	67,68	
Bleue	181	22,76	
Total	795	100	

Source: Travaux de terrain, mars-mai 2025

La lecture des données du tableau montre que les PEA privés recensés disposent de deux types de tank: les tanks en plastique et les tanks bétonnés. 94,82 % des PEA sont installés avec des tanks en plastique, contre 5,18 % des tanks qui sont en béton.

Relativement à la forme des tanks, les résultats montrent que 96,56 % des tanks sont cylindriques et 3,44 % ont une forme cubique. En effet, presque tous les tanks bétonnés ont une forme cubique, tandis que les tanks en plastique sont cylindriques.

Trois (03) types de support sont observés au niveau des tanks des PEA. Il s'agit des tanks à supports métalliques, des tanks à supports bétonnés et des tanks posés sur dalle. Les PEA à support bétonné sont majoritaires (53,42 %). Les ménages possédant des immeubles à étages préfèrent, pour la plupart, mettre leurs tanks sur la dalle (34,63 %). Peu de PEA (11,96 %) disposent de tanks à support métallique.

En outre, les PEA recensés sont composés de tanks dont la capacité varie entre 500 et 5000 litres. Il ressort que les tanks de 2000 litres (59,27 %) et de 1000 litres (23,64 %) sont les plus rencontrés au niveau des PEA. L'ensemble des 795 tanks a une capacité totale de stockage de 1 445 500 litres soit 1 445,5 m³.

En ce qui concerne la couleur des tanks, les travaux de terrain révèlent que les tanks de couleur noire sont majoritaires (67,68 %) par rapport à ceux ayant la couleur bleue (22,76 %), blanche (7,04 %) et verte (2,52 %). La couleur blanche est plus observée au niveau des tanks bétonnés, tandis que les autres couleurs sont remarquées au niveau des tanks en plastique. Une analyse comparative de ces couleurs est présentée dans le tableau IV.

Tableau 4. *Analyse comparative des couleurs des PEA*

Couleur du tank	Noire	Bleue	Verte	Blanche
Usage courant	- Très souvent utilisés pour l'eau potable	- Stockage d'eau potable.	- Utilisés pour eau potable ou irrigation	- Peu recommandé pour l'eau potable
Effets sur la qualité de l'eau	- Excellente barrière contre la lumière (bloque les Ultra-Violets). - Empêche la photosynthèse - Limite la croissance des algues. - Moins de risques de biofilm. - Absorbe plus de chaleur, - Eau plus chaude.	- Réduction partielle de la pénétration de la lumière solaire. - Limite relativement la prolifération des algues. - Ne modifie pas le goût ou l'odeur de l'eau.	- Protection modérée contre les Ultra-Violets. - Risque moyen de développement d'algues.	- Mauvaise protection contre la lumière. - Favorise la croissance des algues. - Risque accru de contamination. - Altération possible du goût/odeur.
Avantages	- Très bonne conservation microbiologique.	- Bon compromis entre esthétique, coût et protection	- Aspect visuel agréable	- Permet une visualisation facile du niveau d'eau
Inconvénients	- L'eau peut devenir chaude en climat chaud.	- Moins efficace que le noir pour bloquer la lumière.	- Protection inférieure au noir	- Très faible protection - Nécessite un traitement régulier.

Source: Travaux d'enquêtes, 2025

Le tableau IV compare les réservoirs d'eau en fonction de leur couleur, en analysant leur usage courant, leur impact sur la qualité de l'eau, ainsi que leurs avantages et inconvénients. Il apparaît que les tanks noirs sont les plus conseillés pour la conservation de l'eau potable en raison de leur capacité exceptionnelle à bloquer la lumière et à réduire la prolifération des algues, même s'ils peuvent réchauffer l'eau dans des climats chauds. Les réservoirs bleus constituent un bon équilibre entre protection, prix et apparence, offrant une protection modérée contre les rayons ultraviolets. Quant aux réservoirs verts, bien qu'ils soient plus attrayants, ils conviennent à des usages variés tout en fournissant une protection intermédiaire. En revanche, les tanks blancs sont les moins recommandés pour l'eau potable en raison de leur faible protection contre la lumière et du risque accru de contamination. En somme, le choix de la couleur d'un réservoir doit répondre à des impératifs de santé publique, et non se limiter à des considérations esthétiques ou économiques. Pour une meilleure sécurité sanitaire, les tanks noirs et bleus sont à privilégier. Ce qui justifie leur plus grande adoption par les populations.

3.4 CONTRIBUTION DES PEA PRIVÉS À LA SATISFACTION DES BESOINS EN EAU

En considérant la population de Parakou estimée en 2023 à 407 898 habitants pour une consommation journalière de 20 litres par habitants telle que recommandée par l'OMS en 2003 (soit un besoin de 2 977 655,4 m³) d'une part; et le nombre total de ménages disposant de PEA recensés et abritant en moyenne 7 personnes (soit un besoin en eau de 1 231 084 m³) d'autre part, les PEA fourniraient 41 % des besoins en eau des ménages.

3.5 MODALITÉS DE GESTION ET DE TARIFICATION DES PEA

La gestion et la tarification dépendent généralement du type de PEA. En effet, les PEA privés sont ceux réalisés pour des besoins familiaux au sein des ménages, mais l'eau de ces PEA est parfois vendue à 25 FCFA le bidon de 50 litres (2 bidons de 25 litres). S'agissant des PEA communautaires, la gestion est assurée par un ménage responsabilisé, chargé de veiller à la salubrité autour de l'ouvrage. L'eau est généralement cédée à un montant forfaitaire. Quant aux PEA confessionnels, ils sont gérés par les confessions religieuses (mosquées ou églises). Ce type de PEA est à priori réalisé pour les besoins en eau au sein des mosquées ou églises, mais la population riveraine y accède aussi par endroit, généralement de façon gratuite.

3.6 MOTIF DU RECOURS AUX PEA PAR LES POPULATIONS

Le recours des populations de la ville de Parakou aux PEA se justifie par trois principales raisons (figure 5).

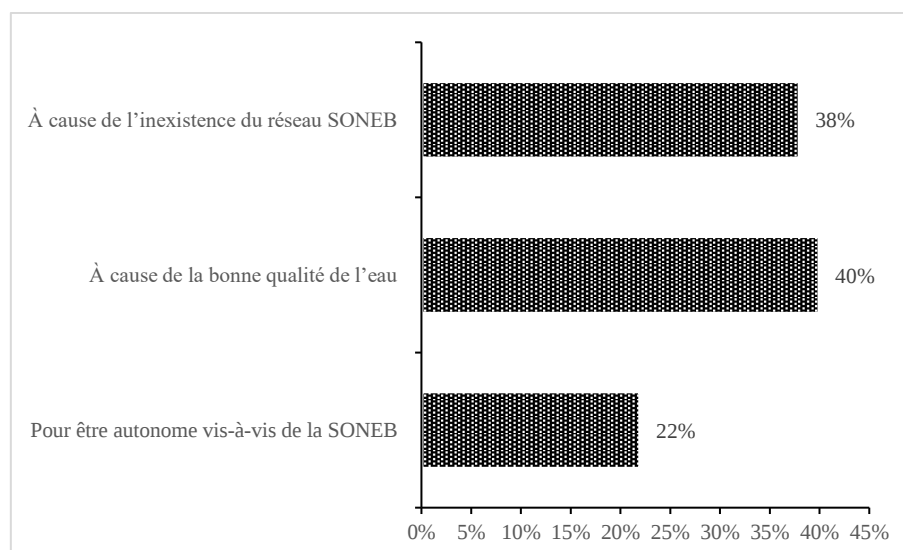


Fig. 5. Motifs du recours aux PEA

Source: Travaux de terrain, mai 2025

La figure 5 montre les raisons pour lesquelles les populations de Parakou font recours aux PEA pour s'approvisionner en eau potable. 40 % des personnes enquêtées justifient le recours aux PEA par la bonne qualité de l'eau. Pour 30 % de la population enquêtée, ce choix s'impose en raison de l'inexistence du réseau de la SONEB dans leur localité. Par ailleurs, le désir d'être autonome vis-à-vis de la SONEB a poussé 20 % de la population enquêtée à opter pour les PEA.

3.7 PEA, ALTERNATIVE DURABLE AU MANQUE D'ACCÈS À L'EAU À PARAKOU

La majorité des populations enquêtées considèrent les PEA comme une alternative durable à l'inégalité d'accès à l'eau potable à Parakou (figure 6)

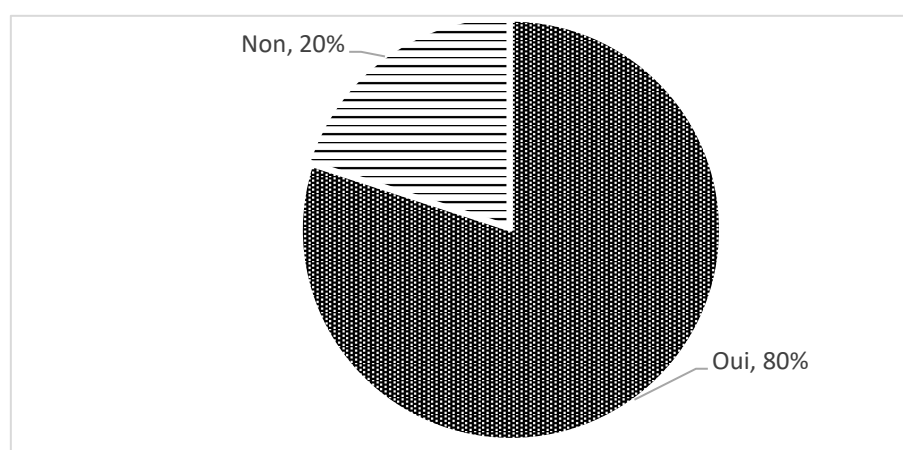


Fig. 6. Durabilité perçue des PEA

Source: Travaux de terrain, mai 2025

Il ressort de la figure 6, que 80 % des individus enquêtés perçoivent les PEA comme une alternative durable au manque d'accès à l'eau potable dans la commune de Parakou, tandis que 20 % pensent le contraire. Pour ces derniers, le coût de réalisation des PEA constitue le principal obstacle pour ceux qui ne disposent pas de moyens financiers pour installer un PEA.

4 DISCUSSION

L'analyse de l'utilisation croissante des postes d'eau autonomes (PEA) comme moyen de résilience des ménages de Parakou face au déficit d'infrastructures hydrauliques, met en lumière plusieurs résultats édifiants.

Les résultats révèlent un taux de couverture de 11,28% et un déficit d'environ 89 % en infrastructures hydrauliques. Une forte hausse de la production d'eau par la SONEB (+70 %) est observée entre 2019 et 2023, et montre que des efforts importants sont faits pour répondre à la demande croissante. Cependant, malgré cette amélioration quantitative, la demande dépasse largement l'offre, comme l'indiquent les déficits persistants de plus de 2 millions de m³ en 2023. Ces résultats sont confortés par ceux de M. Pierce (2017, p. 1) qui soutient que malgré des progrès importants au cours des dernières années, un accès suffisant à des sources d'eau améliorées reste en dehors de portée de plus d'un tiers des personnes vivant en Afrique subsaharienne (ASS). E. Mialo (2013, p. 111) estime que l'accroissement démographique est naturellement le facteur principal de croissance des utilisations d'eau par les demandes en eau potable qu'elle entraîne, surtout dans les agglomérations à forte expansion. L'accès à l'eau via la SONEB demeure aussi spatialement discriminant, accentuant les disparités territoriales. D. Azian (2023, p. 48) fait le même constat dans la commune de Bohicon, lorsqu'il affirme que la répartition des ouvrages ne tient pas toujours compte du nombre d'habitants par kilomètre carré (densité). Cela se traduit par une concentration des points d'eau dans certaines agglomérations et un manque d'infrastructures dans d'autres zones, précise-t-il.

Ce déficit, ajouté au coût élevé de la consommation d'eau et à la récurrence des pannes et des interruptions de service, amène les populations de Parakou à développé des stratégies d'adaptation à travers la mise en place de PEA familiaux, communautaires et confessionnels. Ces résultats corroborent ceux de P. N. Kouamé et al. (2024, p. 294) en Côte d'Ivoire, qui indiquent que les difficultés d'approvisionnement en eau potable ont amené les habitants des trois quartiers d'Adjouffou, Gonzagueville et Anani de la commune de Port-Bouët à recourir aux eaux alternatives par rapport à l'eau de robinet. Pour E. L. Nya (2023, p. 320), l'absence de financements pour étendre immédiatement le réseau urbain rend indispensable l'adoption d'un modèle hybride d'approvisionnement en eau. La répartition des PEA sur le territoire est relativement équilibrée entre les trois arrondissements; chacun représentant environ 30 %. Cela témoigne d'un phénomène qui n'est pas marginal, ni localisé, mais qui s'inscrit dans une dynamique structurelle. Les installations familiales de PEA constituent plus des trois quarts (76,56 %) du total. Ce qui traduit une volonté d'autonomie de la part des ménages et leur engagement direct dans la sécurisation de leur accès à l'eau. En revanche, la faible proportion des PEA communautaires (7,34 %) révèle un manque d'initiatives collectives, souvent limitées aux projets soutenus par des partenaires techniques et financiers. Les PEA confessionnels (16,09 %), quant à eux, soulignent l'implication des acteurs religieux dans les services sociaux de base, mais demeurent localisés et peu systématisés.

La majorité des enquêtés (80 %) perçoivent les PEA comme une alternative durable au manque d'accès à l'eau potable, en raison de la bonne qualité perçue de l'eau (40 %), de l'absence du réseau de la SONEB dans leur zone (30 %), et du désir d'indépendance vis-à-vis de la SONEB (20 %). Cette perception positive traduit une réappropriation citoyenne de la question de l'eau, dans un contexte où l'État peine à satisfaire équitablement les besoins. Toutefois, 20 % de la population émet des réserves, en soulignant que le coût élevé de mise en place constitue une forme d'exclusion indirecte pour les ménages pauvres. O. Sokegbe et al. (2017, p. 2348) pointent également du doigt le seuil de pauvreté des populations, qui expliquerait le faible pourcentage de forages dans les concessions, car la construction de ces ouvrages coûtent chère plus que la réalisation d'un puits, selon ces auteurs.

Dans une perspective de résilience durable, la complémentarité entre les systèmes publics et les initiatives autonomes doit être pensée et encadrée.

5 CONCLUSION

L'étude menée sur la résilience des populations de la commune de Parakou face au déficit d'infrastructures hydrauliques à travers le recours aux postes d'eau autonomes (PEA) met en lumière un déficit important en ouvrages hydrauliques et un écart considérable entre les besoins croissants des populations et l'offre en eau de la SONEB.

Malgré les efforts de la Municipalité de Parakou en matière de réalisation d'ouvrages hydrauliques tels que les FPM, les AEV-les BF et les PEA, les résultats de la recherche affichent une couverture insuffisante face à l'augmentation démographique et à la demande croissante en eau. En 2023, les infrastructures hydrauliques existantes ne desservent qu'une minorité de la population, avec un déficit structurel estimé à plus de 1400 ouvrages (toutes catégories confondues). À ce déficit s'ajoute un déséquilibre persistant entre l'offre et la demande en eau de la SONEB, traduisant une pression hydrique constante sur les ménages.

Dans ce contexte, les PEA développés par les ménages apparaissent comme une réponse locale et adaptative au déficit de couverture en eau potable. Leur répartition équilibrée dans les trois arrondissements de Parakou et la forte prédominance des PEA familiaux (76,56 %) témoignent de l'appropriation communautaire et individuelle de cette alternative. Les résultats de l'étude montrent que les PEA sont perçus par 80 % des populations interrogées comme une solution durable face à l'inégalité d'accès à l'eau, principalement en raison de leur accessibilité, de la qualité de l'eau offerte, et du désir d'autonomie par rapport à la SONEB. Toutefois, cette stratégie alternative reste marquée par certaines limites, notamment le coût élevé de mise en place des installations, ce qui rend difficile leur adoption pour les ménages les plus vulnérables.

Les PEA représentent une solution de résilience importante face au déficit d'infrastructures hydrauliques à Parakou. Cependant, leur efficacité à long terme dépendra de leur intégration dans une politique publique inclusive, soutenue par des investissements publics et privés, et accompagnée d'un encadrement réglementaire qui garantit la qualité, l'accessibilité et la durabilité de ces ouvrages.

REFERENCES

- [1] Azian, D. D. (2023). Dynamique démographique et ressources en eau dans la commune de Bohicon, Bénin, Afrique de l'ouest. *American Journal of Innovative Research and Applied Sciences*. ISSN 2429-5396 / www.american-jiras.com, p. 39-50.
- [2] Dombor, D. D., Djebe, M. (2019). Problématique de l'accès à l'eau potable dans la ville d'Abéché au Tchad. *Annales de l'Université de Moundou*, Série A - Faculté des Lettres, Arts et Sciences Humaines, 5 (2), p. 93-119.
- [3] Kouame, P. N., Gbagbo, G. A. T., Yapi, E. A.M., Kpaibe, S. A. P., Seki, T. O., Bakayoko, A. et Amin, N. C. (2024). Perception des ménages de la qualité de l'eau du robinet des quartiers Adjouffou, Gonzagueville et Anani dans la commune de Port-Bouët en Côte d'Ivoire. *Int. J. Biol. Chem. Sci.* 18 (1), p. 289-302.
- [4] Mialo, E. (2013)., *Eau de boisson et maladies diarrhéiques dans la commune de Lalo au sud-Bénin*. Thèse pour l'obtention du Doctorat Unique de l'Université d'Abomey-Calavi en Géographie et Gestion de l'Environnement, 269 p.
- [5] Moussa, Y. et Laffly, D. (2021). Résilience des communautés rurales à la précarité hydrique dans la Commune urbaine de Téra, Niger. *Afrique Science*, 18 (4), p. 142-155.
- [6] Ndaw, F. (2021), Comment renforcer la résilience des sociétés d'eau en Afrique face aux crises sanitaires ?, *La Revue de l'Institut Véolia - Facts Reports*, n° 22, p. 14-17.
- [7] Nya, E. L. (2023). Dynamique de la population et accès à l'eau potable dans la ville moyenne de Bangangté (région de l'ouest au Cameroun), p. 319-348.
- [8] Pierce, M. (2017). Renforcer la Résilience face à la rareté de l'eau en Afrique subsaharienne: le rôle de la planification familiale, 6 p.
- [9] Sokegbe, O., Djeri, B., Kogno, E., Kangnidossou, M., Mensah, R., Soncy, K., et Ameyapoh, Y. (2017). Les risques sanitaires liés aux sources d'eau de boisson dans le district n°2 de Lomé-commune: cas du quartier d'Adakpamé. *Int. J. Biol. Chem. Sci.* 11 (5): p. 2341-2351.

